

Beauftragt von:



Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung
eines Erfahrungsberichtes gemäß
§ 18 Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz

Erstellt von:



Von: Ecofys GmbH
Fraunhofer ISI
Öko-Institut e.V.
IZES g GmbH
Prof. Dr. jur. Stefan Klinski

Datum: 28. Februar 2013

Beauftragt durch:
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Ansprechpartner:

Frank Hofmann

Ecofys Germany GmbH, Niederlassung Berlin

Am Karlsbad 11

10785 Berlin

Tel.: +49 (0)30 2977 3579 41

Fax: +49 (0)30 2977 3579 99

E-Mail: f.hofmann@ecofys.com

Juri Horst

IZES gGmbH - Institut für ZukunftsEnergieSysteme (IZES)

Altenkesseler Str. 17

66115 Saarbrücken

Tel.: +49 (0)681 9762 837

Fax: +49 (0)681 9762 850

E-Mail: horst@izes.de

Dr. Barbara Breitschopf

Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)

Breslauer Str. 48

76139 Karlsruhe

Tel.: +49 (0)721 6809 356

Fax: +49 (0)721 6809 272

E-Mail: barbara.breitschopf@isi.fhg.de

Dip.-Phys. Veit Bürger

Öko-Institut e.V.

Geschäftsstelle Freiburg

Merzhauser Str. 173

79100 Freiburg

Tel.: +49 (0)761 452 96 225

Fax: +49 (0)761 452 95 288

E-Mail: v.buerger@oeko.de

Prof. Dr. jur. Stefan Klinski

(Hochschule

für Wirtschaft und Recht Berlin, HWR)

Am Hegewinkel 104

14169 Berlin

Tel.: +49 (0)30 695 318 83

Fax: +49 (0)30 695 318 84

E-Mail: stefan.klinski@t-online.de

28.02.2013

Autoren:

Ecofys Germany GmbH

Frank Hofmann

Sven Schimschar

Kjell Bettgenhäuser

Ursel Weissleder

Jochen Fröhlich

IZES gGmbH

Juri Horst

Patrick Hoffmann

Michael Mahler

Fraunhofer ISI

Dr. Barbara Breitschopf

Jan Steinbach

Dr. Mario Ragwitz

Öko-Institut e.V.

Veit Bürger

Liv Becker

Hochschule für Wirtschaft und Recht Berlin (HWR)

Prof. Dr. Stefan Klinski

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis	IX
Abbildungsverzeichnis	XII
Tabellenverzeichnis	XX
1. Zusammenfassung	1
1.1 Deutsche Zusammenfassung	1
1.1.1 Solare Strahlungsenergie	1
1.1.2 Biomasse	3
1.1.3 Tiefengeothermie	7
1.1.4 Wärmepumpen	8
1.1.5 Raumluftechnische Anlagen (RLT) mit Wärmerückgewinnung (WRG).....	11
1.1.6 Dezentrale Kraft-Wärme-Kopplung	12
1.1.7 Maßnahmen zur Einsparung von Energie.....	13
1.1.8 Wärmenetze	15
1.1.9 Übersicht zur Nutzungspflichterfüllung im Neubau	17
1.1.10 Prozesswärme.....	20
1.1.11 Energiebedarfsrechnungen, Kosten und Wirtschaftlichkeit der erneuerbaren Energien Technologien	21
1.1.12 Kosten- und Nutzenwirkungen des EEWärmeG im Wärmebereich	22
1.1.13 Vollzug des Gesetzes	23
1.1.14 Instrumentenoptionen für den Gebäudebestand	24
1.2 English Summary	26
1.2.1 Solar radiation energy	26
1.2.2 Biomass	28
1.2.3 Deep geothermal energy	32
1.2.4 Heat pumps	33
1.2.5 Heating, ventilation and air conditioning systems (HVAC) with heat recovery (HR)	36
1.2.6 Decentralized combined heat and power generation	37
1.2.7 Energy saving measures	38
1.2.8 Heating networks	40
1.2.9 Overview of fulfilment of mandatory use requirements in new buildings	41
1.2.10 Process heat.....	44
1.2.11 Energy demand calculations, costs and profitability of renewable energy technologies.....	45
1.2.12 Cost and benefit effects of EEWärmeG in the heating sector...	45
1.2.13 Implementation of the law	47
1.2.14 Possible instruments for existing buildings.....	47
2. Einleitung.....	49

2.1	Aufgabenstellung	49
2.2	Vorgehen	51
2.3	Aufbau des Berichts	52
3.	Datenverfügbarkeit und weitere Vorgehensweise	53
3.1	Diskussion verschiedener Methoden zur Datenerfassung alternativ oder ergänzend zu Daten aus dem Vollzug	54
3.2	Abschätzungen auf Basis von Auswertungen vorhandener Statistiken	56
4.	Nutzung von Erneuerbarer Wärme und Kälte nach EEWärmeG	58
4.1	Marktentwicklung der Technologien zur Nutzung von Erneuerbarer Wärme nach EEWärmeG	61
4.1.1	Solare Strahlungsenergie	61
4.1.2	Biomasse	67
4.1.3	Geothermie und Umweltwärme	73
4.1.4	Abwärme	82
4.1.5	Dezentrale Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)	84
4.1.6	Maßnahmen zur Einsparung von Energie	87
4.1.7	Wärmenetze	91
4.2	Anteile der Technologien zur Nutzung von Erneuerbarer Wärme nach EEWärmeG im Neubau	102
4.2.1	Ergebnisse der Ansätze zur Abschätzung der Nutzungspflichterfüllung im Neubau	102
4.2.2	Diskussion der Ergebnisse anderer Datenquellen oder Erhebungen zur Nutzungspflichterfüllung im Neubau	103
4.2.3	Fazit	108
4.3	Prozesswärme und -kälte, Klimatisierung und Potenzial für Erneuerbare Energien	111
4.3.1	Einsatz von Prozesswärme in der Industrie	111
4.3.2	Aktueller Stand des Kälte- und Klimatisierungsbedarfs sowie Potenziale	115
5.	Technologien zur Nutzung von Wärme und Kälte aus Erneuerbaren Energien nach EEWärmeG	128
5.1	Technologien der solaren Strahlungsenergienutzung	128
5.1.1	Kollektorvarianten	130
5.1.2	Wärmeversorgungssysteme	132
5.1.3	Technologie- und Marktentwicklung	134
5.2	Technologien zur energetischen Biomassenutzung	140
5.2.1	Nutzung fester Biomasse für Heizzwecke	140
5.2.2	Nutzung flüssiger Biomasse für Heizzwecke	150
5.2.3	Nutzung gasförmiger Biomasse für Heizzwecke	153
5.3	Technologie zur Nutzung von Geothermie und Umweltwärme	155
5.3.1	Wärmepumpen	155
5.3.2	Tiefengeothermie	167
5.4	Abwärmennutzung	171
5.4.1	Abwärme-Wärmepumpen	171

5.4.2	Raumlufttechnische Anlagen mit Wärmerückgewinnung	172
5.5	Dezentrale Kraft-Wärme-Kopplung (KWK).....	176
5.5.1	Technologien.....	177
5.5.2	Marktentwicklung.....	180
5.5.3	Förderung	182
5.6	Maßnahmen zur Einsparung von Energie.....	184
5.7	Wärmenetze	186
5.7.1	Technologieentwicklung	186
5.7.2	Marktentwicklung.....	188
5.7.3	Förderungen.....	191
5.8	Möglichkeiten der Kältebereitstellung	196
5.8.1	Kälteanwendungen in der Industrie	196
5.8.2	Thermische Kälteanlagen.....	197
5.8.3	Kälte aus reversibel laufenden Wärmepumpen	200
5.8.4	Bereitstellungspfade von Kälte in Kältenetzen	201
5.8.5	Techniken zur Reduktion /Vermeidung des Kühlenergiebedarfs	202
6.	Energiebedarfsrechnungen und Ergebnisse.....	206
6.1	Untersuchte Referenzgebäude	206
6.1.1	Einfamilienhäuser (EFH)	207
6.1.2	Mehrfamilienhäuser (MFH).....	208
6.1.3	Bürogebäude.....	209
6.1.4	Supermarkt.....	210
6.1.5	Die Gebäudehülle.....	211
6.2	Heizungssysteme.....	212
6.3	Berechnungsergebnisse bezüglich des Energieverbrauches	214
6.3.1	Einfamilienhäuser (EFH)	215
6.3.2	Mehrfamilienhäuser (MFH).....	216
6.3.3	Bürogebäude.....	217
6.3.4	Supermarkt.....	218
7.	Kosten und Wirtschaftlichkeit der EE-Technologien.....	219
7.1	Vorgehensweise bei den Wirtschaftlichkeitsrechnungen sowie grundlegende Annahmen.....	219
7.1.1	Betrachtungsrahmen und Systemgrenzen	219
7.1.2	Zinssätze, Inflation und Steuern.....	220
7.1.3	Förderungen.....	220
7.1.4	Energiepreise (Verbrauchsgebundene Kosten).....	221
7.1.5	Betriebsgebundene Kosten	222
7.1.6	KWK-Stromeinspeisung	222
7.2	Wärmegestehungskosten aus solarer Strahlungsenergie	223
7.3	Wärmegestehungskosten aus Biomasse	226
7.3.1	Holzpelletskessel	226
7.3.2	Erdgas KWK-Anlagen mit Biogasbeimischung.....	228
7.4	Wärmegestehungskosten für Sole-Wasser Wärmepumpen	230

7.5	Wärmegestehungskosten für Raumluftechnische Anlagen (RLT) mit Wärmerückgewinnung (WRG)	236
7.6	Wärmegestehungskosten aus Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)	238
7.7	Zusätzliche Dämmmaßnahmen	241
7.8	Zusammenfassende Kostendarstellung der untersuchten Erfüllungsoptionen	243
8.	Ökonomische und ökologische Wirkungen des EEWärmeG	246
8.1	Differenzkosten durch das EEWärmeG	246
8.2	Ressourcenverbrauch und Schonung fossiler Ressourcen	251
8.2.1	Methodische Grundlagen	251
8.2.2	Ergebnisse	254
8.3	Bedeutung des EEWärmeG im Hinblick auf die gesamtwirtschaftlichen Effekte der Bereitstellung von Wärme aus Erneuerbaren Energien	265
9.	Dokumentation und Begutachtung des Vollzugs des Gesetzes....	269
9.1	Anforderungen des EEWärmeG an den Gesetzesvollzug	269
9.1.1	Nachweiserbringung	270
9.1.2	Stichprobenkontrolle	271
9.1.3	Ausnahmen	271
9.2	Bisherige Erfahrungen mit dem Vollzug	272
9.2.1	Empirische Erfahrungen (Stand der Bearbeitung: September 2012).....	272
9.3	Auswertung des Vollzugsstandes und der Vollzugskonzepte.....	274
9.3.1	Zusammenschau des Vollzugsstandes	274
9.3.2	Vollzugsstand und Vollzugskonzepte	274
9.3.3	Nachweiserbringung	275
9.3.4	Stichprobenkontrolle	278
9.3.5	Ausnahmeentscheidungen	279
9.3.6	Konzeptionelle Gesamtwürdigung und grundlegende Alternativen	280
10.	Handlungsempfehlungen	284
10.1	Einleitung.....	284
10.2	Rahmenvorgaben der EE-Richtlinie der EU.....	285
10.2.1	Einleitung – Fragestellung	285
10.2.2	Grundkonzept des EEWärmeG	286
10.2.3	Erweiterung des Anwendungsbereiches auf Bestandsgebäude	288
10.2.4	Alternative instrumentelle Optionen, insb. für den Gebäudebestand	290
10.2.5	Auswirkungen auf einzelne Erfüllungsoptionen und Ersatzmaßnahmen	294
10.3	Datenbeschaffung.....	299
10.4	Technologiebezogene Handlungsempfehlungen.....	300
10.4.1	Solare Strahlungsenergie	300
10.4.2	Biomasse.....	303

10.4.3	Tiefengeothermie	306
10.4.4	Wärmepumpen	307
10.4.5	Abwärme.....	314
10.4.6	Dezentrale Kraft-Wärme-Kopplung	315
10.4.7	Maßnahmen zur Einsparung von Energie.....	317
10.4.8	Wärmenetze.....	318
10.4.9	Prozesswärme und Kälte	320
10.4.10	Ergänzende Empfehlungen zum Zusammenspiel mit der EnEV	321
10.4.11	Zusammengefasste Darstellung der Handlungsempfehlungen und zeitliche Umsetzbarkeit.....	322
10.5	Vollzug des Gesetzes	325
10.6	Instrumentenoptionen für den EE-Einsatz zur Wärmeversorgung im Gebäudebestand.....	329
10.6.1	Einleitung und Übersicht	329
10.6.2	Staatliche Förderung	331
10.6.3	EE-Nutzungspflicht für den Gebäudebestand.....	335
10.6.4	Außerfiskalisches Anreiz- und Steuerungssystem: Bonus- und Quotenmodell.....	342
10.6.5	Flankierende / unterstützende Instrumente.....	358
10.6.6	Vergleichende Bewertung der Instrumentenoptionen.....	360
11.	Anhang.....	362
11.1	Zu Kapitel 4.....	362
11.1.1	Solare Strahlungsenergie	365
11.1.2	Feste Biomasse.....	366
11.1.3	Wärmepumpen	368
11.1.4	Raumlufttechnische Anlagen (RLT) mit Wärmerückgewinnung (WRG).....	370
11.1.5	Wärmenetze.....	371
11.1.6	Einsparung von Energie.....	373
11.2	zu Kapitel 6 - Berechnungsergebnisse bezüglich des Energieverbrauches	376
11.2.1	Einfamilienhäuser (EFH)	376
11.2.2	Mehrfamilienhäuser	378
11.2.3	Bürogebäude.....	380
11.3	zu Kapitel 7 – Kostenberechnung.....	382
11.4	Zu Kapitel 8: Kosten- und Nutzenwirkungen	408
11.5	Zu Kapitel 9: Vollzugskonzepte der Bundesländer	414
11.6	Zu Kapitel 10.....	440
12.	Referenzen.....	441

Abkürzungsverzeichnis

AGEB	Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen
AGEE	Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien
AGEE-Stat	Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik
AGFW	Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.
AKM	Absorptionskältemaschinen
ASUE	Arbeitsgemeinschaft für Sparsamen und Umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BBE	Bundesverband BioEnergie
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.
BDH	Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik eV.
BEI	Bremer Energieinstitut
BfE	Bundesamt für Energie
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BtL	Biomass-to-liquid
BW	Brauchwasser
BWP	Bundesverband Wärmepumpe e.V
CH	Schweiz
COP	Coefficient of Performance
CPC	Compound Parabolic Concentrator
DEC	Desiccative and Evaporative Cooling
DEPI	Deutsches Pelletinstitut
Destatis	Statistisches Bundesamt
DKV	Deutscher Kälte- und Klimatechnischer Verein
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
EE	Erneuerbare Energien
EEWärmeG	Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz
EEX	European Energy Exchange
EFH	Einfamilienhäuser
ELSTER	elektronische Steuererklärung
EnEV	Energieeinsparverordnung

EWS	Tiefe Erdwärmesonden
Fh ISI	Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung
FNR	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe
Fraunhofer ISE	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE
GAK	Referat Gemeinschaftsaufgabe zur Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes
GAK-Gesetz/ GAKG	Gesetz über die Gemeinschaftsaufgabe "Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes"
GHD	Gewerbe, Handel und Dienstleistungen
GrKrV	Verordnung über Aufgaben der Großen Kreisstädte
GtL	Gas-to-liquid
GtV	Bundesverband Geothermie e.V./ Geothermische Vereinigung
G-WP	Gas-Wärmepumpen
GWP	Global Warming Potential
GZB	Geothermie Zentrum Bochum
H&E	Haus und Energie (Zeitschrift)
HBO	Hessischen Bauordnung
HDR	Hot-Dry-Rock-Systeme
ILK	Institut für Luft- und Kältetechnik
IWO	Institut für wirtschaftliche Ölheizungen
IWP e.V.	Initiativkreis WärmePumpe
IWU	Institut Wohnen und Umwelt
IZW	Informationszentrum Wärmepumpen und Kältetechnik
JAZ	Jahresarbeitszahl
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau / KfW Bankengruppe
KKM	Kompressionskältemaschine
KMR	Kunststoffverbundmantelrohr
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
L/L-WP	Luft-Luft-Wärmepumpen
L/W-WP	Luft-Wasser-Wärmepumpen
LAK	Länderarbeitskreis Energiebilanzen
LK	Landkreise, kreisfreie Städte

LSS	Luftschadstoffe
MAP	Marktanreizprogramm
MFH	Mehrfamilienhaus
MMR	Metallmediumrohre
MUNV-BW	Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr Baden Württemberg
MWV	Mineralölwirtschaftsverband
NAWARO	Nachwachsende Rohstoffe
NRW	Nordrhein-Westfalen
NWG	Nicht-Wohngebäude
OEM	Original Equipment Manufacture
PMR	Flexible Kunststoffmediumrohre
RTL	Raumluftechnische Anlagen
S/W-WP	Sole-Wasser-Wärmepumpen
SGK	Sorptionsgestützte Klimatisierungsanlagen
SMWA	Sächsischen Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr
TGA	Technische Gebäudeausrüstung
THG	Treibhausgase
TZWL	Europäisches Testzentrum für Wohnungslüftungsgeräte e.V.
UBA	Umweltbundesamt
VfW	Bundesverband für Wohnungslüftung VLW e.V.
W/W-WP	Wasser-Wasser-Wärmepumpen
WP	Wärmepumpen
WPZ	Wärmepumpentestzentrum
WRG	Wärmerückgewinnung
ZFH	Zweifamilienhäuser
ZustWiG	Zuständigkeiten zum Vollzug wirtschaftsrechtlicher Vorschriften

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Nutzungsanteile von erneuerbare Energien Wärmeerzeugungsanlagen und Ersatzmaßnahmen im Neubau, 2009 und 2010, eigene Abschätzung, in %.....	18
Abbildung 2: Anteile von erneuerbaren Energien Wärmeerzeugungsanlagen und Ersatzmaßnahmen im Neubau, 2009, Streuung, Mittelwert und plausible Werte, in %.....	19
Abbildung 3: Anteile von erneuerbaren Energien Wärmeerzeugungsanlagen und Ersatzmaßnahmen im Neubau, 2010, Streuung, Mittelwert und plausible Werte, in %.....	20
Abbildung 4: Struktur der Wärmebereitstellung aus Erneuerbaren Energien in Deutschland 2011	59
Abbildung 5: Anteil der Solarthermieanlagen in Neubauten	65
Abbildung 6: Anteil primär verwendeter Biomasseheizungen in neu errichteten Gebäuden in Deutschland, 1997-2011	68
Abbildung 7: Wärmepumpenabsatz 2003 bis 2011	75
Abbildung 8: Verteilung der Wärmepumpentypen im Anlagenbestand 2011	77
Abbildung 9: Entwicklung des Anteils an Wärmepumpen in fertig gestellten Neubauten von 1998 bis 2011.....	79
Abbildung 10: Entwicklung der installierten thermischen Leistung und der aus Tiefengeothermie genutzten Wärme seit 1992.....	81
Abbildung 11: Anteil der Gebäude mit raumluftechnischer Anlage und WRG an allen neu errichteten Gebäuden, 1999-2011	84
Abbildung 12: Verteilung der durch die BAFA geförderten Mini-KWK-Anlagen im Hinblick auf Gebäude und Leistungsklassen (2009).....	85
Abbildung 13: Anteil der Gebäude mit 15 % EnEV2009 Unterschreitung an allen neu errichteten Gebäuden, 2002-2011	89
Abbildung 14: Entwicklung der Anteile von Fernwärme (FW) an neu errichteten Wohn- und Nicht-Wohngebäuden sowie neu errichteten Gebäuden insgesamt zum Zeitpunkt der Baufertigstellung.....	92

Abbildung 15: Entwicklung der vorwiegend verwendeten Heizenergie bei Wohn- und Nicht-Wohngebäuden gemäß Bauantrag bezogen auf die jeweilige Gebäudekategorie	93
Abbildung 16: von Destatis erfasste Fernwärmeerzeugung incl. MAP-Kleinanlagen nach wesentlichen Heizquellen	97
Abbildung 17: durchschnittlicher Anteil der Erneuerbaren Energien in Wärmenetzen	98
Abbildung 18: Gesamtwärmebedarf für Raumheizzwecke und Prozesswärme in 2008 Anteile der Wärmenetzbetreiber, welche die Vorgaben des EEWärmeG einhalten können, am gesamten Nah- und Fernwärmeabsatz sowie Gesamtwärmebedarf für Raumheizzwecke und Prozesswärme.....	99
Abbildung 19: Anteile von EE-Wärmeerzeugungsanlagen und Ersatzmaßnahmen nach dem EEWärmeG im Neubau, 2009 bis 2011, in %, Abschätzungen teils basierend auf eigenen methodischen Entwicklungen	103
Abbildung 20: Anteile von EE-Wärmeerzeugungsanlagen und Ersatzmaßnahmen im Neubau, 2009, nach verschiedenen Erhebungen.....	108
Abbildung 21: Anteile von EE-Wärmeerzeugungsanlagen und Ersatzmaßnahmen im Neubau, 2009, nach verschiedenen Erhebungen.....	108
Abbildung 22: Anteile von EE-Wärmeerzeugungsanlagen und Ersatzmaßnahmen im Neubau, 2009, Streuung, Mittelwert und plausible Werte.....	110
Abbildung 23: Anteile von EE-Wärmeerzeugungsanlagen und Ersatzmaßnahmen im Neubau, 2010, Streuung, Mittelwert und plausible Werte.....	110
Abbildung 24: Aufteilung des Energiebedarfes für die Kälteerzeugung in Deutschland (VDMA 2011).....	115
Abbildung 25: Aufteilung der Kälteanlagen in Deutschland (bez. auf installierte Kälteleistung).....	116
Abbildung 26: Energiebedarf (zur technischen Erzeugung von Kälte in Deutschland) Anmerkung: Der Gesamtenergiebedarf beinhaltet zum weit überwiegenden Teil (> 83 %) Strom [VDMA 2011]......	117

Abbildung 27: Temperaturbereiche und Leistungsklassen in der Chemieindustrie [ebd., S.77, 79]	120
Abbildung 28: Kältebedarf und Anwendungen stationärer Klimaanlage	122
Abbildung 29: Endenergiebedarf der Gebäudeklimatisierung in Deutschland 2005.	125
Abbildung 30: Verlauf des Endenergiebedarfs der Gebäudeklimatisierung in Deutschland.	126
Abbildung 31: Energieumwandlung im Sonnenkollektor und beispielhafte Anteile der Verluste	128
Abbildung 32: Vergleich des MAP geförderten Solarkollektorzubaus mit dem gesamten Zubau an Solarkollektoren	135
Abbildung 33: Entwicklung der im MAP geförderten solaren Warmwasser und Kombianlagen	136
Abbildung 34: Reale Kostenentwicklung Solaranlagen mit Flachkollektor anhand der geförderten Fläche und der ausgelösten Investitionen	137
Abbildung 35: Marktanteile an der in Deutschland installierter Solarkollektorfläche 2008	138
Abbildung 36: Entwicklung der Kesselwirkungsgrade von hand- und automatisch beschickten Holzfeuerungen kleinerer Leistung seit 1980.....	144
Abbildung 37: Energieholzverwendung in privaten Haushalten. Stand 2010	145
Abbildung 38: Gesamtbestand an Pelletsheizungen in Deutschland	146
Abbildung 39: Zubau handbeschickte Anlagen/ Scheitholz(vergaser-) kessel	147
Abbildung 40: Zubau Hackschnitzelheizungen bis 100 kW	147
Abbildung 41: Geförderte Biomasseanlagen im MAP im Zeitraum 2008-2011 aufgeteilt nach Pelletsöfen, Pelletskessel, Scheitholz- und Hackgutanalagen	148
Abbildung 42: Entwicklung der spezifischen Investitionskosten von Biomasseanlagen 2004 – 2010 (Zahlen von [Langniß et al., 2011], <i>eigene Darstellung</i>)	149
Abbildung 43: COP-Entwicklung beim Normpunkt 1993 bis 2011	160
Abbildung 44: Gemessene JAZ des Fraunhofer-ISE 07/2007 bis 06/2009	162

Abbildung 45: Marktanteile der Hersteller im Wärmepumpenmarkt 2008	163
Abbildung 46: Verteilung der geförderten Elektro-Wärmepumpen 2009-2011	166
Abbildung 47: Indizierte Preisentwicklung von RLT Anlagen 2007-2011	174
Abbildung 48: Zugelassene KWK-Anlagen (BAFA) von 1999 bis 2011.....	181
Abbildung 49: Reale Preisentwicklung der Anschaffungskosten	182
Abbildung 50: Darstellung der verschiedenen Wärmenetz-Typologien	186
Abbildung 51: Wärmeverteilungsverluste in Abhängigkeit der Wärmebedarfsdichte (Datenbasis: Heizwerke mit Wärmenetz > 200m und mehr als 2 Hausübergabestationen)	187
Abbildung 52: Trassenkosten unterschiedlicher Rohrsysteme	188
Abbildung 53: Entwicklung der durchschnittlichen Trassenkosten für Wärmenetze auf Basis von MAP-Evaluierungen (2004 – 2010)...	189
Abbildung 54: Entwicklung der Durchschnittspreise in Deutschland für drei typische Lastfälle im Zeitraum 1991 und 2011 (normiert auf Preise 2005).....	191
Abbildung 55: U-Werte für verschiedene Gebäudetypen und energetische Qualitäten.....	211
Abbildung 56: Energiebedarfe des EFH Typ E, EnEV 2009 Neubau.	215
Abbildung 57: Energiebedarfe des MFH Typ E, EnEV 2009 Neubau.....	216
Abbildung 58: Energiebedarfe des Büros, EnEV 2009 Neubau.	217
Abbildung 59: Energiebedarfe des Supermarktes.	218
Abbildung 60: Mittlere Energiepreise über 20 Jahre in €2009/kWh.....	221
Abbildung 61: Jahres-Gesamtkosten und Wärmegestehungskosten aus solarer Strahlungsenergie – EFH	224
Abbildung 62: Jahres-Gesamtkosten und Wärmegestehungskosten aus solarer Strahlungsenergie – MFH.....	225
Abbildung 63: Jahres-Gesamtkosten und Wärmegestehungskosten für Holzpelletskessel.....	227
Abbildung 64: Jahres-Gesamtkosten und Wärmegestehungskosten für KWK- Anlagen mit 100 % Biomethanbeimischung	229
Abbildung 65: Mittlere Nettoinvestitionskosten geförderter WP im MAP 2008	231

Abbildung 66: Mittlere Nettoinvestitionskosten geförderter WP im MAP 2010	232
Abbildung 67: Leistungsbezogene Investitionskosten bei Sole/Wasser- Wärmepumpen.....	233
Abbildung 68: Jahres-Gesamtkosten und Wärmegestehungskosten für Sole/Wasser-Wärmepumpen	235
Abbildung 69: Jahres-Gesamtkosten und Wärmegestehungskosten für Heizungssysteme mit Lüftungsanlagen und WRG	237
Abbildung 70: Jahres-Gesamtkosten und Wärmegestehungskosten für KWK- Systeme für Wohngebäude.....	239
Abbildung 71: Jahres-Gesamtkosten und Wärmegestehungskosten für KWK Systeme für Nichtwohngebäude.....	240
Abbildung 72: Jahres-Gesamtkosten und Wärmegestehungskosten für die Ersatzmaßnahme zusätzliche Dämmung.....	242
Abbildung 73: Gesamtkosten für das EFH Typ E EnEV 2009.....	244
Abbildung 74: Investitionskosten für das EFH Typ E EnEV 2009.....	244
Abbildung 75: Gesamtkosten für das MFH Typ E EnEV 2009	245
Abbildung 76: Investitionskosten für das MFH Typ E EnEV 2009	245
Abbildung 77: Baufertigstellungen und Baugenehmigungen im Hochbau für die Jahre 2009 und 2010	247
Abbildung 78: Differenzkosten EEWärmeG im Jahr 2009, 2010 und 2011	250
Abbildung 79: Jährlicher Endenergieeinsatz im Wohnungsneubau in GWh der in 2011 errichteten Neubauten p.a. (eigene Abschätzung basierend auf Endenergiebedarf und Technologieanteilen)	254
Abbildung 80: Eingesparte Primärenergie nach Wärmeerzeugungstechnologie pro Wohnfläche in Neubauten(bei Wohngebäuden (WG)	255
Abbildung 81: Eingesparte Endenergie nach Wärmeerzeugungstechnologie pro Wohnfläche bei neugebauten Wohngebäuden (WG).....	256
Abbildung 82: Vermiedene Brennstoffkosten nach Wärmeerzeugungstechnologie im Neubau unter Zugrundelegen gleicher Gebäudehüllenstandards (ohne Kompensation nach EnEV.....	257

Abbildung 83: Vermiedene Brennstoffkosten nach Wärmeerzeugungstechnologie im Neubau unter Einbeziehung des Kompensationsprinzips der EnEV	257
Abbildung 84: Vermiedene Brennstoffkosten (negative Werte) spezifisch pro Quadratmeter Nutzfläche ohne Einbeziehung des Kompensationsprinzips der EnEV exklusive Steuern.....	258
Abbildung 85: Vermiedene Brennstoffkosten (negative Werte) spezifisch pro Quadratmeter Nutzfläche unter Berücksichtigung des Kompensationsprinzips der EnEV exklusive Steuern.....	258
Abbildung 86: Jährlich eingesparter Verbrauch an Strom und fossilen Energieträgern (Endenergie) im Neubau 2011, 2010, 2009	259
Abbildung 87: Jährlich eingesparte fossile Ressourcen (Primärenergieeinsatz) im Neubau 2011, 2010, 2009	259
Abbildung 88: Vermiedene Emissionen in kg CO ₂ -Äquivalenten je m ² nach Gebäudetyp und Technologie, bezogen auf die Wohnfläche (WG) im Neubau, gegenüber einem rein fossile beheizten Neubau.....	261
Abbildung 89: Jährliche vermiedene Treibhausgase (in t CO ₂ -Äquivalenten) im Neubau 2009, 2010, 2011	262
Abbildung 90: Jährliche vermiedene Luftschadstoffe (in t SO ₂ -Äquivalenten), Neubau 2011	263
Abbildung 91: Differenzkosten im Wärmebereich.....	266
Abbildung 92: Vermiedene Umweltschäden durch verminderte Emission von Treibhausgasen, 2011.....	267
Abbildung 93: Vermiedene Umweltschäden durch verminderte Emission von Luftschadstoffen, 2011	267
Abbildung 94: Mindestflächen und daraus resultierender Deckungsanteil am Wärmeenergiebedarf nach EEWärmeG und EnEV (am Beispiel eines EFH nach EnEV 2009, Wärmeenergiebedarf = 9.692 kWh/a, spezifischer Wärmeenergiebedarf = 72,9 kWh/(m ² a))	302
Abbildung 95: Methodische Vorgehensweise für Neubauten ab 2008 (Methode 1)	363
Abbildung 96: Methodische Vorgehensweise für Neubauten vor 2008 (Methode 2)	364

Abbildung 97: Anzahl primär verwendeter Anlagen zur Nutzung solarthermischer Strahlungsenergie in neu errichteten Gebäuden in Deutschland, 1997 – 2010	365
Abbildung 98: Anzahl primär verwendeter Biomasseheizungen in neu errichteten Gebäuden in Deutschland, 1997 - 2011	366
Abbildung 99: Erteilte Baugenehmigungen 2003 bis 2009	367
Abbildung 100: Baufertigstellungen von 1998 bis 2010.....	367
Abbildung 101: Wärmepumpenabsatz 1978 bis 2011 nach Wärmequellentyp	368
Abbildung 102 Entwicklung des Anteils an Wärmepumpen in fertig gestellten Neubauten von 1997 bis 2010.....	
Abbildung 103: Anzahl Raumluftechnischer Anlagen mit WRG in neu errichteten Gebäuden, 1999-2011.....	370
Abbildung 104: geschätzte jährliche Wärmeeinspeisung durch EE in Wärmenetze (einschließlich Quartierslösungen) im Zeitraum von 1990 bis 2011 auf Basis	371
Abbildung 105: Entwicklung der Anschlüsse von neu errichteten Wohn- und Nicht-Wohngebäuden an ein Wärmenetz zum Zeitpunkt der Baufertigstellung.....	372
Abbildung 106: Anzahl neu errichteter Gebäude mit mindestens 15 % EnEV2009 Unterschreitung, 1999-2011	373
Abbildung 107: Energiebedarfe des EFH Typ E unsaniert	376
Abbildung 108: Energiebedarfe des EFH Typ E saniert	377
Abbildung 109: Energiebedarfe des EFH Typ E Passiv	377
Abbildung 110: Energiebedarfe des MFH Typ E unsaniert	378
Abbildung 111: Energiebedarfe des MFH Typ E saniert	379
Abbildung 112: Energiebedarfe des MFH Typ E Passiv.....	379
Abbildung 113: Energiebedarfe des Büro unsaniert	380
Abbildung 114: Energiebedarfe des Büros saniert	381
Abbildung 115: Energiebedarfe des Büros Passiv	381
Abbildung 116: Endenergiebedarf im Neubau, kWh/m ² (Wohn- bzw. Nutzfläche)	411

Abbildung 117: Eingesparte Primärenergie nach Technologien, in kWh/ Wohn- bzw. Nutzfläche	411
Abbildung 118: Vermiedene Emissionen in CO ₂ -Äquiv. kg pro Wohn- bzw. Nutzfläche	412
Abbildung 119: Differenzkosten EEWärmeG im Jahr 2009 für den Fall „EEWärmeG ohne Berücksichtigung des Kompensationsprinzips der EnEV“	413

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ergebnisse der Differenzkostenberechnung nach unterschiedlichen Annahmen	23
Tabelle 2: Die verwendeten Quellen für die im Folgenden dargestellten Daten	59
Tabelle 3: Solaranlagen nach Empfängertyp	62
Tabelle 4: geförderte Mini-KWK-Anlagen im Rahmen des Impulsprogramms (2008/2009) nach Gebäude und Antragsteller.....	86
Tabelle 5: Übersicht der Anforderungen an die einzelnen Effizienzhäuser	87
Tabelle 6: Zusammenstellung verschiedener Abschätzungen zu Anteilen von EE-Technologien in der Raumwärmeerzeugung, 2009 und 2010	106
Tabelle 7: Anteil Erneuerbarer Energien am Raumwärme/Warmwasser- und Prozesswärmeverbrauch.....	114
Tabelle 8: Anwendungsfelder industrieller Kälteerzeugung und –nutzung	121
Tabelle 9: Bezeichnung der unterschiedlichen Wärmepumpentypen.....	156
Tabelle 10: JAZ-Grenzwerte des EEWärmeG.....	161
Tabelle 11: Preisentwicklung der elektrischen Wärmepumpentypen 2000 bis 2011 (Mittlere Investitionskosten in € pro kW).....	164
Tabelle 12: Durchschnittliche JAZ in MAP-Anträgen 2009.....	165
Tabelle 13: Einteilung der WRG-Systeme für RLT-Anlagen nach Typ und Kategorie gemäß VDI 2071	173
Tabelle 14: KWK-Technologien im Vergleich	177
Tabelle 15: Arbeits- und Leistungspreise in Fernwärmenetzen 2011 nach drei Abnahmefällen (15, 160, 600 kW) als Durchschnittswert der Bundesländer	190
Tabelle 16: Vergleich der Wärmenetzförderung zwischen MAP und KWKG.....	193
Tabelle 17: Temperatur- und Einsatzbereiche in der industriellen Kühltechnik	196
Tabelle 18: Kälteeinsatzgebiete, Temperatur und Leistung	197
Tabelle 19: Übersicht der berechneten Heizungssysteme	213

Tabelle 20: Anteile der Investitionskosten bzw. durchschnittlichen jährlichen Kosten	222
Tabelle 21: Kostendegression	223
Die Investitionskosten für Lüftungsanlagen sind in Tabelle 22 gegeben.	236
Tabelle 23: Investitionskosten Lüftungsanlage, Passivhaus-Institut.....	236
Tabelle 24: Annahmen zu den KWK-Systemen in EFH und MFH.....	238
Tabelle 25: Spezifische Investitionskosten der Dämmung	241
Tabelle 26: Fossile Referenzszenarien für die Differenzkostenberechnung für das Jahr 2009.....	249
Tabelle 27: Übersicht über eingesetzte Wärmeerzeugungsoptionen im jeweiligen Gebäudetyp sowie Angabe der Vergleichsoptionen (Referenz)	251
Tabelle 28: Eingesparte fossile Energieträger (Primärenergie) im Jahr 2011 durch Neubauten seit 2009 sowie jährliche Einsparungen durch Neubauten in 2011, 2010 bzw. in 2009	260
Tabelle 29: Vermiedene Treibhausgase (in t CO ₂ -Äquivalenten) im Jahr 2011 durch den Neubau seit 2009 sowie jährlich vermiedene Emissionen durch den Neubau in 2009, 2010 und 2011	262
Tabelle 30: Zusammenfassung der Handlungsempfehlungen und ihrer zeitlichen Umsetzbarkeit	323
Tabelle 31: Anzahl der installierten Solarthermieanlagen (primäre und sekundäre Heizenergie) geordnet nach Wohn- und Nichtwohngebäuden in Baufertigstellungen von 1999 bis 2011 ...	365
Tabelle 32: Aus den Evaluierungsberichten abgeleitete Anzahl, Leistung und Wärmeeinspeisung von Anlagen, die nicht durch die Statistik erfasst werden, nach Jahr der Inbetriebnahme	371
Tabelle 33: Zusammenfassende Darstellung der Anzahl der installierten Erneuerbare-Energien-Anlagen in Neubauten	374
Tabelle 34: Zusammenfassende Darstellung der Anteile der installierten Erneuerbare-Energien-Anlagen in Neubauten	375
Tabelle 35: Übersicht Wirtschaftlichkeitsberechnung – EFH unsaniert	382
Tabelle 36: Übersicht Wirtschaftlichkeitsberechnung – EFH saniert	384
Tabelle 37: Übersicht Wirtschaftlichkeitsberechnung – EFH EnEV 2009.....	386

Tabelle 38: Übersicht Wirtschaftlichkeitsberechnung – EFH Passiv	388
Tabelle 39: Übersicht Wirtschaftlichkeitsberechnung – MFH unsaniert.....	390
Tabelle 40: Übersicht Wirtschaftlichkeitsberechnung – MFH saniert.....	392
Tabelle 41: Übersicht Wirtschaftlichkeitsberechnung – MFH EnEV 2009	394
Tabelle 42: Übersicht Wirtschaftlichkeitsberechnung – MFH Passiv	396
Tabelle 43: Übersicht Wirtschaftlichkeitsberechnung – Büro unsaniert.....	398
Tabelle 44: Übersicht Wirtschaftlichkeitsberechnung – Büro saniert.....	400
Tabelle 45: Übersicht Wirtschaftlichkeitsberechnung – Büro EnEV 2009	402
Tabelle 46: Übersicht Wirtschaftlichkeitsberechnung – Büro Passiv	404
Tabelle 47: Übersicht Wirtschaftlichkeitsberechnung – Supermarkt.....	406
Tabelle 48: Angelegte Technologieanteile zur Berechnung der vermiedenen Emissionen.....	408
Tabelle 49: U-Werte der Referenzsysteme (Beispiel Erdgas)	408
Tabelle 50: Typische Energiekennwerte unterschiedlicher Gebäudetypen	440

1. Zusammenfassung

1.1 Deutsche Zusammenfassung

Dieser Endbericht des Vorhabens „Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichtes gemäß § 18 Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz“ soll das BMU bei der Erstellung des Erfahrungsberichtes zum EEWärmeG für die Bundesregierung unterstützen. Der Stand der berücksichtigten Daten ist 21. Juni 2012. Berechnungen wurden bis Dezember 2012 aktualisiert.

Es werden die auf Basis von statistischen Daten abgeschätzten Entwicklungen von erneuerbaren Energien im Wärmemarkt - bezogen auf die die Nutzungspflicht erfüllenden Erneuerbaren Energien sowie die anrechenbaren Ersatzmaßnahmen - dargestellt. Des Weiteren werden Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit der Technikrealisierung unter Berücksichtigung der EnEV und des EEWärmeG in definierten Gebäuden durchgeführt und in ihrer deutschlandweiten Relevanz bewertet. Dabei werden die vermiedenen Umweltschäden und die Substitution fossiler Energien untersucht. Eine Darstellung des Gesetzesvollzuges und Handlungsempfehlungen der Forschungsnehmer zur künftigen Anpassung des Gesetzes komplettieren diese Zusammenfassung.

1.1.1 Solare Strahlungsenergie

Erfüllung der Nutzungspflicht mit solarer Strahlungsenergie

Bei Nutzung solarer Strahlungsenergie im Neubau wird das EEWärmeG erfüllt, wenn mindestens 15 % des Wärme- und Kälteenergiebedarfs damit gedeckt werden. Als vereinfachter Nachweis gilt dieser Mindestanteil in Wohngebäuden als erfüllt, wenn die solarthermische Anlage über mindestens 0,04 (0,03 bei mehr als zwei Wohneinheiten) Quadratmeter Aperturfläche pro Quadratmeter Wohnfläche verfügt.

Historische Entwicklung

Solare Strahlungsenergie wird in zunehmendem Maße, jedoch mit unterschiedlicher Geschwindigkeit in allen Sektoren der Wirtschaft eingesetzt. Relevante Größen, die die Verbreitung von Solarthermie charakterisieren, sind die Anzahl und Fläche der installierten Solaranlagen sowie die bereitgestellte Nutzenergie. Letztere ist von rund 1.000 GWh im Jahr 1999 auf rund 5.600 GWh in Jahr 2012 gestiegen [BSW-Solar 2012]. Die jährlich neu installierte Kollektorfläche ist von 420.000 m² im Jahr 2000 auf über 1,6 Mio m² im Jahr 2009 gestiegen. In 2010 ist die neu installierte Kollektorfläche auf rund 1,3 Mio m² gesunken und in 2011 auf diesem Niveau geblieben. [BSW-Solar 2011; BSW-Solar 2012].

Ermittelte Anteile an der Nutzungspflichterfüllung

Aufgrund unzureichender Daten zu Installationen von Solarthermieanlagen im Neubau sowie sich ändernden Datenlage und Förderbedingung ist es erforderlich, diese basierend auf verschiedenen methodischen Ansätzen abzuschätzen.

Die Abschätzung für 2009 beruht im Wesentlichen auf Daten zu Kollektorfläche nach der *Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik* (AGEE-Stat) und zu Baufertigstellungen des statistischen Bundesamtes. Für das Jahr 2009 wird damit ein Anteil von knapp 16 % der Neubauten ermittelt, die solare Strahlungsenergie nutzen. Im Jahr 2010 wird dieser Anteil mit knapp 20 % abgeschätzt. Die Abschätzung der historischen Anteile seit 1999 weisen im Schnitt einen steigenden Anteil von Neubauten mit Solarthermieanlagen auf. Die ausgewiesene Anteile für 2010 beruhen auf Erfahrungswerten aus den MAP-BAFA-Daten (2009), die aufzeigen, dass mindestens 12 % der installierten Solarkollektoren im Wohnungsneubau erfolgten. Unter Berücksichtigung der Angaben zum sekundären Heizsystem in Neubauten (Baugenehmigungen in 2010) lassen sich Anteile von ca. 21% ableiten.

Für 2011 liegen erstmalig Daten des statistischen Bundesamtes zur primär und sekundär verwendeten Heizenergie in fertiggestellten Gebäuden vor. Aus diesen Angaben lässt sich für 2011 ein Anteil von 19% für die Solarthermie im Neubau (Wohngebäude und Nicht-Wohngebäude) ableiten.

Stand der Technik / Entwicklungstrends

Anlagen zur Nutzung von solarer Strahlungsenergie werden zum überwiegenden Teil zur dezentralen Wärme- und Warmwasserbereitstellung eingesetzt. Aus den MAP-Förderdaten der vergangenen zehn Jahre lässt sich dabei ein klarer Trend zu weniger reiner Warmwasserbereitstellung und hin zu vermehrten Kombianlagen mit Heizungsstützung ablesen. Diese machten bereits im Jahr 2008 über die Hälfte der geförderten Anlagen aus.

Eine zentrale Versorgung über solare Nahwärme bietet zwar, sowohl technologisch – durch höhere solare Deckungsanteile (insbesondere bei Einsatz von Langzeitspeichern) – als auch ökonomisch hohe Entwicklungspotentiale. Die Verbreitung beschränkt sich jedoch auf wenige Systeme. Dies ist u.a. auf die fehlende Verbreitung des nötigen Fachwissens und die besonderen Herausforderungen, die aus der Umsetzung entsprechender Niedertemperaturwärmenetze resultieren, zurückzuführen.

Weitere Einsatzbereiche für solare Strahlungsenergie sind die solarwärmegetriebene Kältebereitstellung und die solarunterstützte Prozesswärme, welche allerdings beide noch einen Nischenmarkt darstellen. Dabei scheinen gemeinsame Aktivitäten von Industrieanlagenherstellern und Solarkollektorproduzenten mit dem Ziel, integrierte branchen- bzw. anlagenspezifische Lösungen bereitzustellen (siehe Green Alliance von Eisenmann und Ritter Solar), eine gute Möglichkeit und zukünftig wichtiger Entwicklungstrend, um bestehende Hemmnisse bei der Prozesswärme zu überwinden.

28.02.2013

Handlungsempfehlungen

Die Handlungsempfehlungen für die Solarthermie beziehen sich auf Effizienzanforderungen, das flächenbezogene Nachweisverfahren sowie den Mindestanteil zur Erfüllung der Nutzungspflicht:

Neben der bereits im EEWärmeG bestehenden Qualitätsanforderung *Solar Keymark* wird empfohlen, die Effizienzanforderungen des Marktanzreizprogrammes ebenfalls im EEWärmeG zu übernehmen.

Des Weiteren wird eine Anhebung des endenergiebezogenen Mindestanteils zur Prüfung empfohlen. Zu begründen ist dies einerseits mit einer aus Klimaschutzsicht wünschenswerten Fokussierung auf Kombianlagen, andererseits mit der möglichen Verschärfung der EnEV. Letzteres führt durch höhere energetische Anforderungen an die Gebäudehülle ceteris paribus zu einem höheren relativen Anteil des Warmwasserbedarfs am gesamten Wärmeenergiebedarf.

1.1.2 Biomasse

1.1.2.1. Feste Biomasse

Erfüllung der Nutzungspflicht mit fester Biomasse

Bei Nutzung von fester Biomasse im Neubau wird das EEWärmeG erfüllt, wenn mindestens 50 % des Wärme- und Kälteenergiebedarfs damit gedeckt werden und es sich bei Anlagen im Bereich der 1. BImSchV um Biomassekessel oder automatisch beschickte Biomasseöfen mit Wasser als Wärmeträger handelt. Zur Pflichterfüllung nach EEWärmeG ist ein Kesselwirkungsgrad von mindestens 86 % (bis 50 kW thermische Leistung) oder 88 % (Kessel mit einer thermischen Leistung größer als 50 kW) vorgeschrieben.

Historische Entwicklung

Die Nutzung von fester Biomasse als primäre Heizungsquelle hat seit ca. 2001 eine starke Steigerung erfahren. Vor 2001 lag der Anteil noch unter 1 %. Danach erfolgte eine jährliche Steigerung des Anteils (mit Ausnahme des Jahres 2008 und zuletzt auch in 2011). Bezogen auf die erneuerbaren Energien im gesamten Wärmesektor (Neubau und Bestand) stellen Holzfeuerungen mit einem Anteil von etwa 80 Prozent an der aus erneuerbaren Energien erzeugten Wärme den größten Anteil dar. Die größte Bedeutung haben dabei die Kleinfeuerungsanlagen für feste Biobrennstoffe im Wohngebäudebestand. Vorwiegend handelt es sich dabei um Einzelfeuerstätten wie z.B. Kaminöfen, Kachelöfen etc. zur Beheizung einzelner Wohnräume. Immerhin fast ein Fünftel der mit Holz heizenden Haushalte verfügt bereits über eine Holzzentralheizung (Scheitholzvergaserkessel, Pelletszentralheizung, Hackschnitzelheizung etc.), die zugleich auch der Brauchwassererwärmung dient. Die Wärmeversorgung von Gebäuden mit fester Biomasse erfolgte in 2010 nur zu etwa 1 % durch Pellets- und zu etwa 0,2 % durch Hackschnitzelheizungen. Zum größten Teil wurde der Wärmebedarf durch Scheitholz aus Wald, Garten und Landschaft gedeckt [FNR, 2010].

Ermittelte Anteile an der Nutzungspflichterfüllung

Die Berechnung der Anzahl der primär verwendeten Biomasseheizungen in neu errichteten Gebäuden basiert auf den Daten der „vorwiegend verwendeten Heizenergie“ des Statistischen Bundesamtes zu Baufertigstellungen im Hochbau. Basierend auf den neuen Erhebungsbögen, die für Baugenehmigungen bereits seit 2010 eingesetzt werden, macht feste Biomasse nach EEWärmeG im Wohngebäudebereich etwa 87 % des Anteils der „sonstigen verwendeten Heizenergie“ aus, im Nichtwohngebäudebereich etwa 75 %. Die Nutzung von Biomasse in Einzelöfen wurde nicht berücksichtigt, da sie nur in Ausnahmefällen das EEWärmeG erfüllt. Eine solche Ausnahme bilden z.B. Biomasseöfen, die die Wärme zum überwiegenden Teil an den Wasserkreislauf eines Zentralheizungssystems abgeben; der Anteil dieser Anlagen, welche auch die Anforderungen des EEWärmeG erfüllen, wird bisher als relativ unbedeutend erachtet und daher vernachlässigt.

Gemessen an der Anzahl der neu errichteten Gebäude, stellten die Biomasseheizungsanlagen im Jahr 2011 mit einem relativen Anteil von etwa 5,4 % in Wohngebäuden, im Nichtwohngebäudebereich von fast 9 Prozent dar.

Stand der Technik / Entwicklungstrends

Hinsichtlich der eingesetzten Technologien kann im Wesentlichen zwischen zentralen und dezentralen Feuerstätten, sowie in automatische Beschickung und Handbeschickung unterschieden werden. Zentralheizungen sorgen in aller Regel sowohl für Warmwasser als auch für Heizungswärme. Dezentrale Öfen oder Kamine dienen in erster Linie – mit einigen Ausnahmen – der direkten Raumbeheizung und erfüllen aufgrund der üblicherweise eher geringeren Wirkungsgrade und/oder der fehlenden Anbindung an die Zentralheizung nicht die technischen Anforderungen des EEWärmeG.

Pelletsöfen und Pellets-Zentralheizungen haben einen technologisch sehr hohen Entwicklungsstand erreicht. Durch die Weiterentwicklung der Holzfeuerungen wurde in den vergangenen 25 Jahren eine Wirkungsgradsteigerung um gut 30 % erreicht.

Handlungsempfehlungen

Die Handlungsempfehlungen für die feste Biomasse beziehen sich auf Effizianzorderungen der Heizungssysteme.

Da sich die Wirkungsgrade von Biomasse-Heizungskessel in den letzten Jahren stark verbessert haben und heute bereits verschiedene Biomasse-Brennwertgeräte am Markt erhältlich sind, die Wirkungsgrade von über 96 % aufweisen, könnten die Wirkungsgradanforderungen zeitlich progressiv an den Stand der Technik angepasst werden. Um generell die technische Entwicklung in diesem Bereich anzuregen, sollten die Wirkungsgradanforderungen perspektivisch auf 90 – 92 % angehoben werden (aktuell 86 – 88 %).

1.1.2.2. Flüssige Biomasse

Erfüllung der Nutzungspflicht mit flüssiger Biomasse

Bei Nutzung flüssiger Biomasse wird die Pflicht erfüllt, wenn der Wärme- und Kälteenergiebedarf zu mindestens 50 % gedeckt wird. Zusätzlich muss der Heizkessel der besten verfügbaren Technik (Brennwertkessel) entsprechen und die Anforderungen der Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung (mit Besonderheiten bei der Berechnung des Treibhausgasreduzierungsbeitrags) erfüllt sein.

Historische Entwicklung

Der Einsatz flüssiger Biomasse (in Reinform oder als Zumischung zum Heizöl) ist bisher unbedeutend. Aufgrund der Nichtrelevanz flüssiger Bioenergieträger zur direkten Wärmeversorgung existieren auch keine Daten über dessen Einsatz. Einen leichten Schub hat die Entwicklung lokal in Baden-Württemberg genommen, weil dort eine Nutzungspflicht für den Gebäudebestand besteht. Diese kann mit dem Einsatz von 10 % Bioenergie erfüllt werden. Im Falle existierender Ölheizungen kann somit die Pflicht mit 10 % Biodieselbeimischung zum Heizöl bei begrenzten Zusatzinvestitionen erfüllt werden.

Ermittelte Anteile an der Nutzungspflichterfüllung

Die Forderung von 50 % Energiebedarfsdeckung kann durch den Einsatz von flüssiger Bioenergie praktisch – mit Ausnahme von Gebäuden mit mehreren Wärmeerzeugern – nicht oder nur in Ausnahmefällen erfüllt werden. Nach Einschätzung von Experten liegt der Marktanteil von Bioölen am Heizölmarkt in den Jahren 2009 bis 2011 deutlich unter 1 % und ist somit derzeit nicht relevant.

Stand der Technik / Entwicklungstrends

Der Einsatz von flüssiger Biomasse gemäß EEWärmeG kann durch die Beimischung von Bioölen oder Biodiesel zum Heizöl oder der Verbrennung von 100 %igem Bioöl in Öl-Brennwert-Heizungssystemen oder KWK-Anlagen erfolgen. Die Wärme aus Bioöl-gespeisten EEG-Anlagen (KWK-Anlagen) stellt den größten Anteil der Wärme aus flüssiger Biomasse für Neubauten (berücksichtigt in Kapitel 4.1.7 (Wärmenetze)). Seit dem 1. Januar 2012 wird der Strom aus neuen Anlagen zur Stromerzeugung aus flüssiger Biomasse nicht mehr nach dem EEG vergütet.

Eine Herausforderung beim Einsatz flüssiger Biomasse ist die Anforderung eines 50 %igen Wärmeanteils. Technisch und praxisrelevant ist fast ausschließlich die Beimischung von Biodiesel zum Heizöl. Da Biodiesel aber chemisch reaktionsfreudiger als Heizöl ist, muss sichergestellt werden, dass in der gesamten Kette von zentraler Lagerung, Transport, Vor-Ort Lagerung, Rohrleitungen und Heizungssystem der Biodieselanteil technisch einwandfrei mit den Systemkomponenten verträglich ist. Diese Grenze liegt zurzeit bei ca. 5 bis 10 % Biodieselbeimischung und wäre nur mit sehr großem Infrastrukturaufwand steigerbar.

Das Ausbaupotenzial der Zumischung von Bioölen zu bestehenden Öl-Heizungssystemen im Gebäudebestand ist prinzipiell hoch (ca. 6 Mio. Ölheizungen in Deutschland), aber stark von zukünftigen politischen Rahmenbedingungen abhängig.

Handlungsempfehlungen

Kein Handlungsbedarf.

1.1.2.3. Gasförmige Biomasse

Erfüllung der Nutzungspflicht mit gasförmiger Biomasse

Der Einsatz gasförmiger Biomasse wird im Rahmen des EEWärmeG nur dann als Nutzungspflichterfüllend anerkannt, wenn er in KWK-Anlagen erfolgt und der Wärme- und Kältebedarf zu mindestens 30 % gedeckt wird. Es handelt sich bei der Biogasnutzung überwiegend um EEG-KWK-Anlagen (s. Kapitel 4.1.7 Wärmenetze und Kapitel 4.1.5). Ausführliche Begründungen zu diesem KWK-Erfordernis sind in den Kapiteln 5.2 und 10.4.2 dargestellt. Des Weiteren wird in Kapitel 4.1.2 dargestellt, weshalb Biogas in diesem Bericht methodologisch abweichend von den übrigen Erfüllungsoptionen behandelt werden muss.

Historische Entwicklung

Es gab Ende des Jahres 2011 in Deutschland ca. 7.200 Biogasanlagen mit einer gesamten elektrischen Leistung von ca. 2850 MW und einer Wärmeauskoppelung von ca. 7,3 – 8,3 TWh_{th} [DBFZ, 2012]. Die Zubaurate bei Biogasanlagen ist stark von der Entwicklung der EEG-Vergütungsstruktur abhängig. Historisch gab es vor 2000 nur wenige Biogasanlagen. Gemäßigte Steigerungen wurden bis 2004 verzeichnet. Mit der Novellierung des EEG 2004 setzte ein starker Ausbau der Biogasnutzung ein, der 2009 und 2010 einen weiteren Schub bekam. Die aktuellste Anpassung der Vergütungsstruktur erfolgte Anfang 2012. Marktteilnehmer (Fachverband Biogas, DBFZ und andere) berichten übereinstimmend, dass die Zubauraten in 2012 vorraussichtlich wesentlich niedriger als im Jahr 2011 ausfallen werden.

Ermittelte Anteile an der Nutzungspflichterfüllung

Die Anteile der Wärmeauskoppelung aus Biogasanlagen lässt sich nicht nach Neu- und Altbau differenzieren. Da die Wärmenutzung von Biogasanlagen überwiegend über Wärmenetze erfolgt, sind die Anteile der Nutzungspflicht dort berücksichtigt worden.

Das Angebot zum Bezug von Biomethan in Privathaushalten ist eine neue Entwicklung (erstmalig in 2009 möglich, aber im Sinne des EEWärmeG nur pflichterfüllend bei Einsatz in (Mini-)KWK-Anlagen). Die Nutzung wird steigen, Marktprognosen sind jedoch auch angesichts der Preisentwicklung bei Erdgas vorerst schwierig. Ende 2011 waren in Deutschland 83 Biogas-Aufbereitungsanlagen im Betrieb, die überwiegend als KWK-Anlage betrieben wurden.

Stand der Technik / Entwicklungstrends

Biogasanlagen sind in den letzten zehn Jahren technisch stark optimiert worden. Der erreichte Stand der Technik wird – neben kleineren weiteren Optimierungsmöglichkeiten - vorraussichtlich nur mit großem Aufwand weiter verbesserbar sein (Enzymzugabe, Thermo-Druck-Hydrolyse, spezialisierte Bakterienspecies). Inwieweit diese technischen Entwicklungsmöglichkeiten auch wirtschaftlich lohnenswert umsetzbar sind, wird sich eher in Einzelfällen beweisen müssen, ohne dass von generellen Entwicklungschancen ausgegangen werden kann.

Die weitere Entwicklung ist stark von den jeweils aktuellen EEG-Tarifen abhängig, die 2012 neu angepasst wurden und deren Auswirkungen weiter beobachtet werden.

Handlungsempfehlung

Kein Handlungsbedarf

1.1.3 Tiefengeothermie

Erfüllung der Nutzungspflicht mit Tiefengeothermie

Sofern mindestens 50 % des Wärme- und Kältebedarf des Gebäudes durch Wärme aus Tiefengeothermie gedeckt werden kann, gilt die gesetzliche Pflicht als erfüllt. Da die Versorgung üblicherweise direkt über Wärmenetze erfolgt, werden die weiteren allgemeinen Informationen dort genannt.

Historische Entwicklung

Aktuell sind etwa 165 Anlagen zur Nutzung tiefer geothermischer Wärme (Stromerzeugung, Fernwärme, Gebäudeheizung, Thermalbad, Aquiferspeicher) in Deutschland in Betrieb [geotis 2012]. Aus diesen Anlagen - inklusive weiterer Energiequellen zur Spitzenabdeckung bzw. Ausfallsicherung - wurden 2011 rund 710 GWh ausgespeist. Davon wurden rund 50 % in Fernwärme und Gebäudeheizung gespeist, der Rest in Thermalbäder. Insgesamt sind 14 Anlagen mit 113,2 MW_{th} an Fernwärmenetze angeschlossen und 61 Anlagen versorgen mit 3,8 MW_{th} direkt Gebäude.

Anteile an der Nutzungspflichterfüllung

Aufgrund einer nicht gegebenen gesetzlichen Auskunftspflicht, aber auch oft aufgrund der fehlenden Daten bei den Anlagenbetreibern, ist eine Zuordnung der einzelnen Anschlüsse zu Neubau und Bestand nicht möglich. Die Anteile können bestenfalls als Bundesdurchschnitt innerhalb der Wärmenetze dargestellt werden. Nach Einschätzung auf Basis statistischer Zahlen und eigenen Abschätzungen liegt der Anteil bei etwa 0,2 % an der gesamten Fernwärmeversorgung.

Stand der Technik / Entwicklungstrends

Nach Angaben des Bundesverbands Geothermie (GtV) sind derzeit 20 Projekte im Bau und 74 Projekt in Planung. Die Technischen Angaben zu den geplanten Anlagen sind recht dürftig, so dass bislang keine Aussagen über die geplante Wärmeleistung gemacht werden kann.

28.02.2013

Der Ausbau von Geothermieranlagen wird derzeit wesentlich durch drei Instrumente gefördert. Hierzu zählen das EEG mit der Einspeisevergütung für die geothermische Stromerzeugung, die Anlagenförderung (Geothermieranlage und Bohrung) und die Förderung für Nahwärmenetze mit einem hohen Anteil an erneuerbaren Energien (u.a. aus Tiefengeothermie), beide im Marktanreizprogramm für erneuerbare Energien (MAP). Das MAP bietet zudem die Möglichkeit, das Fündigkeitsrisiko finanziell zu begrenzen. Auch im Rahmen des EEWärmeG wird über die Nutzungspflicht von Erneuerbaren Energien im Neubau der Ausbau von Geothermieranlagen angestoßen bzw. möglicherweise beschleunigt. Inwieweit hierdurch bereits Anreize zum Ausbau initiiert wurden, kann derzeit noch nicht bewertet werden, da diese Anlagen im Wettbewerb mit den übrigen Optionen zur Erfüllung der Nutzungspflicht des EEWärmeG stehen und aufgrund der langen Vorlaufzeiten bei Geothermievorhaben bisher Erfahrungen fehlen.

Handlungsempfehlungen

Kein Handlungsbedarf

1.1.4 Wärmepumpen

Erfüllung der Nutzungspflicht mit Wärmepumpen

Wärmepumpen (im Folgenden WP) werden zumeist zur primären Heizungs- und Warmwasserversorgung in Neubauten eingesetzt. Sofern sie den technischen Anforderungen und Qualitätsvorgaben nach Anlage III des EEWärmeG vom 12. April 2011 erfüllen und mindestens 50 % des Wärme- und Kältebedarf des Gebäudes abdecken, gilt die Nutzungspflicht als erfüllt.

Historische Entwicklung

Bis Ende der Neunziger Jahre lag der Absatz für Luft-Wasser-, Wasser-Wasser- sowie Sole-Wasser-Wärmepumpen insgesamt bei unter 10.000 Geräten pro Jahr. Ab dem Jahr 2006 ist ein starker Anstieg im Absatz zu verzeichnen, der 2008 durch die Aufnahme der Förderung für WP mit zusätzlicher Brauchwassererwärmung in das Marktanreizprogramm seinen Höhepunkt erreichte (62.500 Geräte).

2009 war der Absatz auf dem Wärmepumpenmarkt zum ersten Mal seit 1989 wieder rückläufig. Die Verbände BWP und BDH begründen den Rückgang der Absatzzahlen mit anhaltend niedrigen Energiepreisen, der schlechten Wirtschaftslage in diesem Jahr sowie dem Photovoltaik-Boom. 2010 stieg der Absatz von Luft-Wasser-WP wieder an und lag erstmalig vor dem der Sole-Wasser-WP. Der BWP hebt hierfür in erster Linie die günstigen Preise für Luft-Wasser-WP als Hauptgründe hervor. 2011 war auch bei den Sole-Wasser-WP wieder ein Anstieg der Verkaufszahlen zu verzeichnen. Insgesamt wurden annähernd 59.800 Geräte verkauft. Luft-Wasser-WP sind dabei weiter auf dem Vormarsch und haben ihre führende Marktrolle ausgebaut.

Der Anteil von reversiblen WP, der 2010 mit 3.300 Geräten bei 6,5 % am Gesamtabsatz und damit doppelt so hoch wie im Vorjahr lag, verdeutlicht das

28.02.2013

steigende Interesse privater Haushalte an klimatisierten Wohnräumen. Für 2011 liegen leider keine separaten Zahlen für reversible WP vor.

Brauchwasser-WP, die ausschließlich zur Erwärmung des Trinkwassers eingesetzt werden, hatten 2010 einen Absatzanteil von 16,5 % (8.400 Geräte). Trotz einem leichten Verkaufsanstieg in 2011 verringert sich der Anteil am Gesamtverkauf gegenüber dem Vorjahr um 1,5 %.

Ermittelte Anteile an der Nutzungspflichterfüllung

Der Anteil von Wärmepumpen als vorwiegend verwendete Heizenergie im Neubau von Wohngebäuden hat sich in den letzten Jahren mehr als jede andere Heiztechnik nach oben entwickelt. Lag der Anteil im Jahr 2000 noch unter 1 % bei den Baufertigstellungen, wurde 2010 sowie im Folgejahr bereits in 29 % der Fälle auf die Nutzung von Erd- bzw. Umweltwärme zurückgegriffen, womit die Wärmepumpe zum zweitwichtigsten Heizenergieträger im Wohngebäudeneubau geworden ist. Seit 1993 wurden laut Statistischem Bundesamt annähernd 150.000 Wärmepumpen in Neubauten installiert. Dabei kamen über 96 % in Wohngebäuden zum Einsatz.

Stand der Technik / Entwicklungstrends

Die Leistungszahl/coefficient of performance (COP) ist die Kennzahl zur Bewertung der Effizienz einer Wärmepumpe auf dem Prüfstand unter Normbedingungen. Bei Sole-Wasser-Wärmepumpen ist eine stetige Effizienzverbesserung von einem mittleren COP von 3,8 in 1993 bis 4,5 in 2003 zu verzeichnen. Danach ist erst 2011 eine weitere Steigerung auf den Wert 4,7 erkennbar. Luft-Wasser-Wärmepumpen haben sich von 1993 bis 2004 kontinuierlich von 2,3 auf 3,4 verbessert, stagnierten jedoch bis 2008 annähernd bei diesem Wert. 2009 und 2010 stieg der durchschnittliche COP erneut bis auf einen Wert von 3,8 an. 2011 ist keine weitere Effizienzsteigerung zu verzeichnen.

Die Jahresarbeitszahl (JAZ) spiegelt die Effizienz einer Wärmepumpe unter Realbedingungen über den Zeitraum eines gesamten Jahres und ist somit für die Effizienzbewertung besser geeignet als der COP. Betrachtet man andere Zeiträume als ein Jahr spricht man in der Regel von der ‚Arbeitszahl‘ (AZ). Feldtests haben ergeben, dass sich die JAZ im Zeitraum 1996 bis 2000 bei den Sole-Wasser-Wärmepumpen von 2,6 auf 3,7 verbessert hat. Die JAZ der Luft-Wasser-Wärmepumpen schwankt seit ca. 1997 um den Wert 2,6 und hat 2007 erstmals den Wert 2,7 im Schnitt erreicht.

Da die Effizienz einer Wärmepumpe von einer Vielzahl von Parametern abhängig ist, unterscheiden sich die JAZ von Wärmepumpen im Neubau und im Bestand deutlich. Aus diesem Grund führte das Fraunhofer-ISE getrennte Feldtests zur JAZ-Ermittlung durch. Für Erdreich-Wärmepumpen hat das ISE im Zeitraum 07/2007 bis 06/2010 eine durchschnittliche AZ von 3,9 im Neubau und im Zeitraum 01/2008 bis 12/2009 eine AZ von 3,3 im Bestand ermittelt. In den selben Zeiträumen bescheinigt das ISE

den Luft-Wasser-Wärmepumpen eine mittlere JAZ von 2,9 (Neubau) bzw. 2,6 (Bestand).

Ein aktueller Feldtest des ISE für WP, mit dem Fokus auf den Neubau, zeigt eine Weiterentwicklung der Effizienz nach oben: Luft-Wasser-WP erreichten 2010 eine mittlere JAZ von 2,9. 2011 wurde erstmals ein Arbeitszahl größer 3 erreicht. Auch die Erdwärmepumpen haben sich effizienzseitig weiterentwickelt. Blieb die JAZ 2010 noch unverändert gegenüber dem Vorjahr bei 3,9, wurde im Folgejahr erstmals eine JAZ von 4 erreicht.

Handlungsempfehlungen

Auf Basis der Ergebnisse der Untersuchung wird angeregt, eine Überprüfung der nach VDI 4650 berechneten JAZ nach einem Jahr durch einen unabhängigen Sachverständigen oder, wenn dies nicht möglich ist, durch den jeweiligen Fachhandwerker und Bauherrn durchführen zu lassen. Zu begründen ist dies damit, dass die Jahresarbeitszahl (JAZ) durch den Fachunternehmer nach der VDI-Richtlinie 4650 berechnet wird, wobei die Auswahl der richtigen Parameter, die der Berechnung zugrunde liegen, zumindest teilweise Ermessenssache des Fachunternehmers ist und einen großen Variationsspielraum bietet.

Alternativ könnte die Einführung einer verbindlichen Mindest-JAZ-Garantie vorgesehen werden, die der Fachunternehmer, welcher die Wärmepumpe installiert, dem Bauherren ausstellen muss.

Je höher die Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Heizkreis ausfällt, umso kleiner ist die JAZ der installierten Wärmepumpe. Eine klimafreundliche JAZ wird daher in der Regel nur beim Einsatz einer Flächenheizung und einem hohen Dämmstandard erreicht. Daher ist bzgl. der Neubauten zu empfehlen, dass nur Wärmepumpen in Kombination mit Flächenheizung und hohem Dämmstandard im Rahmen des Gesetzes genutzt werden können.

Da der Ausbau von Wärmepumpen die Stromnachfrage erhöht und somit zwangsläufig einen Ausbau von fossilen Mittel- und Spitzenlastkraftwerken bewirken kann, ist eine schrittweise Anhebung der JAZ sinnvoll. Die Verwendung unterschiedlicher JAZ für die verschiedenen Elektro-Wärmepumpen-Technologien ist im Hinblick auf die Klimaschutzziele der Bundesregierung aus wissenschaftlicher Sicht nicht zu begründen, da für den bezogenen Strom bei allen Wärmepumpentypen unabhängig von der Wärmequelle derselbe CO₂-Faktor herangezogen werden muss.

Empfehlenswert ist auch der Einbau eines Displays zur Echtzeit-Anzeige der Arbeitszahl, um die Effizienz des Systems einfach und verständnisvoll zu visualisieren und Korrekturbedarf an der Betriebsweise anzuzeigen.

Es bedarf weiterhin einer verstärkten Forschung zur Thematik „Wärmepumpen in Kombination mit einem aktiven Stromlastmanagement“, ob und wie weit die

28.02.2013

Wärmepumpen Potenziale haben, zum Strom-Lastmanagement beizutragen. Hierbei sind eine Vielzahl von Aspekten zu betrachten: Würde man Strom aus Erneuerbaren Energien-Anlagen vorrangig in Stromsenken wie Wärmepumpen leiten, würden die Verdrängungseffekte des EEG auf fossile und atomkraftbetriebene Kraftwerke ohne Notwendigkeit abgeschwächt werden und dazu führen, dass konventionelle Kraftwerke länger als geplant am Netz bleiben. Hinzu käme, dass diese Lasten für Nicht-Überschusszeiten vorgehalten werden müssten. Ein weiteres Problem ist, dass bei der Wandlung von Stromüberproduktionen aus erneuerbaren Energien in thermische Energie und Speicherung dieser in Wärmepuffer ein exergetischer Verlust stattfindet, indem wertvolle elektrische Energie in Wärme umgesetzt wird. Hinzu kommt, dass die durch das Lastmanagement notwendigen größeren Wärmepumpen-Pufferspeicher unmittelbaren negativen Einfluss auf die JAZ haben (Wärmeverluste, höhere notwendige Vorlauftemperatur etc.). Zudem sind Wärmepumpen, bei richtiger Planung, so ausgelegt, dass sie in der kalten Jahreszeit voll ausgelastet und rund um die Uhr in Betrieb sind; eine Schaltbarkeit ist also gerade zu Zeiten hoher Windstromanteile nicht mehr gegeben.

Eine Abschätzung möglicher Auswirkungen in der Zukunft wurde im Rahmen des V. Forschungsvorhabens zum EEG-Erfahrungsbericht durchgeführt. Unter Berücksichtigung der gewählten Wärmepumpen-Entwicklung und Verbreitung in 2050 sowie unter Berücksichtigung eines erhöhten Dämmstandards und verschiedener Speicherkonzepte wird dort der mögliche positive wie negative Lastbeitrag auf rund 1 TWh/a (unter Annahme einer Teilnahme aller installierten Wärmepumpen) abgeschätzt. Es handelt sich dabei um kurzfristige Speicheroptionen, wobei für 2050 davon ausgegangen wird, dass die Lastaktivierung bis zu 10 h, die Lastabschaltung bis zu 4 h im Schnitt andauern kann. [IZES 2011]

1.1.5 Raumluftechnische Anlagen (RLT) mit Wärmerückgewinnung (WRG)

Erfüllung der Nutzungspflicht durch Nutzung von Abwärme in raumluftechnischen Anlagen mit Wärmerückgewinnung

Die Nutzungspflicht im Rahmen des EEWärmeG für solche Anlagen gilt als erfüllt, wenn der Wärme- und Kälteenergiebedarf zu mindestens 50 % gedeckt wird. Dabei muss der Wärmerückgewinnungsgrad der Anlage mindestens 70 % betragen.

Historische Entwicklung

Die immer höheren Anforderungen an die Gebäudehülle und die damit verbundene Reduzierung des Transmissionswärmeverlustes bei gleichbleibenden Anforderungen an einen minimalen hygienischen Luftwechsel im Gebäude bringen es mit sich, dass die Lüftungswärmeverluste in Neubauten den größten Anteil der Wärmeverluste insgesamt ausmachen. Dementsprechend bieten sie auch das anteilig größte Potenzial zur Einsparung von Energie, welches insbesondere durch den Einsatz von Raumluftechnischen (RLT) Anlagen mit Wärmerückgewinnung (WRG) erschlossen werden kann. Solche Lüftungsanlagen werden heute standardmäßig in Passivhäusern und KfW-Effizienzhäusern 70, 55 und 40 (EnEV 2009) eingesetzt. Daher ist ihre Verbreitung insbesondere an die steigende Anzahl hocheffizienter

28.02.2013

Gebäude gekoppelt und hat sich seit der Einführung einer Förderung für Passivhäuser im Jahr 1999 und des Standards „KfW-Energiesparhaus 40“, im Jahr 2001 kontinuierlich entwickelt.

Ermittelte Anteile an der Nutzungspflichterfüllung

Der Anteil der Neubauten, die mit raumluftechnischen Anlagen inklusive WRG ausgestattet sind, hat sich seit 2005 bis Ende 2011 von etwa 5 % auf fast 40 % verachtfacht. Im Jahr 2009 lag der Anteil dabei noch bei etwa 25 % und hat sich alleine im Jahr 2010 um etwa 15 % erhöht bevor er im Jahr 2011 wieder leicht um 1 Prozent zurückgegangen ist. Durch die bereits ambitionierten energetischen Anforderungen der EnEV 2009 und der Förderprogramme der KfW-Bankengruppe (KfW) kann jedoch auch in Zukunft von einem großen bzw. wachsenden Anteil dieser Systeme in neuen Gebäuden ausgegangen werden. Diese Entwicklung wird durch die Entscheidung der Europäischen Kommission begünstigt, dass alle neuen europäischen Gebäude ab dem 01.01.2021 nahezu Nullenergiehausstandard haben sollen. Demzufolge dürften spätestens ab 2021 Lüftungsanlagen mit WRG im Neubau zum Standard werden.

Stand der Technik / Entwicklungstrends

Bei einer WRG Anlage wird die frische Außenluft vor der Verteilung in die Wohnräume über einen Wärmetauscher geleitet. Dabei wird die Außenluft durch die Abluft vorgewärmt bzw. im Sommer gekühlt. Beispielsweise kann die Wärmerückgewinnung bei einer Außentemperatur von -12°C und 22°C Innenraumtemperatur bis zu 95 % der Wärme der Abluft betragen. Die so temperierte Zuluft wird dann in die einzelnen Wohnräume geleitet. Um den Kreislauf zu schließen, wird die Abluft dann über einen Überstrombereich im Flur abgesaugt und über den Wärmetauscher (z.B. im Keller oder Dachboden) geleitet. Die Anlagen haben sich in den letzten Jahren und Jahrzehnten ständig weiterentwickelt und sind kontinuierlich effizienter geworden. In derzeit erhältlichen Hocheffizienz-Produkten werden inzwischen Wärmerückgewinnungsgrade von bis zu 95 % erreicht.

Handlungsempfehlungen

Auf Grund des EEWärmeG können keine wesentlichen zusätzlichen Wirkungen für den Einsatz von Wärmerückgewinnungsanlagen in raumluftechnischen Systemen erwartet werden, weil solche Anlagen künftig zum Standard in Gebäuden gehören werden, in denen Lüftungssysteme zum Einsatz kommen. Die Anerkennung als Ersatzmaßnahme im Kontext des EEWärmeG würde deshalb nur im sehr eingeschränkten Maße zu spezifischen klimapolitischen Zusatznutzen gegenüber der EnEV führen. Daher sollte eine Anerkennung für die Abwärmennutzung durch raumluftechnische Anlagen mit Wärmerückgewinnung entfallen.

1.1.6 Dezentrale Kraft-Wärme-Kopplung

Erfüllung der Nutzungspflicht durch dezentrale Kraft-Wärme-Kopplung

Dezentrale Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen werden zum einen als primäre Erfüllungsoptionen im Falle von gasförmiger Biomasse eingesetzt (vgl. 1.1.2), zum
28.02.2013

anderen als Ersatzmaßnahme bei Nutzung fossiler Energieträger. Die Nutzungspflicht gilt dann als erfüllt, wenn die KWK-Anlage als hocheffizient (entsprechend der EU Richtlinie 2004/8/EG) eingestuft ist und der Wärme- und Kältebedarf zu mindestens 50 % gedeckt wird.

Historische Entwicklung und Anteile an der Nutzungspflichterfüllung

Daten zur Installation von Mini-KWK-Anlagen stehen über die Förderstatistiken des „Impulsprogramm Mini-KWK“ und des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) zur Verfügung, mit deren Abwicklung das Bundesamt für Ausfuhrkontrolle (BAFA) betraut ist. Die vom BAFA erhobenen Daten beinhalten allerdings keine Differenzierung der installierten Anlagen nach Neubau oder Bestandsgebäude.

Der größte Teil der Anlagen liegt im kleineren Leistungsbereich von 4 - 6 kW_{el}. Im Hinblick auf die verwendeten Brennstoffe überwiegt eindeutig Erdgas mit rund 83 %. Daneben werden ca. 12 % der Anlagen mit Flüssiggas betrieben und lediglich ca. 4 % mit erneuerbaren Brennstoffen [BAFA 2010d]. Durch das Impulsprogramm wurden 220 Anlagen mit einer thermischen Leistung <12 kW in 2009 installiert. Unter der Annahme, dass der Anteil der KWK-Anlagen, die in Neubauten installiert werden, sich auf max. 10 % aller KWK-Anlagen beschränkt – entsprechend der Annahme in Kap. 4.1 zu Solarthermie – wären die in Neubauten 2009 installierten KWK-Anlagen von sehr unbedeutender Zahl (ca. 22 KWK-Anlagen mit einer Leistung von max. 12 kW_{th}). Für die Jahre 2009 bis 2011 wird daher von einem sehr geringen Anteil der Mini-KWK an der Nutzungspflichterfüllung ausgegangen.

Stand der Technik / Entwicklungstrends

Im Vergleich zu den Mini-KWK-Anlagen ist die Verbreitung von Mikro-KWK-Anlagen, die insbesondere für den Einsatz in Einfamilienhäusern und allgemein im Neubau mit geringem Wärmebedarf ausgelegt sind, bisher gering (ASUE 2010b). Allerdings ist aufgrund der neu auf den Markt gekommenen Geräte sowie der Vielzahl an Geräten, die sich in Entwicklungs- und Pilotphase befinden, eine starke Dynamik in der Marktentwicklung in den nächsten Jahren zu erwarten.

Handlungsempfehlungen

Die dezentrale Kraft-Wärme-Koppelung (Mikro- und Mini-KWK) wird in Wohngebäuden bislang nur im geringen Umfang eingesetzt, da sich die technologische Entwicklung der speziell für den Neubau geeigneten kleineren Anlagen erst am Anfang der Marktdurchdringungsphase befindet, jedoch eine große Dynamik aufweist. Es wird daher ausdrücklich empfohlen, die dezentralen KWK als Ersatzmaßnahme mit den derzeitigen Regelungen im EEWärmeG beizubehalten.

1.1.7 Maßnahmen zur Einsparung von Energie

Erfüllung der Nutzungspflicht durch Einsparung von Energie

Die Nutzungspflicht zum Einsatz Erneuerbarer Energien kann laut EEWärmeG ersatzweise auch durch Maßnahmen zur Einsparung von Energie, die über das Mindestmaß der Energieeinsparverordnung hinausgehen, eingehalten werden. Dafür müssen der nach EnEV 2009 errechnete Jahres-Primärenergiebedarf (Q_P) und die

28.02.2013

Anforderungen an die Gebäudehülle (bei Wohngebäuden der Transmissionswärmeverlust H_T' , bei Nichtwohngebäuden der Wärmedurchgangskoeffizient bezogen auf den Mittelwert der jeweiligen Bauteile \bar{U}) von Neubauten um mindestens 15 % unterschritten werden.

Historische Entwicklung

Der Jahres-Primärenergiebedarf Q_P setzt sich sowohl aus dem Heizwärmebedarf (Ergebnis der Wärmeverluste der Hülle) sowie ggf. Kältebedarf als auch aus zusätzlichen Energieaufwänden der verwendeten Anlagentechnik für Wärme- und Kälteerzeugung, der Verteilung, Speicherung und Übertragung der Wärme/Kälte sowie der elektrischen Hilfsenergien zusammen. Der Heizwärmebedarf kann beispielsweise durch eine verbesserte Dämmung (charakterisiert durch die U-Werte) der Außenwände, des Daches, der Bodenplatte und energetisch optimierter Außentüren und Fenster gesenkt werden. Zur Minimierung der Erzeugungsverluste sind effiziente Heizungsanlagen (d.h. mit hohen Nutzungsgraden) nötig; hier ist der Brennwertkessel aufgrund des Referenzgebäudes der EnEV der als Stand der Technik anzusetzende Mindeststandard.

Seit dem Jahr 1999 bietet die KfW Fördermaßnahmen für hoch effiziente Gebäude an, welche die Anforderungen der EnEV an den Jahres-Primärenergiebedarf sowie den Heizwärmebedarf übererfüllen und somit auch die Anforderungen des EEWärmeG erfüllen. Daher schätzen wir in diesem Bericht die Anzahl von Gebäuden, welche die Anforderungen des EEWärmeG zur Einsparung von Energie erfüllen, aufgrund der Anzahl geförderter Passivhäuser sowie KfW-Effizienzhäuser 70, -55 und -40 (EnEV2009) ab. Die Anzahl solcher errichteter Gebäude ist seit der Einführung von KfW-Fördermöglichkeiten im Jahr 1999 kontinuierlich gestiegen und hat insbesondere in den Jahren 2004 - 2007 ein enormes Wachstum erreicht.

Ermittelte Anteile an der Nutzungspflichterfüllung

Nach der verwendeten Methode lag der Anteil der neu errichteten Gebäude mit einer 15-prozentigen EnEV-Unterschreitung im Jahr 2009 bei etwa 40 % und ist im Jahr 2010 bereits auf etwa 60 % angestiegen, bevor er (trotz setzender Absolutzahlen) im Jahr 2011 wieder geringfügig um 2 % gesunken ist.

Stand der Technik / Entwicklungstrends

Der Trend lässt weiter steigende Anteile von Gebäuden mit deutlicher Unterschreitung der EnEV 2009-Anforderungen in der Zukunft erwarten. Zusätzlich verlangt die Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (GEEG-RL) von Neubauten, die ab 2021 errichtet werden, dass diese einem „Fast-Nullenergie-Gebäude“ entsprechen.

Ein Großteil der im Jahr 2011 errichteten Gebäude, welche die EEWärmeG-Anforderungen zur Einsparung von Energie erfüllten, wurden im KfW Effizienzhaus Standard 70 errichtet. Das entspricht einer 30 prozentigen Unterschreitung der Primärenergieanforderungen der EnEV und einer 15 prozentigen Unterschreitung der Wärmebedarfsanforderungen. Aber auch die Anzahl an effizienteren Gebäudetypen,
28.02.2013

wie dem KfW Effizienzhaus 55, 40 oder Passivhäuser steigt kontinuierlich. Diese Gebäudetypen unterschreiten die Anforderungen wesentlich und lassen somit erkennen, dass bereits heute sehr viel effizientere Gebäude als Stand der Technik verbreitet sind.

Handlungsempfehlungen

Aufgrund der signifikanten Erhöhung des Anteils der Gebäude, welche die Anforderungen der EnEV bereits heute um mindestens 15 % übererfüllen, sollten die Anforderungen an diese Ersatzmaßnahme deutlich erhöht werden. Dabei sollte die Bemessungsgrundlage ein allein auf die Gebäudehülle (Wärmedämmung und Wärmebrücken) bezogener Wert sein. Die Anwendung eines am Primärenergiebedarf ansetzenden Maßstabs ist nicht sinnvoll, weil der EE-Einsatz hierbei doppelt berücksichtigt würde. Mit Blick auf die auf einen schrittweisen Anstieg angelegten Anforderungen der Erneuerbare-Energien-Richtlinie und der Gebäude-Energieeffizienzrichtlinie sollte eine progressive Steigerung zu den jeweils maßgebenden Zeitpunkten (insbesondere für 2014/15) in Aussicht genommen werden.

Die Forschungsnehmer empfehlen dem BMU, gemeinsam mit dem BMVBS und dem BMWi auf eine Fortentwicklung des Energieeinsparrechts hinzuwirken, die den Klimaschutzzielen und den technologiepolitischen Zielen des EEWärmeG konsequent Rechnung trägt. Konkret im Hinblick auf die Anforderungen der EnEV für Neubauten sollte eine schrittweise Annäherung an den Passivhaus-Standard für alle Neubauten angestrebt werden. Der dann noch restliche Wärme- und Kälteenergiebedarf sollte möglichst mit Erneuerbaren Energien gedeckt werden.

Verbessert werden sollte die Abstimmung zwischen EEWärmeG und EnEV auch hinsichtlich der Effizienzanforderungen an Heizanlagen. Während das EEWärmeG mit anspruchsvollen Standards für EE-Anlagen arbeitet, sieht die EnEV solche bislang für konventionelle Heizanlagen nicht vor. Um diese Diskrepanz zu beheben, sollten auch für fossil betriebene Heizanlagen angemessen anspruchsvolle energetische Mindestanforderungen vorgegeben werden.

1.1.8 Wärmenetze

Erfüllung der Nutzungspflicht

Die gesetzliche Pflicht gilt als erfüllt, wenn die Ersatzmaßnahme Fernwärme bzw. -kälte die Vorgaben bezüglich der Anteile an erneuerbaren Energien, Abwärme oder hocheffizienter KWK gebäudebezogen und netzbezogen einhält. Kombinationen sind möglich. Der gebäudebezogene Anteil der erneuerbaren Energien und Ersatzmaßnahmen orientiert sich dabei an § 5 EEWärmeG, die Anteile von Abwärme, KWK sowie der Kombination aus mehreren dieser Quellen ist in Anhang VIII mit 50 % vorgegeben.

Historische Entwicklung

Die Anzahl der an die Fernwärme angeschlossenen Neubauten war seit Ende der 1990er Jahre bis 2005 in etwa konstant. In den Folgejahren ist bei Wohngebäuden ein Anschlussrückgang von 1998 bis 2008 um nahezu 50 % bezogen auf die jährlichen Installationen zu verzeichnen. Dagegen ist die Anzahl der Neuanschlüsse bei Nicht-Wohngebäuden mit rund 1.000 bis 1.400 Anschlüssen pro Jahr relativ konstant geblieben – der Median liegt bei rund 1.200. Aufgrund der zurückgehenden Bautätigkeit ist jedoch der Anteil der Fernwärme insgesamt von 4 % auf 6 % bei den Baufertigstellungen angestiegen. Der Zuwachs bei Nichtwohngebäuden stieg von 11,3 % im Jahr 2009 auf 22,8 % in 2011 (vgl. Abbildung 15). Aufgrund ihrer Anzahl prägen die Wohngebäude die Entwicklung der Fernwärmeanschlüsse und -anteile.

Ermittelte Anteile an der Nutzungspflichterfüllung

Da detaillierte Informationen der Länder nicht vorliegen, konnte lediglich der Anteil der Fernwärme an den Neubauten sowie der enthaltene Anteil an erneuerbaren Energien, hocheffizienter KWK und Abwärme im Bundesschnitt ermittelt werden. Der bundesdurchschnittliche Anteil an erneuerbaren Energien betrug nach derzeitiger Einschätzung rund 10 % in 2011 (inkl. des durch das EEWärmeG anerkannten biogenen Anteils von 50 % aus Abfallbehandlungsanlagen von Siedlungsabfällen). An der gesamten Fernwärmeerzeugung ist Kraft-Wärme-Kopplung anteilig am stärksten vertreten. Der Anteil an Wärme aus hocheffizienter KWK beträgt nach den hiesigen Einschätzungen, bezogen auf den gesamten Wärmeabsatz aus Wärmenetzen, rund 42 %. Damit hält der Bundesdurchschnitt aus Kraft-Wärme-Kopplung (42 %) zusammen mit dem Anteil aus erneuerbaren Energien (10 %) die geforderten 50 % aus anrechenbaren Energiequellen gemäß Anhang VIII des EEWärmeG ein.

Stand der Technik / Entwicklungstrends

Der Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung in Wärmenetzen liegt seit Jahren bei rund 70 %, wobei es bislang keine Informationen dazu gibt, wie hoch daran der Anteil hocheffizienter KWK ist, der gemäß Anhang VIII EEWärmeG mindestens 50 % als Voraussetzung für die Erfüllung des Gesetzes betragen muss. Eine eigene Umfrage bei 126 kommunalen Wärmenetzbetreibern kam zu dem Ergebnis, dass der Anteil der Wärme aus hocheffizienter KWK daran im Durchschnitt 60 % beträgt.

Der Wärmenetzausbau im Zusammenhang mit erneuerbaren Energien wird insbesondere über das MAP, aber auch durch das KWKG gefördert. Weiterhin besteht eine Fördermöglichkeit über das Gesetz über die Gemeinschaftsaufgabe "Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes" (GAKG), welches Investitionen in Infrastrukturmaßnahmen und dabei auch Wärmenetze unterstützt. Hierzu gibt es jedoch noch keine bundesweiten Evaluationsergebnisse.

Handlungsempfehlungen

Da die Wärmenetze im Bundesdurchschnitt bereits 70 % KWK erreichen, andererseits aber auch Verteilverluste von rund 12 % vorweisen, wird angeregt, die

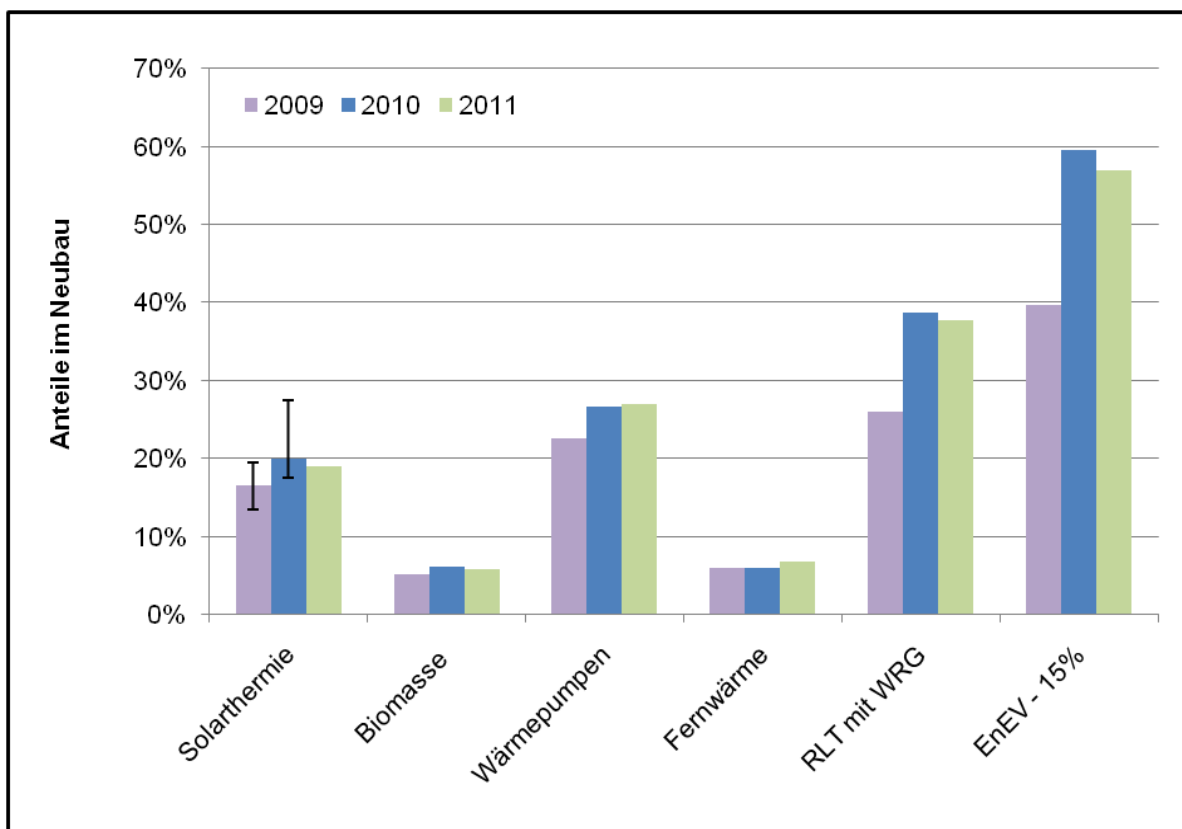
28.02.2013

Anteile wie folgt anzuheben: Erhöhung des Mindestanteils an hocheffizienter KWK im Wärmenetz auf 70 %, mittelfristig Vorgabe eines Mindestanteils an erneuerbaren Energien von mindestens 20 %.

Da einige Netze aus der Erhebung erhebliche Netzverluste aufgewiesen haben, sollte eine zusätzliche Einschränkung auf nur solche Netze erfolgen, die nicht mehr als 15 % Verluste ausweisen. Eine periodische Überprüfung (z.B. alle zwei Jahre) wäre sinnvoll. Hierzu könnten die abgerechneten Wärmemengen der Verbraucher (zzgl. Eigenverbrauch in Gebäuden der Erzeugungsunternehmen, sofern diese nicht abgerechnet werden) den in das Netz abgegebene Wärmemengen gegenübergestellt und durch eine(n) Wirtschafts- oder Buchprüfer(in) testiert werden. Alternativ könnte die Einhaltung von Mindestanforderungen an die Wärmenetzdämmwerte als ausreichender Nachweis angesehen werden. Dies sollte jedoch nur Einsatz finden, wenn administrative Gründe gegen die zuvor genannte periodische Prüfung sprechen.

1.1.9 Übersicht zur Nutzungspflichterfüllung im Neubau

Vorliegende Abschätzungen oder Erhebungen sowie hier entwickelte Methoden zur Abschätzung der Anteile im Neubau weisen auf deutliche Schwächen der Daten / geschätzten Werte hin und erlauben somit keine definitive Aussage über die Anteile der erneuerbaren Energien bzw. der Ersatzmaßnahmen im Neubau; sie geben jedoch einen ungefähren Überblick über die Nutzungsanteile. **Abbildung 1** zeigt die Nutzungsanteile von erneuerbaren Energien sowie von Ersatzmaßnahmen, die basierend auf verschiedenen Daten und teils eigenen methodischen Entwicklungen abgeschätzt wurden.



RTL: Raumtechnische Anlagen, WRG: Wärmerückgewinnung, EnEV-15 %: EnEV Unterschreitung um 15 %; Summiert sich nicht auf 100 %, da mehrere Maßnahmen gleichzeitig zutreffen können. Biomassebetriebene EEG-Anlagen sind in der Rubrik Fernwärme enthalten.

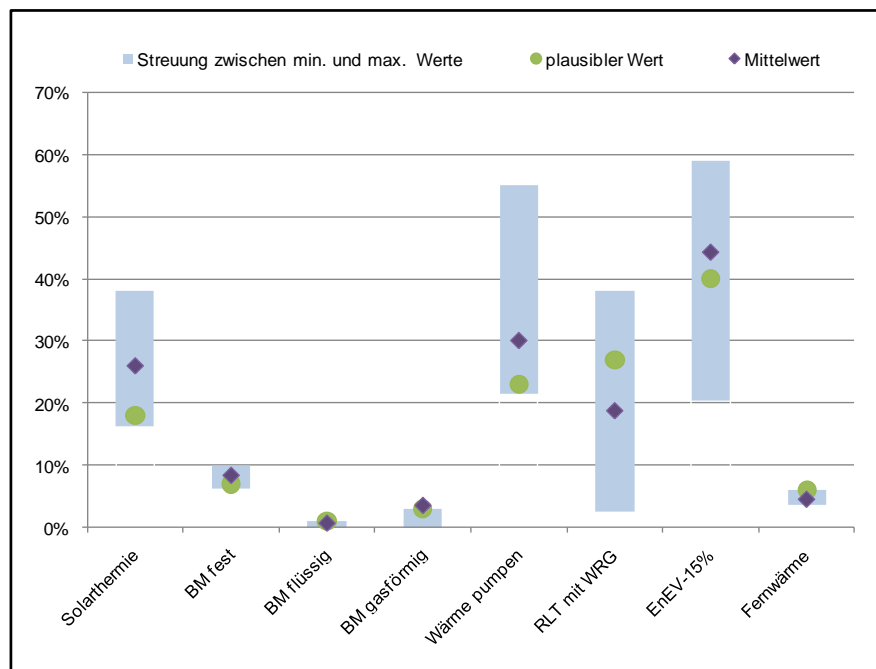
Abbildung 1: Nutzungsanteile von erneuerbare Energien Wärmeherzeugungsanlagen und Ersatzmaßnahmen im Neubau, 2009 und 2010, eigene Abschätzung, in %
[eigene Darstellung]

Zur besseren Einordnung der Abschätzungsergebnisse wird im Folgenden eine Synopsis der verschiedenen Erhebungsergebnisse und der eigenen Abschätzungen erstellt, die sich je nach Technologie auf unterschiedliche Erhebungen oder Methoden stützt und die Erfüllungsoptionen teils mit einer geschätzten Bandbreite ausweisen. Dargestellt sind Spannweiten und Mittelwerte sowie Werte, die unter Berücksichtigung aller Datengrundlagen und Abschätzungen als plausible Werte anzusehen sind. Als Ergebnis lässt sich festhalten, dass die eigenen Abschätzungen den plausiblen Werten entsprechen.

Für Aussagen über den Einsatz von Wärmepumpen und Fernwärme werden die Daten der Baustatistik als sehr aussagekräftig angesehen, da diese meist als primäre Heizenergie Einsatz finden und nicht ergänzend genutzt werden. Sie entsprechen weitgehend den hier ausgeführten eigenen Abschätzungen. Zur Erfüllung der EnEV (-15 %) sind die Ergebnisse der eigenen Abschätzungsmethodik anzulegen. Dadurch werden auch Übererfüllungen des EEWärmeG wie zum Beispiel durch Kombination von EnEV (-15%) mit einer Wärmepumpe erfasst. Selbiges gilt für die Raumluftechnischen Anlagen (RLT) mit Wärmerückgewinnung (WRG). Da der

Einsatz der Solarthermie meist nur als sekundäres Heiz-/ Warmwasser-aufbereitungssystem Einsatz findet, sind die Aussagen der Baufertigstellungsstatistik bisher nicht verwertbar, jedoch diese der Baugenehmigungsstatistik 2010 (erstmalig in 2010 mit sekundären Heizenergieträgern). Hier wird auf eigene Abschätzung unter Berücksichtigung der neuesten Daten abgestellt (Baugenehmigungen). Bei Biomasse liegen die als plausibel erachteten eigenen Abschätzungen etwas über oder unter denen der Baustatistik, da Biomasse im geringen Umfang auch ergänzend zu einem weiteren Heizsystem eingesetzt werden kann.

Die für 2009 und 2010 als plausibel angesehenen Anteile sind in nachfolgender Graphik dargestellt, ebenso der Mittelwert aus allen vorliegenden Daten bzw. Abschätzungen sowie die Spannweite zwischen dem untersten und obersten Wert der diversen Abschätzungen. Da zur Abschätzung der Anteile in 2011 überwiegend auf die Baufertigstellungsstatistik zurückgegriffen wird, konvergieren die Werte auf einen Punkt. Daher erübrigt sich eine solche Darstellung für 2011.



RTL: Raumtechnische Anlagen, WRG: Wärmerückgewinnung, EnEV-15 %: EnEV Unterschreitung um 15 %; Summiert sich nicht auf 100 %, da mehrere Maßnahmen gleichzeitig zutreffen können.

Abbildung 2: Anteile von erneuerbaren Energien Wärmeerzeugungsanlagen und Ersatzmaßnahmen im Neubau, 2009, Streuung, Mittelwert und plausible Werte, in % [eigene Darstellung]

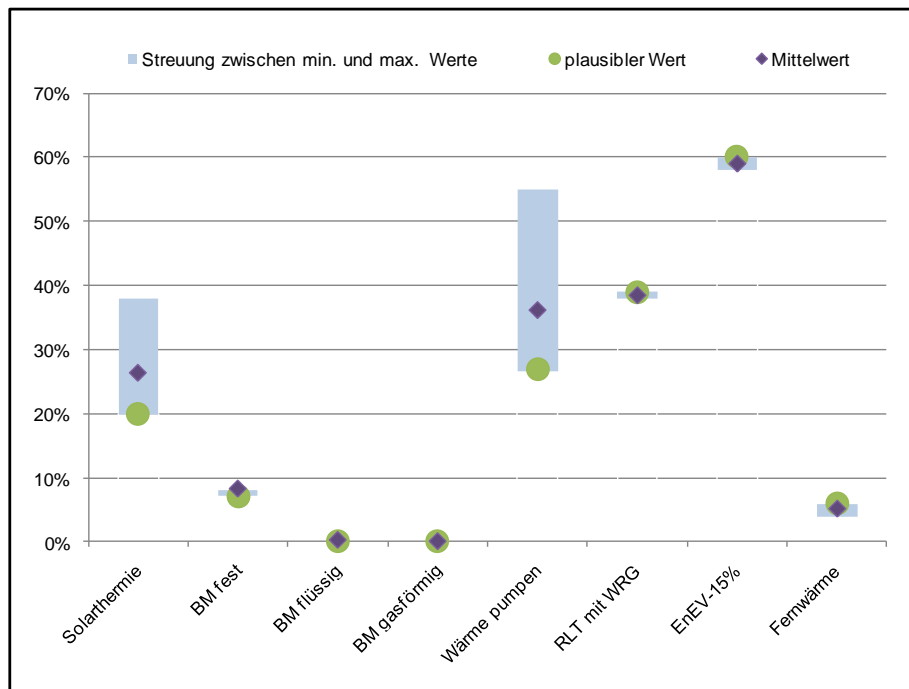


Abbildung 3: Anteile von erneuerbaren Energien Wärmeerzeugungsanlagen und Ersatzmaßnahmen im Neubau, 2010, Streuung, Mittelwert und plausible Werte, in % [eigene Darstellung]

1.1.10 Prozesswärme

Im EEWärmeG wird keine Nutzungspflicht von erneuerbaren Energien für Prozesswärme und -kälte vorgeschrieben. Da Prozessenergie aber einen bedeutenden Anteil an der Nutzung von Wärme und Kälte in Deutschland hat, erfolgt in diesem Projekt eine komprimierte Abhandlung zum Thema. Der Prozesswärmebedarf beträgt in Deutschland ca. 550 TWh/a; der Gesamtwärmebedarf (inkl. Kälte) liegt bei ca. 1.450 TWh. Demnach gibt es für fast 40 % des Gesamtwärmebedarfes Deutschlands keine Nutzungspflicht von erneuerbaren Energien.

Prozesswärme zeichnet sich durch eine breite Vielfalt – u.a. im Hinblick auf die eingesetzten Technologien zur Wärmeerzeugung, die verwendeten Brennstoffe und das erforderliche Temperaturniveau aus, da bei vielen verschiedenen industriellen Prozessen Wärme benötigt wird und das Energieangebot aufgrund von örtlichen Gegebenheiten unterschiedlich sein kann. Ein Großteil des Prozesswärmebedarfes fällt im Temperaturbereich unter 200°C an, in dem erneuerbare Energien besonders gut eingesetzt werden können. Neben einer deutlichen Steigerung bei der Energieeffizienz steht eine Vielzahl technischer Optionen zur Wärmeversorgung mit Erneuerbaren Energien bereit.

Prozesskälte und Prozesskühlung

Die Erzeugung von Kälte in stationären und mobilen Anlagen bzw. Geräten ist eine unverzichtbare Voraussetzung für Herstellung, Transport und Lagerung von temperaturempfindlichen Produkten und Lebensmitteln, für die Durchführung

industrieller und gewerblicher Prozesse und Verfahren sowie für die Klimatisierung von Gebäuden und Fahrzeugen. Vor allem im Temperaturbereich von 0°C bis ca. minus 20°C kann mit dem Einsatz von Sorptionskältemaschinen ein hohes Potenzial zur Reduzierung der THG-Emissionen erschlossen werden, sofern die zur Regenerierung erforderliche Wärme durch erneuerbare Energien bereitgestellt wird. Für den Temperaturbereich ab unter ca. -20°C ist das Potenzial aufgrund des technisch bedingten Einsatzes von elektrisch betriebenen Kompressionskältemaschinen weitestgehend auf die Nutzung von Strom aus erneuerbaren Energien beschränkt. Aufgrund der vielseitigen Anwendungen, technischen Auslegungen und Betriebsweisen sind statistische Daten aber nur beschränkt verfügbar.

1.1.11 Energiebedarfsrechnungen, Kosten und Wirtschaftlichkeit der erneuerbaren Energien Technologien

Den in Kapitel 7 erläuterten Wirtschaftlichkeitsberechnungen liegen Energiebedarfsrechnungen zu Grunde, die anhand der in Kapitel 6 definierten Referenzgebäude durchgeführt sind. Es sind jeweils vier unterschiedliche Sanierungsstandards für Einfamilien-, Mehrfamilienhäuser und Bürogebäude festgelegt (unsanierter und sanierter Bestand, EnEV 2009- und Passivhaus-Neubau). Weiterhin ist ein Supermarkt-Neubau enthalten. Pro Referenzgebäude und Sanierungsstandard wurden unterschiedliche Versorgungssysteme berechnet, siehe Kapitel 6. Es werden Heizwärme- und Warmwasserbedarfe sowie Endenergie- und Primärenergiebedarfe im Vergleich dargestellt.

Gegenstand des 7. Kapitels ist eine Wirtschaftlichkeitsanalyse der unterschiedlichen Versorgungsvarianten. Hierzu werden die Jahresgesamtkosten (€/a) auf Grundlage der kapitalgebundenen, betriebsgebundenen und verbrauchsgebundenen Kosten angegeben, sowie die spezifischen Wärmegestehungskosten (€/kWh). Dabei wird berücksichtigt, dass sowohl EEWärmeG als auch EnEV 2009 zusammen zu erfüllen sind. Über alle Technologien hinweg lässt sich die Aussage treffen, dass die Jahresgesamtkosten mit zunehmendem Energiestandard abnehmen und die spezifischen Wärmegestehungskosten zunehmen. Um eine Aussage über die Wirtschaftlichkeit eines Systems im Vergleich zu einem anderen System zu treffen, sollten die Jahresgesamtkosten im Vergleich betrachtet werden. Für eine genaue Gegenüberstellung der Versorgungssysteme und Referenzgebäude wird auf Kapitel 6 bzw. den Anhang verwiesen.

1.1.12 Kosten- und Nutzenwirkungen des EEWärmeG im Wärmebereich Nutzenwirkungen durch das EEWärmeG

Neben dem unmittelbaren Beitrag des EEWärmeG zum Ausbau der erneuerbaren Wärme bei Gebäuden (Neubau) sind weitere positive Wirkungen des EEWärmeG mit Blick auf die Schonung fossiler Ressourcen, Nachhaltigkeit der Energieversorgung, Reduzierung der Importabhängigkeit sowie die Kosten des Ausbaus zu betrachten:

- **Schonung fossiler Ressourcen durch das EEWärmeG:**
Durch die in 2011 erstellten Neubauten entsteht ein jährlicher Endenergiebedarf im Wohnungsneubau (EFH und MFH) in Höhe von rund 1,4 TWh. Dieser Endenergiebedarf verteilt sich auf fossile und erneuerbare Energieträger, wobei Erdgas (56%) und Heizöl (12%) sowie Umweltwärme (15%) und feste Biomasse (5%) dominieren. Im Nicht-Wohnungsbau (Neubau 2011) besteht ein Endenergieeinsatz von rund 1,4 TWh p.a., wobei hier der Großteil auf Erdgas entfällt. Insgesamt kommen im Neubau 2011 erneuerbare Energien in Höhe von knapp 0,7 TWh zum Einsatz; der restliche Energiebedarf (über 2,1 TWh) wird durch fossile Energieträger gedeckt.
- **Eingesparte Ressourcen durch das EEWärmeG:**
Durch den Einsatz erneuerbarer Energien werden durch jeden Neubau-Jahrgang jährlich derzeit rund 90 Mio. m³ Erdgas und 40 Mio. Liter Heizöl eingespart. In den Neubauten seit 2009 wurden in 2011 insgesamt rund 102 Mio. l Heizöl und rund 264 Mio. m³ Erdgas eingespart.
- **Vermiedene Umweltbelastungen als Nutzenwirkung des EEWärmeG**
Im Neubau 2011 ergeben sich durch das EEWärmeG jährliche Einsparungen an CO₂ - Äquivalenten in Höhe von rund 217.000 t (in 2009 und 2010 zwischen 205.000 und 225.000 t), wobei die Nutzungspflicht für Erneuerbare Energien mit rund 38 % dazu beiträgt. In 2011 werden somit durch den Neubau seit 2009 insgesamt Emissionen von 646.000 t CO₂ - Äquivalenten eingespart.
Die durch die Nutzungspflicht und die Ersatzmaßnahmen des EEWärmeG bedingten Emissionen an SO₂ Äquiv., steigen durch den Neubau in 2011 geringfügig an. Die Emissionen von Staub steigen durch den Einsatz erneuerbarer Energien an, während sie durch die Ersatzmaßnahmen vermindert werden. In der Summe ist ein Anstieg zu verzeichnen.

Differenzkosten durch das EEWärmeG

Die Berechnung der durch das EEWärmeG anfallenden Differenzkosten für das Jahr 2009 beruhen auf einem systemanalytischen Ansatz, der sich an die Ausarbeitungen zu den Differenzkosten im Wärmebereich von FhG ISI [ISI et al. 2010] bzw. [Bürger, Steinbach, und Ragwitz 2010] anlehnt. Demnach sind die systemanalytischen Differenzkosten im Wärmebereich als annuitätische Erzeugungsmehr- oder Minderkosten der erneuerbaren Energien Wärmebereitstellungstechnologien gegenüber den jeweiligen fossilen Referenzsystemen auf Vollkostenbasis definiert.

Die Berechnung der Differenzkosten des EEWärmeG erfolgt unter Berücksichtigung des Kompensationsprinzips der EnEV. Dabei wird der nach EnEV geringere Dämmstandard im Falle des Einsatzes von erneuerbaren Energien angenommen bzw. ein höherer Dämmstandard beim Einsatz fossiler Technologien. Die substituierbaren fossilen Referenztechnologien werden entsprechend der Absatzzahlen der Wärmeerzeuger gewichtet.

Tabelle 1 zeigt die resultierenden Ergebnisse entsprechend der unterschiedlichen Annahmen. Die Differenzkosten liegen für 2009 bei rund 37 Mio. € (bzw. bei 49 Mio. € ohne Berücksichtigung des Kompensationsprinzips der EnEV). Dabei ist anzumerken, dass die Kosten einen theoretischen Maximalwert darstellen, da sie unter der Annahme berechnet werden, dass alle Anlagen bereits zu Jahresbeginn installiert worden sind. Da die Differenzkosten die jährlichen Mehr- oder Minderkosten darstellen, beinhalten die Jahre 2010 und 2011 jeweils auch die Kostenwirkungen der in den Vorjahren installierten Anlagen. Die Differenzkosten summieren sich im Jahr 2010 und 2011 demnach auf rund 77 Mio. € bzw. 101 Mio. €

Tabelle 1: Ergebnisse der Differenzkostenberechnung nach unterschiedlichen Annahmen

[Berechnung FhG-ISI]

Gewichtung fossile Technologien	Mit EnEV Kompensationsprinzip	Ohne EnEV Kompensationsprinzip
2009	37 Mio. €	50
2010	77 Mio. €	100
2011	100 Mio. €	135

1.1.13 Vollzug des Gesetzes

Vier Jahre nach dem Inkrafttreten des EEWärmeG haben lediglich acht Bundesländer konkrete Bestimmungen über den Vollzug des Gesetzes erlassen (Baden-Württemberg, Bayern, Bremen, Hessen, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Saarland). In allen anderen Bundesländern befinden sich die Regelungen noch in einem Stadium vor der Verabschiedung, teils sogar noch in einem recht frühen Stadium (Referentenentwurf) oder lediglich in Vorbereitung.

Die meisten Bundesländer belassen es in ihren existierenden oder vorgesehenen Rechtsvorschriften bei der Festlegung von Zuständigkeiten für den Vollzug, halten sich also im Grundsatz an das Vollzugskonzept des Bundesgesetzes. Sie verzichten damit auf eigenständige ergänzende, abweichende oder auch in die materielle Seite hineinragenden Bestimmungen. Praktisch heißt das vor allem: Die Feststellung der Übereinstimmung mit den technischen Anforderungen der Anlage zum EEWärmeG obliegt Sachkundigen, die Verpflichteten müssen die Belege dazu der zuständigen Behörde vorlegen, und es erfolgt eine stichprobenartige Kontrolle durch die Behörden; lediglich die Bezugsnachweise für die Lieferung von biogenen Heizstoffen sind direkt bei einer behördlichen Stelle einzureichen.

28.02.2013

In einigen Bundesländern wurden allerdings Vollzugsregelungen implementiert bzw. befinden sich derzeit in der Diskussion, die als Abweichungen vom Bundesrecht im Sinne von Art. 84 Abs. 1 Satz 2 GG einzustufen sind.

In Bremen werden, in Anlehnung an das landesspezifische Vollzugskonzept der EnEV, die nach dem Konzept des EEWärmeG lediglich (einfachen) Sachkundigen obliegenden Aufgaben der Vollzugskontrolle für große Gebäude stattdessen an speziell anerkannte Sachverständigen für energiesparendes Bauen übertragen (für kleine Gebäude können alternativ "einfache" Sachkundige involviert werden). Dabei wird auf die Vorlage der Belege bei den Behörden verzichtet werden.¹

In Nordrhein-Westfalen wird praktisch der umgekehrte Weg beschritten. Dort werden (einfache, also keinem besonderen Anerkennungsverfahren unterliegende) Sachkundige mit den gesamten Vollzugsaufgaben betraut (mit Ausnahme der Bezugsnachweise für biogene Heizstoffe). Dabei wird sowohl auf die Pflicht zur Vorlage der Belege bei der Behörde als auch auf eine behördliche Stichprobenkontrolle verzichtet.

1.1.14 Instrumentenoptionen für den Gebäudebestand

Im Rahmen der Untersuchung wird schließlich überblicksartig erörtert, welche Gestaltungsmöglichkeiten dem deutschen Gesetzgeber zur Verfügung stehen, um für den Bereich des Gebäudebestands eine im Vergleich zum bisherigen System der finanziellen Förderung aus öffentlichen Haushalten ausgeprägtere und weniger schwankungsabhängige Förderwirkung für die Nutzung von erneuerbaren Energien erreichen zu können.

In der Gesamtbewertung zeigt sich, dass es den „Königsweg“ eines in jeder Hinsicht besten Steuerungsinstruments für die Nutzung erneuerbarer Energien im Gebäudebestand nicht gibt.

Herauszuheben sind folgende Gesichtspunkte:

- Aus der EE-Richtlinie 2009/28/EG folgt grundsätzlich die Notwendigkeit, die bestehende anteilige Nutzungspflicht bis 31.12.2014 auf einen (kleinen) Teil des Gebäudebestands auszudehnen – nämlich auf Gebäude, an denen größere Renovierungsarbeiten vorgenommen werden.
- Um Konflikte mit der EE-RL zu vermeiden, sollte bei Realisierung eines anderen/weiteren Instruments sichergestellt werden, dass die Nutzungspflicht für neue sowie für bestehende Gebäude mit größeren Renovierungsarbeiten unangetastet bleibt. Das geht sowohl durch klare Abgrenzung der Anwendungsbereiche als auch im Wege einer Überlappung, solange dabei die Geltung der Nutzungspflicht nicht beschränkt wird.
- Das bei haushaltsabhängiger Förderung grundsätzlich bestehende Problem mangelnder Verlässlichkeit aus Investorensicht lässt sich nicht nur durch ein

¹ Eine vergleichbare Regelung wird auch für Berlin diskutiert.

haushaltsunabhängiges Instrument lösen, sondern auch dadurch, dass ein gesetzlicher Anspruch auf Förderung festgelegt wird. Das weitere Problem des nötigen Haushaltsvolumens ließe sich über eine (freiwillige) Fondslösung oder über eine Erhöhung der Energiesteuer auf fossile Heizstoffe angehen.

- Eine Ausweitung des Nutzungspflichtmodells auf den gesamten Gebäudebestand ist vergleichsweise konfliktträchtig und dürfte daher auf Akzeptanzprobleme stoßen. Diese Schwierigkeit könnte zwar durch eine wahlweise zu zahlende Ersatzabgabe oder die Ermöglichung eines Gutschriftenhandels abgemildert, aber nicht vollständig beseitigt werden.
- Die haushaltsunabhängigen Anreizinstrumente des Bonus-/Prämien- oder Quoten-/Portfoliomodells sind von ihrer Wirkungsweise her positiv zu beurteilen, aber regelungs- und vollzugstechnisch vergleichsweise aufwändig. Bei einem Bonusmodell würden diejenigen Unternehmen in die Pflicht genommen, die in Deutschland Heizstoffe in Verkehr bringen. Dieses Modell hat den Vorteil, dass durch die in ihm angelegte technologisch differenzierte Mindestvergütung von vornherein eine stabile wirtschaftliche Planungsgrundlage geschaffen würde. Im Quotenmodell müsste durch geeignete Flankierungen sichergestellt werden, dass keine Verzerrungen in der Anreizwirkung zu Gunsten bzw. zu Lasten bestimmter Technologien entstünden (technologiebezogene Gewichtungsfaktoren, Mindestpreisregelung). Sofern ein Quotenmodell bevorzugt werden sollte, kann einerseits der Großhandel mit Heizstoffen, andererseits auch der Einzelhandel mit Heizanlagen adressiert werden, in letzterem Fall würde die Anreizregelung genau an der Stelle ansetzen, an der die Endnutzer die Entscheidung über die Wahl des Energieträgers treffen: bei dem Erwerb neuer Heizanlagen. Insbesondere für das Quotenmodell mit seinen verschiedenen denkbaren Varianten stellt sich im Übrigen eine Vielzahl von Ausgestaltungsfragen, die noch zu klären wären, bevor eine endgültige Bewertung ausgesprochen werden kann.

1.2 English Summary

This final report on the project "Preparation and supervision of the production of a progress report as per Art. 18 of the Renewable Energies Heat Act (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz, EEWärmeG)" is intended to support the German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU) in drawing up the progress report on the Renewable Energies Heat Act for the German Federal Government. This version incorporates data until 21 June 2012. Calculations were updated until December 2012.

The report presents the developments of renewable energies in the heating market estimated based on statistical data – for renewable energies which fulfil the mandatory use requirements as well as acceptable alternative measures. In addition to this, profitability calculations for technological implementation are provided taking German Energy Savings Ordinance (Energiesparverordnung, EnEV) and the Renewable Energies Heat Act (EEWärmeG) in defined buildings and in their nationwide relevance into account. It also investigates the avoided environmental damage and the substitution of fossil energies. This summary will be completed by a description of how the law is implemented and future amendments to the law recommended by the research institutes.

1.2.1 Solar radiation energy

Fulfilment of the mandatory use with solar radiation energy

Using solar radiation energy in new buildings fulfils the requirements of the Renewable Energies Heat Act (EEWärmeG) if it supplies at least 15% of the heating and cooling energy requirements. For simplified verification, this minimum percentage is considered fulfilled if the solar thermal system has more than 0.04 (0.03 for more than two residential units) square metres of aperture area per square metre of residential space.

Historic development

Solar radiation energy is being used to an increasing extent, but spreading at different speeds in various sectors. Relevant factors which characterise the distribution of solar thermal energy include the number and size of the installed solar energy systems and the useful energy they provide. The latter increased from roughly 1,000 GWh in 1999 to roughly 5,600 GWh in 2012 [BSW-Solar 2012]. The new collector surface area installed every year of 420,000 m² in 2000 increased to over 1.6 million m² in 2009. In 2010, the new collector surface area installed dropped to roughly 1.3 million m² and remained at this level in 2011. [BSW-Solar 2011; BSW-Solar 2012].

Proportion of mandatory use fulfilment calculated

As a result of insufficient data on installation of solar thermal systems in new buildings and changing data situation and promotion conditions, it must be estimated using various methodical approaches.

The estimate for 2009 is largely based on data on the collector surface area from the *Renewable Energy Statistics Workgroup* (Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik, AGEE-Stat) and figures on construction completion from the Federal Statistical Office. According to calculations for 2009, almost 16% of new buildings use solar radiation energy. For 2010, this figure is estimated to be just under 20%. On average, the estimates of the historic percentages since 1999 have indicated an increase in new buildings with solar thermal systems. The percentages reported for 2010 are based on past values from the MAP-BAFA data (2009), which indicate that at least 12% of solar collectors installed were used in the construction of new residential buildings. Based on the data on secondary heating systems in new buildings (construction approvals in 2010), we can derive a level of approximately 21%.

For 2011, the Federal Statistical Office provided data for the first time on primary and secondary heating energy in completed buildings. These figures indicate that 19% of new buildings (residential buildings and non-residential buildings) use solar thermal energy.

State of the art/development trends

Solar radiation energy systems are largely used for decentralised provision of heating and hot water. The MAP subsidy figures of the last ten years reveal a clear trend to fewer systems exclusively for water heating and to more combined systems which include heating support. They already accounted for half of the subsidised systems as early as 2008.

Central supply of local solar heating offers significant potential for development, both technologically – via higher solar coverage (in particular when using long-term storage) – and economically. However, there are only a few systems of this kind. For example, this is due to insufficient expertise and the special challenges as a result of implementing suitable low temperature heat networks.

Other areas of application for solar radiation energy include cooling systems powered by solar thermal energy and solar-supported process heat, which are both still a niche market. Joint activities by industrial system manufacturers and solar panel producers to provide integrated industry or system-specific solutions (e.g. Green Alliance by Eisenmann and Ritter Solar) would seem an excellent opportunity and an important future trend for overcoming existing barriers for process heat.

Recommended actions

The recommended actions for solar thermal energy involve efficiency requirements, the size-specific verification process and the minimum percentage for mandatory

28.02.2013

use:

In addition to the existing *Solar Keymark* quality requirement in the Renewable Energies Heat Act (EEWärmeG), we recommend incorporating the efficiency requirements of the market incentive program in EEWärmeG as well.

We also recommend increasing the final energy-specific minimum percentage for evaluation. This is intended to prioritise on combined systems, which offer climate protection benefits, and to meet potential increased requirements in the German Energy Savings Ordinance (EnEV). The latter increases energy requirements for the building envelope which, other things being equal, increases the percentage of the relative thermal energy required for water heating.

1.2.2 Biomass

1.2.2.1. Solid biomass

Fulfilment of the mandatory use requirements with solid biomass

When using solid biomass in new buildings, the Renewable Energies Heat Act (EEWärmeG) is fulfilled if it provides at least 50% of heating and cooling energy, and if the systems governed by the 1st Federal Immission Control Act (Bundesimmissionsschutzverordnung, BimSchV) are biomass boilers or automatic-feed biomass furnaces with water as the heat transfer medium. To fulfil the obligations in accordance with EEWärmeG, a boiler efficiency of at least 86% (up to 50 kW thermal output) or 88% (boiler with a thermal output greater than 50 kW) is required.

Historic development

Use of solid biomass as a primary heating source has grown rapidly since approx. 2001. Before 2001, they still accounted for less than 1%. Since then, the percentage has grown annually (with the exception of 2008 and most recently 2011). Relative to renewable energies in the overall heating sector (new and existing buildings), wood-fired systems are most widespread, accounting for roughly 80 percent of the heat generated from renewable energies. Small furnace systems for solid organic fuels are most prevalent in residential buildings. These are largely individual furnace systems such as chimney stoves, tiled stoves etc. for heating individual rooms. Still, almost a fifth of households heating with wood already has a wood-fired central heating system (wood gasification boiler, pellet central heating, wood chip heating systems etc.), which are also used to heat domestic water. In 2010, only roughly 1% of buildings were supplied with heat from solid biomass via pellets, and roughly 0.2% by wood-chip heating systems. Heat was largely provided via split logs from the woods, garden and landscape.

Proportion of mandatory use fulfilment calculated

The calculation of the number of biomass heating systems used as primary systems in new buildings is based on the data for “Main source of heating energy used” on completed new buildings from the Federal Statistical Office. Based on the new

28.02.2013

survey forms used for building approvals since 2010, solid biomass in accordance with the EEWärmeG accounts for roughly 87% of "Other heating energy used" in residential buildings, and roughly 75% in non-residential buildings. Use of biomass in individual stoves was not incorporated as it only fulfils the requirements of EEWärmeG in exceptional cases. These exceptions include biomass stoves which pass on most of the heat to the water circuit of a central heating system; however, the percentage of these systems which also fulfil the EEWärmeG requirements was considered relatively insignificant to date and therefore ignored.

Based on the number of new buildings constructed, biomass heating systems accounted for a relative proportion of roughly 5.4% in residential buildings and almost 9% in non-residential buildings.

State of the art/development trends

In terms of the technologies used, main distinctions can be made between central and decentral furnaces, and automatic and manual feeding. Central heating systems generally provide thermal energy for both hot water and heating. Decentral furnaces or stoves are generally – with some exceptions – for direct room heating or do not meet the technical requirements of EEWärmeG due to the usually lower efficiencies and/or the lack of a connection to the central heating system.

Pellet furnaces and pellet-based central heating systems have reached a very high level of technological development. Advances in wood-fired systems have increased their efficiency by about 30% in the past 25 years.

Recommended actions

The recommended actions for solid biomass involve the efficiency requirements for the heating systems.

As the efficiency of biomass boilers has increased significantly in recent years, and various condensing biomass units with efficiencies of over 96% are already available on the market, the efficiency requirements could be aligned with the state-of-the-art technology gradually over time. In order to incentivise technical developments in this area in general, the efficiency requirements should be increased to 90 – 92% in future (currently 86 – 88%).

1.2.2.2. Liquid biomass

Fulfilment of the mandatory use with liquid biomass

When using liquid biomass, the requirements are fulfilled if at least 50% of the heating and cooling energy is supplied. Also, the boiler must use the best technology available (condensing boiler) and meet the requirements of the Biomass Electricity Sustainability Regulation (with special consideration for calculating the greenhouse gas reduction potential).

Historic development

Use of liquid biomass (exclusively or as an additive to heating oil) is insignificant as yet. Due to the lack of relevance of liquid bioenergy sources for direct heat supply, there is also no information on their use. Development was boosted slightly locally in Baden-Württemberg, where mandatory use requirements also apply to existing buildings. It can be fulfilled by using 10% bioenergy. Accordingly, with existing oil heating systems, the requirements can be met by adding 10% biodiesel to the heating oil with limited additional investments.

Proportion of mandatory use fulfilment calculated

It is not practically possible to meet the requirement of 50% energy demand coverage with liquid bioenergy, or only possible in exceptional cases, except for buildings with multiple heat generators. According to experts, the market share of bio-oil on the heating oil market between 2009 and 2011 was significantly less than 1%, and is therefore not currently relevant.

State of the art/development trends

Use of liquid biomass in accordance with EEWärmeG can be implemented by adding bio-oils or biodiesel to heating oil or burning 100% bio-oil in condensing oil boiler heating systems or CHP systems. Heat from bio-oil-fired EEG (Renewable Energy Sources Act) systems (CHP systems) provides the majority of thermal energy from liquid biomass for new buildings (incorporated in Chapter 1.2.8). Since 1 January 2012, electricity from new liquid biomass electricity generation systems is no longer remunerated under the Renewable Energy Sources Act (Erneuerbare-Energien-Gesetz, EEG).

A challenge when using liquid biomass is the requirement of a 50% heat supply. Adding biodiesel to heating oil is virtually the only technically and practically relevant option. However, as biodiesel is chemically more reactive than heating oil, care is required to ensure that the biodiesel is technically perfectly compatible with the system components throughout the entire chain of central storage, transport, local storage, pipelines and heating system. The limit is currently approx. 5 to 10% of added biodiesel, and further increases would take significant investments in infrastructure.

The expansion potential for adding bio-oils to existing oil heating systems in the building stock is fundamentally high (approx. 6 million oil heating systems in Germany), but is highly dependent on the future political environment.

Recommended actions

No need for action.

1.2.2.3. Gaseous biomass

Fulfilment of the mandatory use requirements with gaseous biomass

The EEWärmeG only recognises the use of gaseous biomass if it is used in CHP systems and supplies at least 30% of the heating and cooling energy. Biogas use is generally used in EEG CHP systems (see chapter 4.1.7 on Heating networks and Chapter 4.1.5). Chapters 5.2 and 10.4.2 give detailed explanations on this CHP requirement. Chapter 4.1.3 also describes why biogas must be treated differently to the other fulfilment options from a methodical point of view.

Historic development

At the end of 2011, there were 7,200 biogas plants in Germany with a total electrical output of approx. 2850 MW and a heat output of approx. 7.3 – 8.3 TWh_{th} [DBFZ, 2012]. The construction rate of biogas systems is highly dependent on the development of the EEG remuneration structure. Before 2000, there were very few biogas systems. The figure increased moderately until 2004. The amendment of the EEG in 2004 marked a sharp rise in biogas use, which gained further impetus in 2009 and 2010. The latest change to the remuneration structure was in early 2012. Market participants (German Biogas Association (Fachverband Biogas), German Biomass Research Centre (Deutsches Biomasseforschungszentrum, DBFZ) and others) all report that new installation rates in 2012 are far lower than in 2011.

Proportion of mandatory use fulfilment calculated

The percentage of heat extraction from biogas systems cannot be distinguished by new and old buildings. As most heat from biogas systems is used in heating networks, the percentage of mandatory use is incorporated there.

The ability to purchase biomethane for private households is a new development (first possible in 2009, but only fulfils the use requirement per the EEWärmeG if used in (mini-)CHP systems). The use will increase, however it is difficult to make market forecasts, also due to the price development for natural gas. At the end of 2011, 83 biogas treatment plants were operational in Germany, most of which operated as CHP systems.

State of the art/development trends

Biogas system technology has improved significantly in the last ten years. The state of the art reached can – besides minor further optimisation options – probably only be further improved with major investments (addition of enzymes, thermal pressure hydrolysis, specialised bacteria species). Where these technical development options can be implemented profitably must be proven in individual cases, without assuming general development opportunities.

The further development is highly dependent on the current EEG tariffs, which were adapted again in 2012, and whose effects continue to be monitored.

Recommended actions

No need for action.

1.2.3 Deep geothermal energy

Fulfilment of the mandatory use requirements with deep geothermal energy

If at least 50% of the heating and cooling requirement of the building can be supplied from deep geothermal energy, the mandatory use requirement is considered fulfilled. As it is generally supplied directly via heating networks, the other general information is provided in that section.

Historic development

There are currently roughly 165 systems using deep geothermal energy (electricity generation, district heating, building heating, thermal baths, aquifer storage) in operation in Germany [geotis 2012]. These systems – including additional energy sources for peak load coverage or fail safety – fed roughly 710 GWh in 2011. Of that, roughly 50% was fed into district heating and building heating, and the rest into thermal baths. In total, 14 systems with 113.2 MW_{th} are connected to district heating networks and 61 systems supply buildings directly with 3.8 MW_{th}.

Proportion of mandatory use fulfilment

As a result of the lack of legal information obligation, but also often due to the lack of data from the system operators, the individual connections cannot be attributed to new buildings or existing buildings. The percentages can only be presented as a German average within the heating networks. According to appraisals based on statistical figures and own estimates, they account for roughly 0.2% of the entire district heat supply.

State of the art/development trends

According to the German Geothermal Association (Bundesverband Geothermie, GtV), 20 projects are currently under construction and 74 projects are in planning. The technical information on the planned systems is quite sparse, so that so far no statements can be made on the planned thermal capacity.

The expansion of geothermal systems is currently largely promoted with three instruments. They include the EEG with the feed-in tariff for geothermal electricity generation, plant subsidies (geothermal plants and drilling) and subsidies for local heating networks with a high proportion of renewable energy (including deep geothermal energy), both in the market incentive program for renewable energy (MAP). MAP also restricts the discovery risk financially. Under the EEWärmeG, the mandatory use of renewable energy in new buildings will also act as an incentive or potentially accelerate the expansion of geothermal systems. The extent to which this has already acted as an expansion incentive cannot be evaluated at the moment, as these systems compete with the other options for fulfilling the mandatory use requirements under the EEWärmeG, and there is a lack of experience due to the long lead times for geothermal projects.

28.02.2013

Recommended actions

No need for action.

1.2.4 Heat pumps

Fulfilment of the mandatory use requirements with heat pumps

Heat pumps (hereinafter HP) are generally used for primary heating and hot water supply in new buildings. If they fulfil the technical and quality requirements per Appendix III to the EEWärmeG dated 12 April 2011, and supply at least 50% of the building's heating and cooling requirements, the obligatory use requirements are considered fulfilled.

Historic development

Until the end of the nineties, sales of air-water, water-water and brine-water heat pumps did not exceed 10,000 total devices per annum. From 2006 on, sales increased strongly, reaching their peak in 2008 thanks to the introduction of subsidies for HP with additional domestic water heating in the market incentive program (62,500 units).

In 2009, sales on the heat pump market decreased for the first time since 1989. The German Heat Pump Association (Bundesverband Wärmepumpe, BWP) the Federal Industrial Association of Germany House, Energy and Environmental Technology (Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V., BDH) explain the decrease in sales figures with enduring low energy prices, the unfavourable economic situation in this year and the photovoltaics boom. In 2010, the sales of air-water HP increased again, surpassing sales of brine-water HP for the first time. BWP points to the low prices for air-water HP as the main reason for this. In 2011, the sales figures for brine-water HP increased again. In total, almost 59,800 units were sold. Air-water HPs continue to grow in popularity and have expanded their position as market leaders.

The percentage of reversible HPs, 6.5% of the total sales at 3,300 units in 2010, or twice as high as in the previous year, reveals the increasing interest of private households in air-conditioned homes. Unfortunately, there are no separate figures for reversible HPs in 2011.

Domestic water HPs, only used to heat drinking water, accounted for 16.5% of sales in 2010 (8,400 devices). In spite of a slight increase in sales in 2011, the proportion of overall sales decreased by 1.5% compared with the previous year.

Proportion of mandatory use fulfilment calculated

The percentage of heat pumps used as the primary heating energy source in new residential buildings has risen more than any other heating technology in recent

years. While they accounted for less than 1% of construction completions in 2000, geothermal or environmental heat was already used in 29% of completions in 2010 and the following year, making heat pumps the second most prevalent heating energy source in construction of new buildings. Since 1993, the Federal Statistical Office has recorded installations of almost 150,000 heat pumps in new buildings. Over 96% are used in residential buildings.

State of the art/development trends

The coefficient of performance (COP) is the figure for evaluating the efficiency of a heat pump on a test bench under standard conditions. For brine-water heat pumps, a constant improvement of efficiency from an average COP of 3.8 in 1993 to 4.5 in 2003 can be observed. After that, a further increase to 4.7 did not occur until 2011. Air-water heat pumps improved continuously from 1993 to 2004, rising from 2.3 to 3.4, after which they stagnated at virtually the same value until 2008. In 2009 and 2010, the average COP increased again to a value of 3.8. No further efficiency increases were achieved in 2011.

The annual performance factor (APF) reflects the efficiency of a heat pump under real conditions over one whole year, and is therefore more suitable for evaluating efficiency than COP. When considering periods other than one year, the unit is generally called the performance factor (PF). Field tests revealed that the APF of brine-water heat pumps improved from 2.6 to 3.7 between 1996 and 2000. The APF of air-water heat pumps has fluctuated around 2.6 since roughly 1997, and reached an average of 2.7 in 2007 for the first time.

As the efficiency of heat pumps depends on a variety of parameters, the APF of heat pumps differs significantly in new buildings and existing buildings. For this reason, Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, Fraunhofer-ISE) ran separate field tests to determine the APF. For soil heat pumps, the ISE determined an average PF of 3.9 in new buildings from 07/2007 to 06/2010 and an average PF of 3.3 in existing buildings from 01/2008 to 12/2009. In the same periods, the ISE found that air-water heat pumps had an average APF of 2.9 (new buildings) or 2.6 (existing buildings).

A recent field test by ISE for HP, focusing on new buildings, reveals a further increase in efficiency: in 2010, air-water HPs achieved an average APF of 2.9. In 2011, a PF higher than 3 was achieved for the first time. The efficiency of geothermal heat pumps was also improved. While the APF in 2010 remained unchanged compared with the previous year at 3.9, an APF of 4 was reached for the first time in the following year.

Recommended actions

Based on the results of the study, we recommend having the APF calculated based on VDI 4650 reviewed by an independent expert after one year. If this is impossible, we recommend that the qualified installer or owner of the system calculate the figure. This is due to the fact that the annual performance factor (APF) is calculated by the
28.02.2013

specialist company in accordance with VDI Directive 4650, whereby the selection of the parameters on which the calculation is based is at least partially open to interpretation by the specialist company and offers a significant scope for variation.

Alternatively, the introduction of a binding minimum APF guarantee could be required, which the specialist company installing the heat pump must issue to the owner.

The higher the temperature difference between the heat source and the heating circuit, the lower the APF of the installed heat pump. Therefore, climate-friendly APFs are only reached using floor heating systems and a high standard of insulation. Therefore, we recommend that only heat pumps combined with floor heating systems and high insulation standards are used in accordance with the laws in new buildings.

As increasing numbers of heat pumps increases the demand for electricity and this inevitably leads to an expansion of fossil medium and peak load power plants, a gradual increase of the APF makes sense. The use of different APFs for the various electric heat pump technologies cannot be explained from a scientific perspective with regard to the German Government's climate protection goals, as the same CO₂ factor must be applied for all heat pump types regardless of the type of installed technology.

The installation of a display showing the performance factor in real-time is recommended to visualise the efficiency of the system simply and comprehensibly and warn operators if the settings need correcting.

Further research is required into heat pumps combined with active electricity load management in order to determine whether and to which extent heat pumps could contribute to electricity load management. A variety of aspects must be considered: If electricity from renewable energy systems is fed into electricity sinks like heat pumps with priority, the displacement effects of the EEG on fossil and nuclear power plants would be weakened unnecessarily and require conventional power plants to remain on grid longer than planned. In addition to this, these loads would have to be maintained for times without surpluses. Another problem is that converting excess electricity produced from renewable energies into thermal energy and storing it in heat buffers cause exergy losses, by converting electric energy into heat. In addition to this, the larger heat pump buffer storage facilities required for load management have a direct negative effect on the APF (heat losses, higher supply temperature required etc.). In addition, correctly planned heat pumps are designed to operate at full capacity and around the clock in winter; accordingly, switching is no longer possible when there is a lot of electricity from wind power.

As part of the fifth research project for the EEG progress report, possible future effects were estimated. Taking the selected heat pump development and distribution in 2050 as well as higher insulation standards and different storage concepts into
28.02.2013

account, the potential positive and negative load contributions were estimated at 1 TWh/a (assuming participation of all installed heat pumps). They are short-term storage options, whereby the assumption for 2050 is that load activation can take up to 10 h and load deactivation can take up to 4 h on average. [IZES 2011]

1.2.5 Heating, ventilation and air conditioning systems (HVAC) with heat recovery (HR)

Fulfilment of the mandatory use requirements using waste heat in heating, ventilation and air conditioning systems with heat recovery

The mandatory use requirement of the EEWärmeG for these systems is considered fulfilled when at least 50% of the heating and cooling energy is supplied. The heat recovery degree of the system must be at least 70%.

Historic development

The ever increasing requirements of building envelopes and the associated reduction of transmission heat losses with constant requirements for minimal hygienic air circulation in the building mean that ventilation heat losses in new buildings account for the highest proportion of heat losses overall. Accordingly, they also offer the greatest proportional potential for energy savings which can be implemented in particular using heating, ventilation and air conditioning systems (HVAC) with heat recovery (HR). These ventilation systems are currently in use as standard in passive houses and KfW Efficient Houses 70, 55 and 40 (EnEV 2009). As a result their spread is associated in particular with the increasing number of high-efficiency buildings and has grown continuously since the introduction of subsidies for passive houses in 1999 and the KfW energy-saving house 40 standard in 2001.

Proportion of mandatory use fulfilment calculated

The percentage of new buildings equipped with air conditioning systems including HR has increased eightfold from 5% to almost 40% between 2005 and the end of 2011. In 2009, the proportion was still roughly 25% and increased roughly by 15% in 2010 alone, but decreased slightly by 1 per cent in 2011. As a result of the already ambitious energy requirements of EnEV 2009 and the subsidy programs of the KfW Bank Group (KfW Bankengruppe), it can be assumed that a significant or increasing proportion of these systems will be used in new buildings. This development is supported via the decision of the European Commission that all new buildings in Europe will have to comply with virtual zero energy standard from 01/01/2021 on. Accordingly, air conditioning systems with HR will be standard in new buildings from 2021 on.

State of the art/development trends

In HR systems, fresh air from outside passes a heat exchanger before distribution in the rooms. The exhaust air heats or cools (in summer) the outside air as it does so. For example, heat recovery can reach 95% of the heat of the exhaust air at an

external temperature of -12 °C and 22 °C internal temperature. The conditioned intake air is then routed into the individual rooms. In order to close the circuit, the exhaust air is then extracted via an overcurrent area in the hall and passes the heat exchanger (e.g. in the cellar or attic). The systems have been developed constantly in recent years and decades and have become consistently more efficient. Heat recovery efficiencies of up to 95% are possible with the high-efficiency products currently available.

Recommended actions

Based on the EEWärmeG, no major additional effects for the use of heat recovery systems in air conditioning systems can be expected, as these systems will become standard in future air conditioned buildings. The recognition as an alternative measure in the context of EEWärmeG would therefore only lead to specific marginal benefits in terms of climate policy compared with EnEV. As a result, recognition of waste heat use in air conditioning systems with heat recovery should therefore be dropped.

1.2.6 Decentralized combined heat and power generation

Fulfilment of the mandatory use requirements via decentralised combined heat and power

Decentralised combined heat and power systems are used as a primary fulfilment option for gaseous biomass, and as an alternative measure for the use of fossil fuels. The obligatory use requirement is considered fulfilled if the CHP system is classified as highly efficient (in accordance with EU Directive 2004/8/EC), and at least 50% of the heating and cooling energy is supplied.

Historic development and proportion of mandatory use requirement fulfilment

The subsidy statistics of the Mini-CHP incentive program (Impulsprogramm Mini-KWK) and the German CHP Act (Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz, KWKG), for which the Federal Office of Economics and Export Control (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, BAFA) is responsible, provide information on the installation of mini CHP systems. However, the data gathered by BAFA does not differentiate between systems installed in new or existing buildings.

Most of the systems are in the lower power range of 4 - 6 kWel. Natural gas is by far the most commonly used fuel, with 83%. It is followed by liquid gas in 12% of the systems and just 4% run on renewable fuels [BAFA 2010d]. 220 systems with a thermal output <12 kW were installed in 2009 via the incentive program. Assuming that the percentage of CHP systems installed in new buildings is limited to max. 10% of all CHP systems – in accordance with the assumption in Chap. 4.1 on solar thermal energy – the CHP systems installed in new buildings in 2009 would be an insignificant number (approx. 22 CHP systems with an output of max. 12 kWth). Therefore for 2009 to 2011, it is assumed that mini CHP systems make an extremely minor contribution to fulfilment of mandatory use requirements.

State of the art/development trends

Compared with mini CHP systems, the spread of micro CHP systems which are designed in particular for use in single-occupancy houses and generally in new buildings with low heat requirements is slow to date (ASUE 2010b). However, thanks to the new devices launched on the market and the number of devices in development and pilot phases, the market is expected to grow strongly in the years to come.

Recommended actions

Decentralized combined heat and power generation (micro and mini CHP) is only used in few residential buildings as yet, as the technological development of smaller systems particularly suitable for new buildings is in the early stages of market penetration, in spite of its highly dynamic nature. Therefore, we expressly recommend maintaining decentralized CHP as an alternative measure with the current regulations in EEWärmeG.

1.2.7 Energy saving measures

Fulfilment of mandatory use requirements by saving energy

Under EEWärmeG, the obligatory use requirement for renewable energy can also be fulfilled via energy saving measures, which exceed the minimum requirements set forth in the German Energy Savings Ordinance (EnEV). To do so, the annual primary energy requirement (Q_P) calculated in accordance with EnEV 2009 and the building envelope requirements (for residential buildings the transmission heat loss H_T' , and the heat transfer coefficient for the average of the respective components \bar{U} for non-residential buildings) of new buildings must be at least 15% lower than the EnEV requirements.

Historic development

The annual primary energy requirement Q_P consists both of the heating requirement (result of heat losses of the envelope) and any cooling requirements, as well as additional energy required for the system technology used to generate heating or cooling, and for distributing, storing and transferring the heating/cooling, and auxiliary electricity. For example, the heating requirement can be reduced by improving the insulation (characterised by the U values) of the external walls, the roof, the base plate and energy-optimised external doors and windows. Efficient heating systems (i.e. systems with high efficiencies) are required to minimise generation losses; condensing boilers are the minimum standard applicable as the state of the art based on the EnEV reference building.

Since 1999, KfW has offered subsidies for high-efficiency buildings which fulfil the EnEV annual primary energy requirements and exceed the requirements for heating, and thus also fulfil the requirements of the EEWärmeG. Accordingly, this report estimates the number of buildings which fulfil the energy saving requirements per EEWärmeG based on the number of passive houses and KfW Efficient Houses 70,

55 and 40 subsidised (EnEV2009). The number of these buildings constructed has increased continuously since the introduction of KfW subsidies in 1999, reaching an immense level of growth in particular between 2004 and 2007.

Proportion of mandatory use fulfilment calculated

According to the method used, roughly 40% of new buildings constructed exceeded the EnEV requirements by 15% in 2009. This figure even reached roughly 60% in 2010, decreasing slightly by 2% in 2011 (in spite of increasing absolute figures).

State of the art/development trends

The trend leads us to expect further growth in the number of buildings significantly exceeding the EnEV 2009 requirements in future. The Overall Energy Efficiency of Buildings Directive (Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, GEEG-RL) also requires that buildings constructed from 2021 must be almost zero-energy buildings.

A majority of buildings constructed in 2011 which fulfilled the EEWärmeG energy saving requirements were built to KfW Efficient House 70 standards. That is 30 percent better than the primary energy requirements of EnEV and 15 percent better than the heating requirements. The number of more efficient building types such as KfW Efficient House 55, 40 or passive houses is increasing all the time. These building types far exceed the requirements, which indicates that today far more efficient buildings are already common as the state of the art.

Recommended actions

Due to the significant increase in the number of buildings which already exceed the EnEV requirements by at least 15%, the requirements for this alternative measure should be increased significantly. The assessment should be based exclusively on the building envelope (thermal insulation and thermal bridges). The application of a standard based on the primary energy requirements makes no sense as it would incorporate renewable energy use twice. With a view to the Renewable Energy Directive (Erneuerbare-Energien-Richtlinie) and Building Energy Efficiency Directive (Gebäude-Energieeffizienzrichtlinie) requirements designed for a gradual increase, progressive raises at key points in time (especially for 2014/2015) should be targeted.

The research institutes recommend that the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU), the Ministry of Transport, Building and Urban Affairs (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, BMVBS) and the Federal Ministry of Economics and Technology (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, BMWi) work towards a development of an energy saving law which consistently reflects the climate protection goals and the technology policy goals of the EEWärmeG. Specifically with regard to the requirements of EnEV for new buildings, a gradual increase for all new buildings to passive house standards should be the target. The remaining heating and cooling energy

28.02.2013

requirements should be supplied from renewable energy where possible.

The coordination between EEWärmeG and EnEV should also be improved with regard to the efficiency requirements for heating systems. While the EEWärmeG applies demanding standards for renewable energy systems, the EnEV has no such requirements for conventional heating systems. In order to eliminate this discrepancy, suitably demanding minimum energy requirements should be set for fossil fuel-based heating systems.

1.2.8 Heating networks

Fulfilment of the mandatory use requirements

The legal obligation is considered fulfilled if the alternative measure of district heating or cooling meets the specifications for the percentage of renewable energy, waste heat or high-efficiency CHP both for the building and the network. Combinations are possible. The building specific percentage of renewable energy and alternative measures is based on Art. 5 of EEWärmeG, while the percentages of waste heat, CHP and the combination of several of these sources is specified as 50% in Appendix VIII.

Historic development

The number of new buildings connected to district heating networks remained largely constant from the end of the 1990s until 2005. In subsequent years, the annual installation of connections in residential buildings decreased almost 50% from 1998 to 2008. By contrast, the number of new connections of non-residential buildings remained relatively constant, at roughly 1,000 to 1,400 connections per year, with a median of roughly 1,200. As a result of the decrease in construction activity, district heat increased from 4% to 6% of building completions. The growth in non-residential buildings rose from 11.3% in 2009 to 22.8% in 2011 (see). Due to their number, residential buildings influence the development of district heat connections and proportions.

Proportion of mandatory use fulfilment calculated

As the German Federal States (Länder) do not provide detailed information, the proportion of district heating in new buildings and the contribution of renewable energy, high-efficiency CHP and waste heat to this heating can only be determined in a national average. According to current estimates, the national proportion of renewable energy was roughly 10% in 2011 (including the biogenic proportion of 50% from waste treatment plants of municipal waste recognised by the EEWärmeG). Combined heat and power generation is the most prevalent heat source in district heating generation. According to our calculations, the heat from high-efficiency CHP plants accounts for roughly 42% of the total heat output from heating networks. The German average of combined heat and power generation (42%), together with the contribution of renewable energy (10%), thus complies with the required 50% from

offsettable energy sources per Appendix VIII of EEWärmeG.

State of the art/development trends

The proportion of combined heat and power generation in heating networks has been roughly 70% for years. However, there is no information on how much of this is from high-efficiency CHP, which must be at least 50% to fulfil the legal requirements per Appendix VIII of EEWärmeG. An independent survey of 126 municipal heating network operators found that on average 60% of heat is supplied from high efficiency CHP.

The expansion of heating networks in conjunction with renewable energies is promoted in particular via MAP, but also via the CHP Act (KWKG). There is also an option for subsidies via the Law on the Joint Task "Improvement of the Agricultural Structure and Coastal Protection" (Gesetz über die Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“, GAKG), which supports investments in infrastructure, including heating networks. However there are no national evaluation results for this yet.

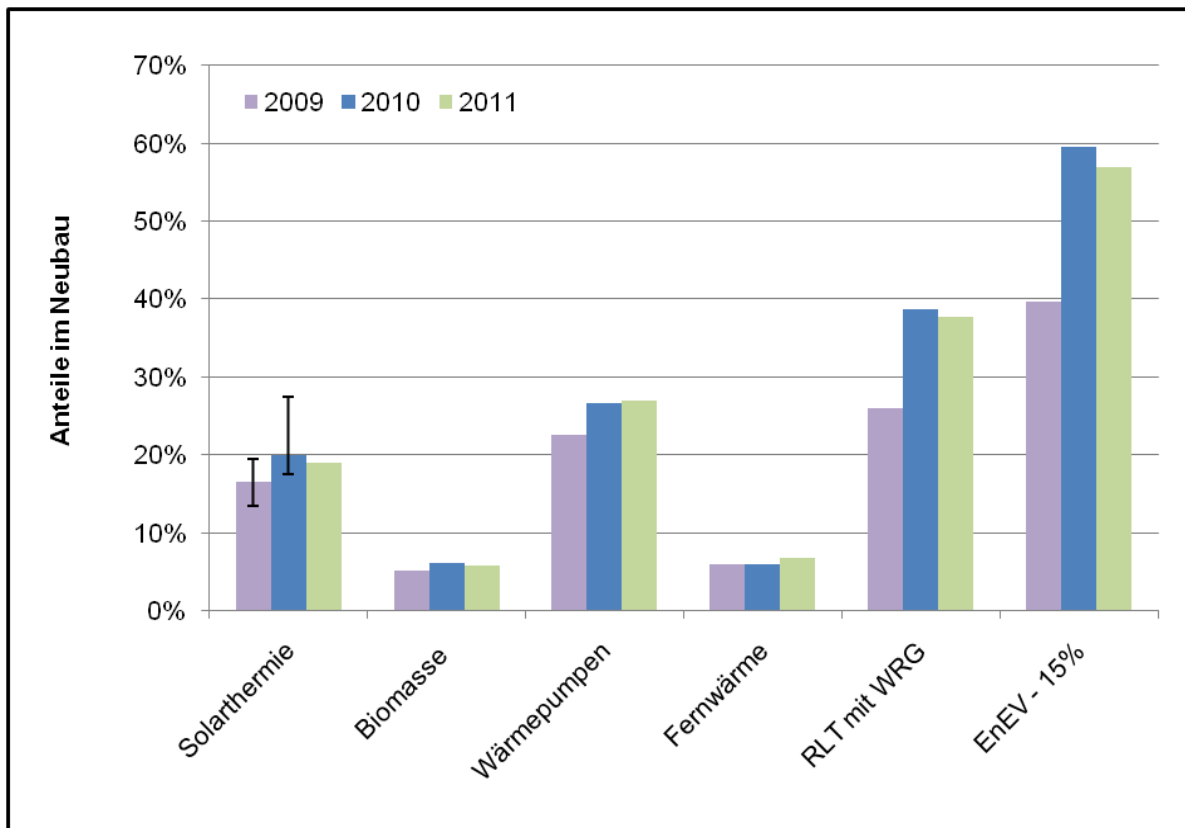
Recommended actions

As heating networks already reach a national average of 70% CHP, but also have distribution losses of roughly 12%, we recommend increasing the proportions as follows: increasing the minimum proportion of high-efficiency CHP in heating networks to 70%, and requiring a minimum of 20% renewable energy in the medium term.

As some networks in the survey had significant network losses, an additional restriction to networks with less than 15% losses should be implemented. A periodic review (e.g. every two years) would make sense. The heat quantities invoiced to the consumers (plus own consumption in the buildings of the generation companies, if they are not invoiced) could be compared with the heat quantities fed into the network, and attested by an accountant or auditor. Alternatively, compliance with minimum requirements for heating network insulation values could also be considered as sufficient proof. However, that should only be applied if the above-mentioned periodic review is not possible for administrative reasons.

1.2.9 Overview of fulfilment of mandatory use requirements in new buildings

The present estimates or surveys and the methods for estimating the proportions in new buildings reveal significant weaknesses in the data/estimated values and thus do not permit definitive statements on the proportions of renewable energy or alternative measures in new buildings; however, they do provide a rough overview of the percentage use. FigureAbbildung 3 shows the percentage use of renewable energy and alternative measures estimated based on various data and some methods developed by the authors.



HVAC: Heating, Ventilation and Air Conditioning Systems, HR: Heat Recovery, EnEV-15%: Surpassing EnEV requirements by 15%; does not add up to 100%, as multiple measures can apply simultaneously. Biomass-powered EEG systems are included under the district heating.

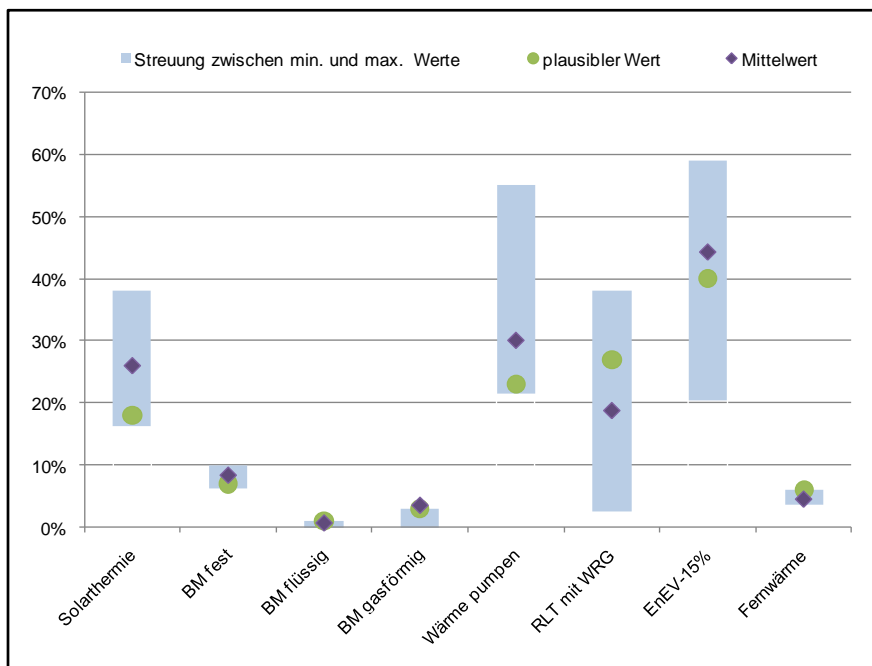
Figure 1: Percentage use of renewable energy-based heat generation systems and alternative measures in new buildings 2009 and 2010, own estimate
[Own diagram]

For better classification of the appraisal results, the section below offers a synopsis of the various survey results and our own appraisals based on different surveys or methods depending on the technology, and which state some fulfilment options with an estimated bandwidth. It shows ranges and averages, as well as values which are considered plausible given all underlying data and estimates. The results indicate that our estimates correspond to the plausible values.

For statements on the use of heat pumps and district heat, the construction statistics data is viewed as extremely useful, as it is generally used as the primary heating energy and not as a secondary source. It generally tallies with our own estimates stated here. The results of our own estimation methods are applicable for the fulfilment of EnEV (-15%). That also incorporates overfulfilments of EEWärmeG, e.g. by combining EnEV (-15%) with a heat pump. The same applies for heating, ventilation and air conditioning systems (HVAC) with heat recovery (HR). As solar thermal energy is generally only used as a secondary heating/water heating system, the statements of the building completion statistics are not useful yet; however those of the construction approval statistics for 2010 will be (secondary sources of heating energy were included for the first time in 2010). We relied on our own estimate based 28.02.2013

on the latest data (building approvals) here. For biomass, our own estimates deemed plausible are slightly higher or lower than the building statistics, as biomass can also be used to supplement another heating system to a minor extent.

The diagram below shows the percentages considered plausible for 2009 and 2010, as well as the average of all data or estimates available and the range between the lowest and highest value of the various estimates. As we largely relied on building completion statistics to estimate the percentages in 2011, the values converge to a point. As a result, no diagram is required for 2011.



HVAC: Heating, Ventilation and Air Conditioning Systems, HR: Heat Recovery, EnEV-15% Surpassing EnEV requirements by 15%; does not add up to 100%, as multiple measures can apply simultaneously.

Figure 2: Percentage of renewable energy heat generation systems and alternative measures in new buildings, 2009, variance, average and plausible values
[Own diagram]

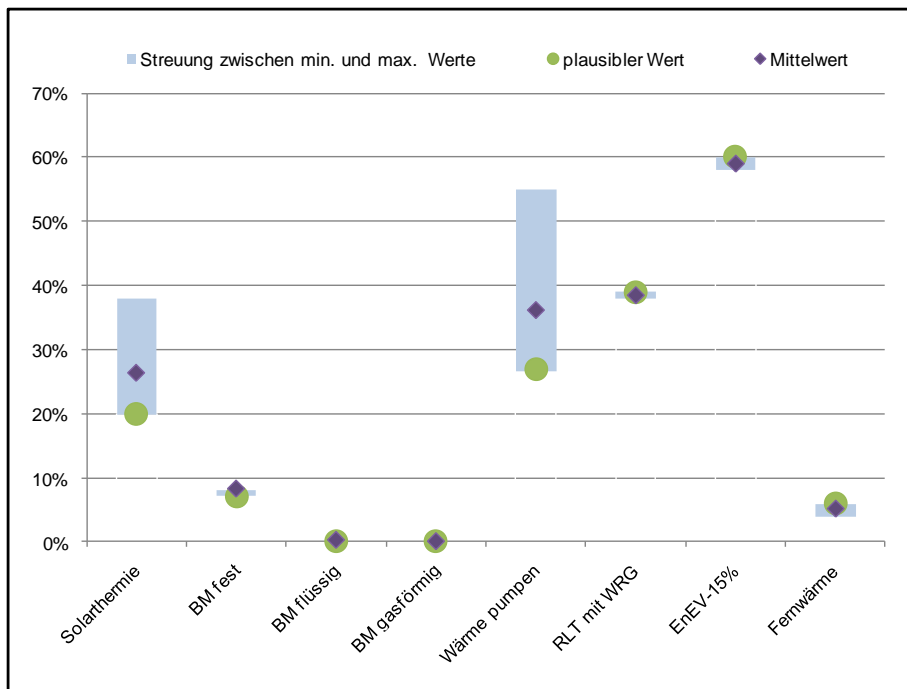


Figure 3: Percentage of renewable energy heat generation systems and alternative measures in new buildings, 2010, variance, average and plausible values
[Own diagram]

1.2.10 Process heat

EEWärmeG does not require mandatory use of renewable energy for process heating and cooling. However, as process energy accounts for much of the heating and cooling energy used in Germany, this project deals briefly with the topic. The process heat requirement in Germany is roughly 550 TWh/a; the total heat requirement (incl. cooling) is roughly 1,450 TWh. Accordingly there is no obligatory use requirement for renewable energy for almost 40% of the overall heat requirement in Germany.

There are a wide variety of applications for process heat – in terms of the heat generation technologies used, the fuels and the required temperature level, as many different industrial processes require heat and the energy supply can differ based on local factors. Most process heat required is at temperatures lower than 200 °C, where renewable energy is particularly suitable. In addition to a significant increase in energy efficiency, there are a variety of technical options for supplying heat with renewable energy sources.

Process cooling and process refrigeration

Generating cooling in stationary and mobile systems or devices is an essential requirement for manufacturing, transporting and storing temperature-sensitive products and foodstuffs, for industrial and commercial processes and methods, and for air conditioning buildings and vehicles. Especially in the temperature range from 0 °C to roughly minus 20 °C, sorption chillers offer a significant potential for reducing emissions of greenhouse gases, if the heat required for regeneration is provided using renewable energy. For the temperature range from under roughly -20 °C, the

28.02.2013

potential is largely restricted to using electricity from renewable energy due to the technical need to use electric compression chillers. As a result of the varied applications, technical designs and operating methods, only limited statistical information is available.

1.2.11 Energy demand calculations, costs and profitability of renewable energy technologies

The profitability calculations explained in chapter 7 are based on energy demand calculations made based on the reference buildings defined in chapter 6. Four different renovation standards have been specified for single occupancy, apartment and office buildings (unrenovated and renovated existing buildings, EnEV 2009 and passive house new buildings). There is also a standard for new supermarket buildings. Different supply systems were calculated for each reference building and renovation standard, see Chapter 7. Heating and hot water requirements as well as final energy and primary energy requirements are shown for comparison.

Chapter 7 provides a profitability analysis of the various supply options. For this purpose, the annual overall costs (€/a) based on the capital, operating and consumption costs and the specific heat generation costs (€/ct/kWh) are stated. This takes into consideration that both EEWärmeG and EnEV 2009 must be fulfilled together. For all technologies, the annual overall costs decrease and the specific heat generation costs increase at higher energy standards. In order to make statements on the profitability of a system compared with another system, the annual overall costs must be considered. See Chapter 6 or the appendix for a precise comparison of the supply systems and reference buildings.

1.2.12 Cost and benefit effects of EEWärmeG in the heating sector

Benefits of EEWärmeG

Besides the direct contribution of EEWärmeG to the expansion of renewable heating in new buildings, other positive effects of EEWärmeG including preserving fossil resources, sustainable energy supply, reduction of dependence on imports and the costs of expansion must be considered:

- **Preservation of fossil resources via the EEWärmeG:**

The new buildings constructed in 2011 result in an annual final energy requirement in new building construction (single-occupancy and apartment buildings) of roughly 1.4 TWh. This final energy requirement is divided among fossil and renewable energy sources, whereby natural gas (56%) and heating oil (12%) as well as environmental heat (15%) and solid biomass (5%) are prevalent. Non-residential construction (new buildings in 2011) uses roughly 1.4 TWh of final energy p.a., whereby most energy is supplied via natural gas. In total, new buildings in 2011 used almost 0.7 TWh of renewable energy; the remaining energy requirement is

covered by fossil fuels (over 2.1 TWh).

- **Resources saved via the EEWärmeG:**

Using renewable energy by every year of new construction currently saves roughly 90 million m³ of natural gas and 40 million litres of heating oil. In total, new buildings constructed since 2009 saved roughly 102 million litres of heating oil and roughly 264 million m³ of natural gas in 2011.

- **Environmental pollution prevented as a benefit of EEWärmeG**

New buildings constructed in 2011 resulted in annual savings of CO₂ equivalents totalling 217,000 t thanks to the EEWärmeG (between 205,000 and 225,000 t in 2009 and 2010), whereby the mandatory use requirement for renewable energy contributes 38% of this. Accordingly, new construction since 2009 had prevented emissions of 646,000 t of CO₂ equivalents in 2011.

The emissions of SO₂ equivalents due to the obligatory use requirements and alternative measures of the EEWärmeG increased slightly via new construction in 2011. Dust emissions increase due to the use of renewable energies, while alternative measures reduce them.

Differential costs due to the EEWärmeG

The calculation of the differential costs incurred by the EEWärmeG for 2009 are based on a system-analytical approach similar to the elaborations on differential costs in the heating sector by FhG ISI [ISI et al. 2010] or [Bürger, Steinbach, and Ragwitz 2010]. Accordingly, the system-analytical differential costs in the heating sector are defined as increased or decreased annuity generation costs for renewable energy-based heat provision technology compared with the respective fossil reference system on a full-cost basis.

The differential costs of EEWärmeG are calculated taking the EnEV compensation principle into consideration. The lower insulation standard per EnEV is assumed where renewable energies are used, and a higher insulation standard where fossil technologies are used. The substituted fossil reference technologies are weighted according to the sales figures of the heat generation companies.

Table 1 (Tabelle 1) shows the results in accordance with the different assumptions. The differential costs for 2009 are roughly € 37 million (or € 49 million excluding the EnEV compensation principle). Note that the costs are a theoretic maximum value as they are calculated based on the assumption that all systems were already installed at the start of the year. As the difference costs are annual increased or decreased costs, 2010 and 2011 each contain the cost effects of the systems installed in the preceding years. In 2010 and 2011, the differential costs added up to roughly € 77 million or € 101 million.

Table 1: Results of differential cost calculation based on different assumptions
[FhG-ISI calculation]

28.02.2013

Weighting of fossil technologies	With EnEV compensation principle
2009	€ 37 million
2010	€ 77 million
2011	€ 101 million

1.2.13 Implementation of the law

Four years after the EEWärmeG entered into effect, only eight Federal States (Länder) have passed specific regulations implementing the law (Baden-Württemberg, Bavaria, Bremen, Hesse, Mecklenburg-West Pomerania, Lower Saxony, North Rhine-Westphalia and Saarland). In all other Federal States, the regulations have not been passed yet, and some are still a long way away from being passed (ministry draft) or are still in preparation.

Most Federal States did not change the responsibility for implementation in their existing or planned legislation, i.e. they adhere in principle to the implementation concept of the Federal Law. That means that they did not make any independent supplementary, deviating provisions or provisions affecting the material side. Practically that means in particular: The establishment of compliance with the technical requirements of the Appendix to EEWärmeG is the responsibility of experts, parties obliged to do so must submit the receipts to the responsible authority, and the authorities only make random checks; only the proofs of purchase for deliveries of biogenic heating fuels must be submitted directly to an official body.

However, some Federal States have implemented or are currently discussing enforcement regulations which deviate from Federal Law in accordance with Art. 84, Par. 1 Clause 2 of the German Constitution (GG).

In Bremen, in accordance with the state-specific enforcement concept of EnEV, the responsibility for enforcement checks for large buildings, to be performed by (regular) experts under the EEWärmeG, is transferred to specially-certified experts for energy-saving construction (for smaller buildings, “regular” experts can be used as an alternative). Receipts do not have to be submitted to the authorities.

The method chosen by North Rhine-Westphalia is almost the opposite. There (regular) experts (i.e. not subject to any special certification processes) are entrusted with all enforcement responsibilities (with the exception of proofs of purchase for biogenic heating fuels). Neither submission of the receipts to the authority nor official random checks are required.

1.2.14 Possible instruments for existing buildings

Finally, the study also provides an overview of options available for German legislators to achieve stronger and less fluctuating promotional effects for the use of renewable energy in existing buildings than is the case with the previous system of financial support from government budgets.

28.02.2013

An overall evaluation reveals that there is no one best management instrument for the use of renewable energy in existing buildings.

The following aspects must be highlighted:

- The Renewable Energy Directive 2009/28/EC leads to a fundamental requirement to extend the existing proportional mandatory use requirements by 31/12/2014 to a (small) part of existing buildings – i.e. to buildings to be subjected to major renovation work.
- In order to avoid conflict with the Renewable Energy Directive, we must ensure when creating other/additional instruments that the mandatory use for new and existing buildings subject to major renovation works remains unaffected. That can be implemented via a clear delineation of the areas of application and by overlapping, provided the applicability of mandatory use is not restricted.
- The general problem with budget-dependent promotion of a lack of reliability for investors can not only be solved by budget-independent instruments; specifying a legal entitlement to support also solves the problem. The remaining problem of the necessary budgetary volume could be tackled via a (voluntary) fund solution or by increasing the energy tax on fossil heating fuels.
- Comparatively, expanding the mandatory use model to the entire building stock will lead to more conflict and would therefore result in acceptance problems. This difficulty could be mitigated by introducing an optional alternative payment or facilitating credit deals, but it would not be eliminated entirely.
- The budget-independent incentive instruments of bonus/premium or quota/portfolio models have positive effects but are relatively difficult to implement from a regulatory and enforcement perspective. A bonus model would place the onus on companies which market heating fuels in Germany. This model has the advantage that the technologically differentiated minimum compensation would create a stable economic budgeting basis from the outset. With the quota model, suitable supporting measures would have to be introduced to ensure that there is no distortion of the incentive effect towards or away from certain technologies (technology-specific weighting factors, minimum price regulations). If a quota model is to be preferred, either the wholesale trade of heating fuels or retail trade with heating systems can be addressed. In the latter case, the incentive regulation would take effect precisely where end users make decisions on the fuel choice: when purchasing new heating systems. The quota model in particular, with its many conceivable versions, results in variety of design questions which would have to be answered before a final evaluation can be made.

2. Einleitung

Zielsetzung des EEWärmeG ist, den Anteil an Erneuerbaren Energien (EE) am Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte bis 2020 auf 14 % zu erhöhen. Zur Ermöglichung einer nachhaltigen Entwicklung der Energieversorgung wird angestrebt, die fossilen Ressourcen zu schonen und die Abhängigkeit von Energieimporten zu vermindern. Dies soll durch die Förderung der Entwicklung von Technologien zur Erzeugung von Wärme aus Erneuerbaren Energien (EE) begleitet werden. Die Bundesregierung ist gemäß § 18 EEWärmeG verpflichtet, den Bundestag bis zum 31. Dezember 2011 mittels eines Erfahrungsberichts über die Wirkungen des Gesetzes zu informieren, um eventuellen Anpassungsbedarf zu ermitteln und hierfür Anpassungen vorzuschlagen. Der hier vorliegende Bericht dient der wissenschaftlichen Unterstützung des Erfahrungsberichts der Bundesregierung, dessen zu adressierende Inhalte in § 18 EEWärmeG festgelegt sind.

2.1 Aufgabenstellung

Basierend auf den Vorgaben des Gesetzes und der in § 18 aufgeführten Berichtspflichten sowie aufgrund weiterer Fragestellungen ergeben sich folgende zentrale Aufgabenstellungen für diesen Bericht:

Abschätzung des Beitrags des EEWärmeG zur Zielerreichung:

Zur Abschätzung der Auswirkungen des Gesetzes im Hinblick auf die Erreichung von 14 % EE am Energieverbrauch für Wärme ist insbesondere zu überprüfen, inwieweit im Neubau die Wärmeerzeugung durch Einsatz von EE erfolgt. Darüber hinaus ist jedoch auch darzustellen, inwiefern das Gesetz zur nachhaltigen Entwicklung der Energieversorgung, zur Schonung fossiler Ressourcen und Minderung der Importe sowie zur Technologieentwicklung beiträgt. Daraus leiten sich Indikatoren oder Kriterien ab, anhand derer Aussagen zur Wirkung des Gesetzes möglich sind.

Besonders ist hierbei zu untersuchen:

- Beitrag zur Erhöhung des EE-Anteils am Energieverbrauch für Wärme. Als wesentliche Größe ist die Entwicklung des Anteils EE-Träger im Neubau zu untersuchen.
- Schonung fossiler Ressourcen sowie die Reduktion der Importabhängigkeit. Mithilfe des Energieverbrauchs nach Gebäudetyp und Heiztechnologie, der eingesetzten EE im Neubau sowie den eingesparten fossilen Ressourcen sind Aussagen hinsichtlich Ressourcenschonung möglich.
- Nachhaltige Energieversorgung mit Blick auf Kosten und Umweltwirkung. Hierbei stehen insbesondere die Umweltbelastungen sowie die Wirtschaftlichkeit der EE-Technologien bzw. Ersatzmaßnahmen im Vordergrund.

- Weiterentwicklung der Technologien in Richtung eines effizienten Ressourceneinsatzes (inkl. Umweltschonung). Welche Entwicklungen stehen bei den verschiedenen Heiztechnologien basierend auf EE an, welche effizienten Technologien existieren, sind technisch umsetzbar aber aus ökonomischer Sicht noch uninteressant?
- Kosten- und Nutzenaspekte des EEWärmeG umfasst insbesondere die Mehr(minder)kosten der EE-Nutzungspflicht bzw. der Ersatzmaßnahmen sowie die vermiedenen Umweltschäden.

Vollzug des Gesetzes:

Zur Überprüfung der Wirkung eines Gesetzes ist auch dessen Vollzug auf Länderebene zu erfassen, ggf. Probleme aufzuzeigen und Vorschläge zur Verbesserung zu formulieren.

Handlungsoptionen für den Neubau und Bestand:

Mit Blick auf die Verbesserung der Wirkungen des Gesetzes werden mögliche Handlungsoptionen für Neubauten und bestehende Gebäude aufgezeigt, um ggf. Änderungen oder Ergänzungen im Gesetz aufzunehmen. Das Aufzeigen von Handlungsoptionen und Empfehlungen erstreckt sich auf:

- Rechtliche Rahmenbedingungen
- EE- Technologien und Ersatzmaßnahmen (bezogen)
- Vollzug des Gesetzes
- Ausweitung des EEWärmeG auf den Gebäudebestand

Zukünftig neue Regulierungsbereiche und politische Instrumente:

Zur Erfassung eines Großteils der Gebäude müssen neue Regulierungsbereiche definiert und politische Instrumente zur Erreichung von Zielvorgaben festgelegt werden.

2.2 Vorgehen

Aufgrund unzureichender Daten über die Anwendung von EE in der Wärmeerzeugung sowie der Umsetzung des Gesetzes werden in diesem Zwischenbericht Methoden zur Abschätzung der EE-Nutzung im Neubau entwickelt, vorgestellt und die bisher ermittelten Ergebnisse kurz diskutiert.

Dem schließt sich die Darstellung der Marktentwicklung und eine Beschreibung der Technologien an.

Zur detaillierten Darstellung des Energiebedarfs, der Emissionen und Kosten je Gebäudetyp, Technologie und Ersatzmaßnahme werden Heizenergiebedarfe bzw. Endenergiebedarfe für definierte Gebäudetypen und Technologien berechnet, die Investitions-, Betriebs-, Wartungskosten ermittelt, die Wirtschaftlichkeit mit und ohne Förderung berechnet. Die Festlegung der Kennwerte der Gebäudehüllen und Anlagentechnik für die betrachteten Gebäudetypen erfolgt nach den geltenden Gesetzen und Verordnungen (EEWärmeG und EnEV 2009).

Darüber hinaus wird auf Länderebene der Vollzug des Gesetzes dargestellt und daraus Empfehlungen zur Verbesserung seiner Wirkung abgeleitet.

Es werden Handlungsoptionen zur Ausgestaltung des Gesetzes bezüglich Rahmenvorgaben der EE-Richtlinie der EU, der Datenbeschaffung, technologischer Anforderungen, zum Vollzug des Gesetzes und für zukünftige Erweiterungen des Gesetzesrahmens entwickelt. Für die Handlungsoptionen werden die Technologien hinsichtlich ihrer Wirkung auf den Einsatz von EE im Wärmebereich, der Ressourcenschonung und ihrer Kosten- und Nutzenwirkungen sowie ihres Beitrags zur (Markt-)Integration der EE in das Energiesystem beurteilt.

Empfehlungen für eine Ergänzung / weitere Ausgestaltung des Gesetzes können in diesem Stadium des Berichts und aufgrund der bisher unzureichenden Datenlage sowie vorläufiger Ergebnisse nur begrenzt ausgesprochen werden.

2.3 Aufbau des Berichts

Kapitel 1 enthält eine knappe Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse.

Kapitel 3 stellt die Datenverfügbarkeit bzw. die Methodische Vorgehensweise zur Erlangung der Daten zusammen.

In Kapitel 4 wird die historische Entwicklung und der aktuelle Stand, differenziert nach den relevanten Technologien, dargestellt und mögliche Auswirkungen des EEWärmeG seit 2009 auf Basis der Trendentwicklung diskutiert. Dieses Kapitel bildet die Datengrundlage für die alle folgenden Arbeitsschritte.

Kapitel 5 stellt die Technologie- und Marktentwicklung der jeweiligen EE-Technologien dar.

In Kapitel 6 werden Energiebedarfsrechnungen von Modellgebäuden definiert. Aufgrund der zuvor definierten Gebäudetypen werden Kostenentwicklungen und Wirtschaftlichkeit der EE-Technologien in Kapitel 7 berechnet.

Darauf aufbauend und unter Berücksichtigung der ermittelten Wärme-Daten aus Kapitel 4 und den Kosten in Kapitel 6 kann eine Abschätzung der ökonomischen und ökologischen Effekte des EEWärmeG in Kapitel 8 erfolgen.

In Kapitel 9 erfolgt eine Beschreibung, Analyse und Bewertung der Dokumentation und des Vollzuges des EEWärmeG.

Dem Kapitel 10 sind Handlungsempfehlungen zur zukünftigen Anpassung des EEWärmeG sowie übergreifende Empfehlungen im Bereich erneuerbarer Wärme zu entnehmen. Hier fließen die Forschungsergebnisse zur Datenlage (Verwendung der einzelnen Technologien), Technologiefortschritt, Vollzug und Hinweise aus der Praxis ein.

3. Datenverfügbarkeit und weitere Vorgehensweise

Im Rahmen der für den Erfahrungsbericht notwendigen Datenerhebung war geplant, auf die im Vollzug erfassten Daten zurückzugreifen, da die derzeitigen Erhebungen der Statistischen Landesämter sowie des Statistischen Bundesamtes (Destatis) die verschiedenen Erfüllungsoptionen im Neubau nur unzureichend abbilden. Das Destatis publiziert zwar Daten zur Neubautätigkeit (u.a. Gebäudeart, Fläche und Volumen) sowie die vorwiegend eingesetzten Heizenergiearten. Die letztgenannte Datenserie erfasst unter den für das EEWärmeG relevanten Techniken jedoch nur Fernwärme, Wärmepumpen (WP) und (seit 2010) solare Strahlungsenergie. Die übrigen im EEWärmeG genannten Brennstoffe und Technologien sind in der Rubrik „Sonstige“ enthalten und nicht gesondert ausgewiesen, so dass die Daten derzeit noch keine Rückschlüsse über die im Einzelnen gewählten Erfüllungsoptionen des EEWärmeG ermöglichen. Der zum 01.01.2009 überarbeitete Erfassungsbogen erfasst neben der vorwiegend eingesetzten Heizenergie auch Sekundärenergien. Wann diese Daten dann für alle neuen Baufertigstellungen zur Verfügung stehen und in welcher Tiefe diese Daten dann zugänglich sind, wird sich voraussichtlich in 2011 entscheiden. Erste Rückschlüsse ergeben sich jedoch bereits aus den Baugenehmigungsdaten für 2010.

Auch die Daten des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) aus der finanziellen Förderung sowie Branchenangaben sind – weder einzeln noch in einer Gesamtschau – geeignet, verlässliche Aussagen zum Stand der Markteinführung der zugelassenen Technologien im Neubau und zur Menge der eingesparten fossilen Brennstoffe sowie Treibhausgase (THG) zu liefern. Gründe hierfür sind zum Beispiel, dass die erzeugten Wärmemengen und Leistungsklassen der jeweiligen Wärmeerzeuger sowie die Anteile am Wärmeenergiebedarf nicht erfasst werden, dass die Datensätze verschiedene Zeiträume umfassen oder dass eine eindeutige Zuordnung zu den Marktsegmenten Neubau / Bestandsbau oder Wohngebäude / Nichtwohngebäude häufig nicht möglich ist.

Auch hinsichtlich der Verwendung von Ersatzmaßnahmen ist die Datenlage als unzureichend zu bezeichnen. Der Kenntnisstand über den Anteil der verschiedenen Ersatzmaßnahmen ist jedoch relevant zur Beurteilung der Zielerreichung und damit zur Beurteilung der einzelnen Komponenten / Paragraphen des EEWärmeG. So wirken sich die Ersatzmaßnahmen – unmittelbar oder mittelbar – auf die Ausbauziele für Erneuerbare Energien (EE) aus; je nach Konstellation können sie fördernd oder hemmend auf die Erreichung der Ausbauziele wirken. Eine genaue Evaluation der Ersatzmaßnahmen ist daher für die Gesetzesfolgenabschätzung von zentraler Bedeutung. Dabei steht speziell die Wärmedämmung als Ersatzmaßnahme im Fokus, da sie im Vergleich mit anderen Maßnahmen aus Sicht des Gebäudeeigentümers relativ günstig ausfällt und somit einen hohen

28.02.2013

Investitionsanreiz bietet. Die prozentualen Anteile der realisierten Ersatzmaßnahmen an den insgesamt gewählten Erfüllungsoptionen und hier insbesondere der Anteil der Fälle der Ersatzmaßnahme „verbesserte Wärmedämmung“ sind mithin von hohem Interesse für den Gesetzgeber. Nur mithilfe dieser Daten können frühzeitig Rückschlüsse gezogen werden, ob es für den Gesetzgeber einen Anpassungsbedarf bei den Ersatzmaßnahmen gibt. Dies gelingt jedoch erst, wenn ausreichend Datenmaterial zur Verfügung steht, welches qualitative Rückschlüsse überhaupt zulässt.

3.1 Diskussion verschiedener Methoden zur Datenerfassung alternativ oder ergänzend zu Daten aus dem Vollzug

Stichprobenerhebungen

In der Diskussion mit den Ländern wurden Herangehensweisen diskutiert, wie die für den Erfahrungsbericht benötigten Informationen bei den seit dem 01. Januar 2009 beantragten Bauvorhaben erfasst werden könnten. Hierzu wurden einerseits technische Lösungen diskutiert, wie z.B. eine zentrale elektronische Erfassung durch die jeweilige Vollzugsbehörde, oder pragmatische, wie Stichprobenerhebungen in ausgewählten Gebieten.

Da sich eine Vollerhebung als nicht durchführbar erwies, wurden im Rahmen der Arbeiten folgenden zwei Alternativen vorgeschlagen, mit denen zumindest ein Teil der Daten erhoben werden sollten.

Die erste Alternative zur Vollerhebung aller Pflichterfüllungsvarianten im Neubaubereich stellt die Vollerhebung der Daten in ausgewählten Landkreisen und kreisfreien Städten (im Folgenden zusammengefasst als: LK) dar. Dieses Verfahren wird in der Statistik Klumpenverfahren genannt. Klumpen sind demnach ausgewählte Teile der Grundgesamtheit, die sich insbesondere inhaltlich unterscheiden sollten. Der inhaltliche Unterschied erfolgt bei der Auswahl der LK über den Neubauanteil und die Siedlungsdichte.

Hiermit könnte – bei ausreichender Datengrundlage – für jedes der einzelnen Bundesländer eine Hochrechnung für das gesamte Land durchgeführt werden. Damit könnte nicht nur die Entwicklung der Erneuerbaren Energien im Wärmemarkt, sondern auch die Zahl der Ersatzmaßnahmen sowie der Umsetzungsgrad des Gesetzes bei den Neubauten ab 1. Januar 2009 abgebildet werden.

Die zufällig gezogene Stichprobe aus der Grundgesamtheit aller Baumaßnahmen in Deutschland stellt die zweite Alternative zur Vollerhebung dar. Mit einer „Zufallsstichprobe“ können man in gewissem Rahmen Aussagen auch über eine unbekannte „Grundgesamtheit“ getroffen werden. Da bisher keine Stichprobe vorliegt, welche die Streuung der Stichprobenergebnisse gegenüber einer Vollerhebung beurteilt, wurde mit Hilfe geeigneter mathematischer Methoden eine Stichprobengröße abgeschätzt.

Beide Verfahren wurden zunächst abgelehnt. Die erste aufgrund der Höhe der benötigten Datensätze, die zweite, weil sie sowohl aus Sicht der Forschungsnehmer wie auch aus Sicht des BMU ungeeignet erscheint, die Komplexität der verschiedenen Kombinationen aus EE und Ersatzmaßnahmen durch eine geringe Anzahl ausreichend zu erfassen.

In diesem Zusammenhang wurden durch die Auftragsnehmer auch mehrere beispielhafte Fragebögen erstellt, die entweder im Rahmen des Vollzugs oder mittels geeigneter Stichproben durch die Gebäudeeigentümer genutzt werden sollten. Aufgrund der damit einhergehenden Kosten einer Erhebung, die weder durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) noch durch die Länder getragen werden wollen, ruhen diese Arbeiten derzeit.

Erhebung durch die Statistischen Landesämter

Eine Erhebung durch das Destatis oder – wenn die Kosten für die Länder gering gehalten werden können – durch die Landesstatistikämter, wird von allen Ländern bevorzugt. Grundlage soll dabei der Erhebungsbogen für Bauanträge sein, der durch die Forschungsnehmer bereits mit den notwendigen Daten ergänzt wurde. Zwar wird diese Form nicht die aus Forschernsicht gewünschte Tiefe erreichen, aber dennoch den wesentlichen Trend bei der Nutzung von EE und Ersatzmaßnahmen aufzeigen können und stellt damit eine hinreichende und praktikable Kompromisslösung dar.

Um die Kosten des Verfahrens noch weiter zu begrenzen, würde es ausreichen, wenn die Vollzugsstellen einmal im Jahr Kopien aller eingegangenen Fragebogen an das Landesstatistikamt versenden. Die Bögen könnten dabei derart konzipiert werden, dass die maschinell auslesbar sind, um die Bearbeitungszeit zu mindern und damit den derzeit wesentlichsten Diskussionspunkt weitestgehend zu entkräften.

Die Länder haben sich wiederholt, unter anderem in der regelmäßig tagenden Bund/Länder-Arbeitsgruppe zum Vollzug des EEWärmeG, und auch anlässlich ihrer Stellungnahmen zum „Europarechtsanpassungsgesetz Erneuerbare Energien“ dahingehend geäußert, dass sie eine solche Lösung durch Erweiterung der Datenerhebung über das Hochbaustatistikgesetz begrüßen würden.

Das für die Erhebung zuständige Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) sah zunächst keinen Bedarf, den erst kürzlich überarbeiteten Fragebogen nochmals abzuändern. Aufgrund der Stellungnahme des Bundesrats wurde jedoch das Hochbaustatistikgesetz mit Wirkung zum 01.01.2012 angepasst, sodass für die Erfassung ab dem Jahre 2012 ein angepasster Fragebogen im Rahmen der Hochbaustatistik verwendet werden wird. Daten hieraus werden ab 2013 zur Verfügung stehen.

Elektronische Verfahren

Diskutiert wurden auch Möglichkeiten, die in den Ämtern eingehenden Daten direkt vor Ort einzugeben und elektronisch an eine zentrale Auswertungsstelle zu senden.

28.02.2013

Dies wurde aufgrund des zunehmenden Aufwands und den damit verbundenen Kosten für die Behörden abgelehnt.

Alternativ wurde vorgeschlagen, dass die Architekten und Planer eine individuelle elektronische Signatur erhalten sollen, mit der sie in Anlehnung an das „elektronische Steuererklärungsprogramm (ELSTER-Programm)“ der Steuerbehörden die durch sie errechneten Daten für den Energieausweis sowie einige weitere Daten elektronisch an einen zentralen Server schicken können. Eine Anpassung der Software wird als zeitnah durchführbar angesehen. Damit wären die Kosten seitens der Vollzugsbehörden begrenzt, jedoch entsteht ein weiterer Verwaltungsaufwand für die Signaturen und den zentralen Server, der bislang noch nicht abgeschätzt werden konnte.

3.2 Abschätzungen auf Basis von Auswertungen vorhandener Statistiken

Aufgrund der noch andauernden Diskussionen wurde mit dem BMU bereits seit Beginn des Projekts eine geeignete Vorgehensweise für eine Abschätzung der im Rahmen des EEWärmeG verwendeten Erneuerbaren Energien bzw. Ersatzmaßnahmen abgestimmt. Wegen der weiterhin offenen Datenlage musste auf bestehende Statistiken und Branchenbefragungen zurückgegriffen werden, um hieraus den Einsatz der Erneuerbaren Energien bzw. der Ersatzmaßnahmen im Wärmebereich zu bestimmen sowie den Anteil im Neubau abzuschätzen.

Hinsichtlich der statistischen Daten zum Neubau wurde auf die Statistiken zur Baufertigstellung statt der Baugenehmigungen abgestellt, da hier weitestgehend² unterstellt werden kann, dass Änderungen an der Wärmeversorgung seitens des Destatis erfasst sind. Nachteilig ist jedoch, dass hierbei auch Baumaßnahmen erfasst werden, die noch nicht unter das EEWärmeG fallen. Dies wird sich aber im Laufe der Jahre selbst korrigieren, wenn alle vor 2009 genehmigten Bauvorhaben abgeschlossen sind. Basierend auf den Statistiken der Bundesländer NRW, Berlin, Brandenburg, Thüringen und Sachsen-Anhalt konnte der Anteil der fertiggestellten Gebäude abgeschätzt werden, dessen Baugenehmigung nach dem 1.1.2009 erfolgt ist und die somit die Anforderungen des EEWärmeG erfüllen. Dabei wurde die durchschnittliche Abwicklungsdauer der Gebäude berücksichtigt, d.h. die Zeit zwischen Bauantrag und Baufertigstellung. Demnach wurden im Jahr 2009 etwa 20 % der Gebäude nach EEWärmeG errichtet, im Jahr 2010 ist der Anteil bereits auf etwa 72 % angestiegen und im Jahr 2011 lag dieser bei etwa 90 %. Unter Berücksichtigung der identifizierten teils langen Abwicklungsdauer und des stark sinkenden Anteils der fertiggestellten Gebäude die noch vor 2009 genehmigt wurden, kann man davon ausgehen, dass spätestens im Jahr 2013 alle fertiggestellten Gebäude unter das EEWärmeG fielen.

² Üblicherweise werde Erfassungsbogen für Änderungen während der Bauphase an den Meldepflichtigen ausgegeben. Es ist jedoch offen, ob in allen Fällen ein entsprechender Rücklauf bei Änderungen erfolgt.

Nachfolgend sind die bisher aus den Statistiken und Befragungen ermittelten Daten zum Anteil der EE bzw. Ersatzmaßnahmen zur Wärmeversorgung in Neubauten hinsichtlich der methodischen Herangehensweise und den sich daraus ableitenden Ergebnissen dargestellt. Weiterhin wurden Wirtschaftlichkeitsberechnungen für verschiedene – mit dem BMU abgestimmte - Einsatzfälle durchgeführt und einander gegenübergestellt mit dem Ziel, Tendenzen künftiger Nutzung von EE bzw. den erlaubten Ersatzmaßnahmen abschätzen zu können.

Ergänzt werden die statistischen, technischen und ökonomischen Informationen zu den Erneuerbaren Energien und Ersatzmaßnahmen durch eine Darstellung des Standes zum Vollzug allgemein sowie spezifisch für jedes Bundesland.

4. Nutzung von Erneuerbarer Wärme und Kälte nach EEWärmeG

Im Jahr 2011 belief sich der Anteil der Erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch auf 11 %. Am Endenergieverbrauch (EEV) wiesen die EE einen Anteil von 12,5 % vor. Damit setzt sich der jährliche Zuwachs von durchschnittlich 1 Prozentpunkt fort, der lediglich im Jahr 2008 kurzfristig gebremst wurde. Im Hinblick auf die Primärenergiegewinnung in Deutschland stieg der Anteil Erneuerbarer Energieträger in 2011 auf rund 35 % an. Verglichen mit den Vorjahren ist hier nur ein sehr geringer Zuwachs zu verzeichnen. Nichts desto trotz rangieren damit die EE nach der Braunkohle auf Platz zwei unter den heimischen Energieträgern. [AGEB 2012]

Ein Vergleich des Einsatzes erneuerbarer Energien nach Verbrauchssektoren legt offen, dass der Großteil der EE-Nutzung durch die Haushalte erfolgt. Bei einem unterstellten EE-Anteil von 9 % in der Fernwärme (vgl. Kap. 0) werden gut 30 % des EE-Endenergie dort verbraucht. Diese machen 2011 mehr als 13 % des Endenergiebedarfs der Haushalte aus. Weitere 17 % des gesamten EE-Endenergieverbrauchs (entspricht mehr als 6 % des EEV der Industrie) werden durch die Industrie konsumiert. Hieran schließen sich die Sektoren Verkehr mit 12 % (entspricht knapp 5 % EEV des Sektors) und der Sektor Gewerbe / Handel / Dienstleistungen mit 5 % (3,6 % EEV) an. Während in den Sektoren Industrie und GHD der größte Teil EE zur Erzeugung von Prozesswärme Einsatz findet, nutzen die Haushalte EE überwiegend zur Raumwärme- und Warmwassererzeugung. [AGEB 2011]

Nach Angaben der Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energien (AGEE) werden dabei rund 50 % des EE-Endenergiebedarfs in 2011 für Wärme verwendet. Hinsichtlich der Struktur der Erneuerbaren Energieträger im Wärmebereich ist zu sagen, dass nach Angaben der AGEE rund 91 % des EE-Verbrauchs für Wärme allein durch Biomasse bereitgestellt wird (der biogene Anteil des Abfalls macht 6 % davon aus), Geo- und Solarthermie tragen jeweils rund 4 % bei. Die Tiefengeothermie spielt bisher nur eine untergeordnete Rolle während die Wärmepumpen als oberflächennahe Geothermie nur durch einen geringen Anteil vertreten sind. Der Einsatz EE in der Wärmeerzeugung nach Zahlen der AGEE-Stat ist in Abbildung 4 dargestellt. [AGEE 2012]

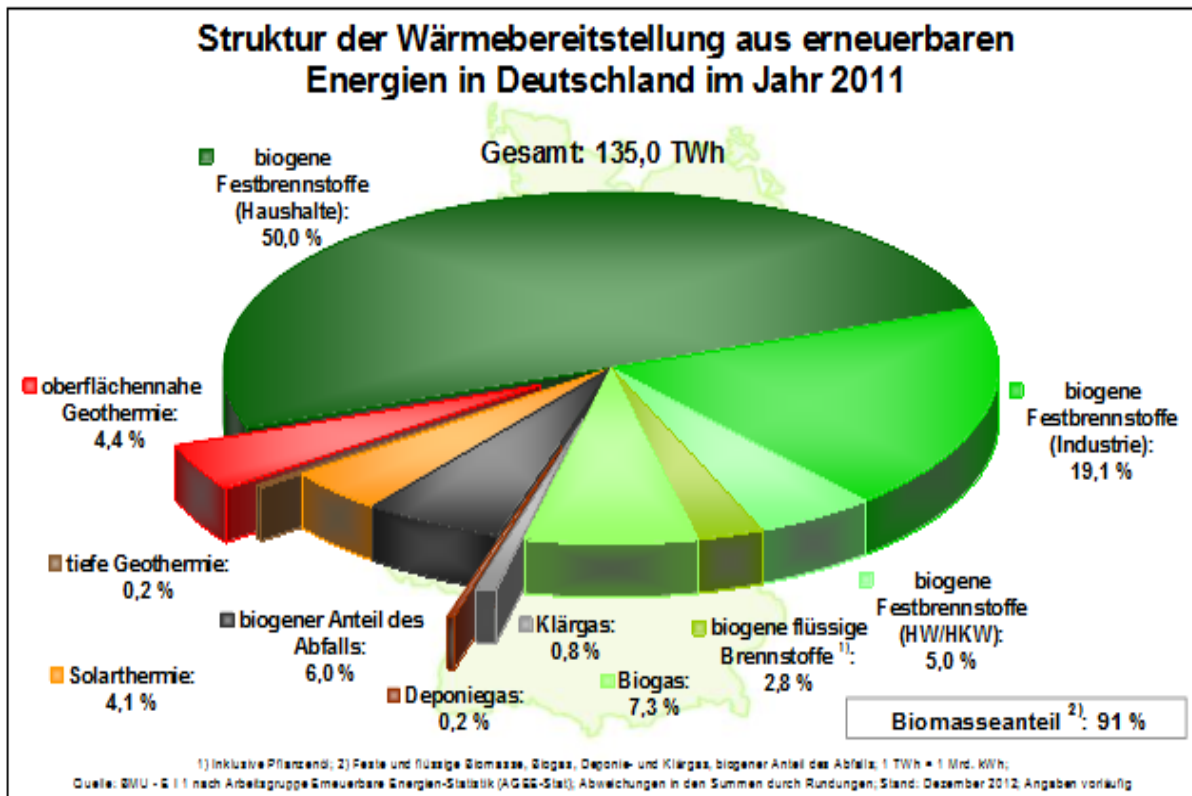


Abbildung 4: Struktur der Wärmebereitstellung aus Erneuerbaren Energien in Deutschland 2011
[AGEE 2012]

Da die hier dargestellten Anteile die Wärmebereitstellung darstellen und nicht die Erfüllung der Nutzungspflicht nach EEWärmeG, weichen diese EE-Anteile von den Daten in diesem Kapitel teilweise stark ab.

In der nachfolgenden Tabelle werden die hauptsächlich verwendeten Quellen für die im Folgenden dargestellten Daten aufgelistet.

Tabelle 2: Die verwendeten Quellen für die im Folgenden dargestellten Daten
[eigene Darstellung]

Quelle	Technologie/Gebäude	Anmerkungen
MAP-BAFA (2010/2011)	Solar, Biomasse, WP	Daten nach Inbetriebnahme, Anzahl, Anlagenarten, Fördervolumen, Investitionsvolumen, Gebäude
BAFA (2010/2011) Impulsprogramm und KWK-Register	KWK	Anzahl, Leistung, KWK-Arten, ggf. nach Gebäude
GHD (Schloman et al. 2010)	Solar, Biomasse, WP	Anteile in GHD

Quelle	Technologie/Gebäude	Anmerkungen
AGEE (2011/2012)	Solar, Biomasse, WP, Tiefengeothermie	Jährliche Installationen, Wärmemengen
Absatz-Umsatzstatistik BSW (2011)	Solar	Jährliche Absatzmengen nach Leistung
Destatis (1997-2011), (Fachserie 5 Reihe 1 sowie Reihe 3)	Anteil nach Wärmemengen, Wohn- und Nutzflächen, Gebäudeanzahl, vorwiegend verwendete Heizenergie	<ul style="list-style-type: none"> • Statistik zu primären Energieträgern im Neubau • Statistik zu Baufertigstellungen in Neubau • Statistik zu Baugenehmigungen im Neubau
AGEB 2009	Solar, Biomasse, WP	Wärmemengen im Wohnungsneubau
FNR 2010b	Marktübersicht der gängigsten Biomasse-Heizungssysteme	Marktübersicht Pelletheizungen, 6. Auflage 2010
KfW Bankengruppe 2010/2011	Förderzahlen aller KfW Programme	Förderreport KfW Bankengruppe - Stand 31.03.2010
WBZ (2010)	WP	Daten zur Entwicklung COP
BWP (2005 / 2010)	WP	Zahlen zu Wärmepumpenabsatz und Marktentwicklung
BDH (2005 – 2010)	Biomasse, Solar, WP	Daten zum Wärmemarkt generell und teils speziell

4.1 Marktentwicklung der Technologien zur Nutzung von Erneuerbarer Wärme nach EEWärmeG

Erste Ergebnisse zur Erfüllung des EEWärmeG liegen seitens der Agentur für Erneuerbare Energien (AEE) vor. In deren Auftrag befragte die TNS-Emnid ein Jahr nach Inkrafttreten des EEWärmeG 500 Bauunternehmen, Bauträger sowie Architekten und Ingenieurbüros zur Wirkung des EEWärmeG im Neubau. Weitere Information über den Einsatz EE im Neubau liefert eine Kurzerhebung von CO₂-Online im Auftrag des BMU. Hierbei wurden Angaben einer Onlineumfrage ausgewertet. Insgesamt haben 1.035 Bauherren von Ein- und Mehrfamilienhäusern teilgenommen.

Im Rahmen einer Erhebung zur Erfassung der energetischen Qualität und der Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand wurden auch Daten zum Einsatz der Energieträger und des Wärmeschutzes von IWU und BEI erhoben und ausgewertet.

Die umfassendste Darstellung der Bautätigkeit im Wohn- und Nichtwohngebäudebereich und des eingesetzten Energieträgers bietet die Baufertigstellungsstatistik (Vollerhebung), allerdings nur bezogen auf das primär verwendete Heizsystem.

Diese Erhebungen eignen sich nicht uneingeschränkt für die Abschätzung der installierten EE-Technologien im Neubau. Daher oder trotz der bisherigen Umfragen, strebt dieser Bericht an, eine eigene Methodik zur Abschätzung der Wirkung des EEWärmeG zu entwickeln, die ein möglichst umfassendes Bild für den Neubau in Deutschland liefern soll. Die gewählten Ansätze sind technologiespezifisch, d.h. sie unterscheiden sich je nach Technologie und Datenlage. Die erzielten Ergebnisse werden mit den Abschätzungen der aufgeführten Berichte oder Erhebungen Dritter am Ende des Kapitels verglichen.

Nachfolgend sind die jeweiligen Schätzmethode und Ergebnisse über den Einsatz Erneuerbarer Energieträger für Solarthermie, Biomasse, Geothermie und Wärmepumpen zur gesamten Wärmezeugung sowie für den Einsatz von Ersatzmaßnahmen im Neubau mit quantitativen Ergebnissen dargestellt. Um die tatsächliche Relevanz der einzelnen Maßnahmen besser abschätzen zu können, finden sich in den entsprechenden Kapiteln nur Abbildungen zu den relativen Anteilen der umgesetzten Maßnahmen an allen errichteten Gebäuden. Die absoluten Zahlen sind in zusätzlichen Abbildungen im Anhang, Kapitel 11.1, dargestellt.

4.1.1 Solare Strahlungsenergie Bedeutung der Solarthermie

Solare Strahlungsenergie wird in zunehmendem Maße, jedoch mit unterschiedlicher Diffusionsgeschwindigkeit, in allen Sektoren der Wirtschaft eingesetzt. Relevante Größen, die die Verbreitung von Solarthermie charakterisieren, sind die Anzahl und Fläche der installierten Solaranlagen. In 2011 sind alleine über 37.150 Solaranlagen

über das Marktanreizprogramm -Programmteil BAFA (MAP-BAFA) gefördert worden [BMU 2012].³ Die jährlich neu installierte Kollektorfläche ist von 420.000 m² im Jahr 2000 auf über 1,6 Mio m² im Jahr 2009 gestiegen und in 2010 auf 1,3 Mio m² gesunken. Auf diesem Niveau (1,27 Mio m²) bewegen sich auch die Neuinstallationen in 2011 [BSW-Solar 2011; BSW-Solar 2012].

In 2009 installierten die privaten Haushalte ca. 98 % (2001-2006: 98,5 % [Stryi-Hipp et al. 2007]) der rund 140.000 in Betrieb genommenen und über das MAP-BAFA geförderten Anlagen, wobei ungefähr 13.000 Anlagen in Neubauten installiert wurden [BAFA 2010]. Die Anteile des Gewerbes kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU) und der öffentlich rechtlichen Unternehmen veränderte sich gegenüber den Vorjahren ebenfalls nur geringfügig (Tabelle 2). Solarthermieanlagen für die gewerbliche Nutzung wurden für den Programmteil MAP-KfW gefördert und belaufen sich in 2011 auf rund 83 Anlagen, dies sind rund 2% der im Rahmen des MAP geförderten Anlagen (Fichtner 2012).

Tabelle 3: Solaranlagen nach Empfängertyp
[BAFA 2010; eigene Berechnungen des Fh-ISI]

Anteile an	Anzahl (2008)	Anzahl (2009)	m² (2008)	m² (2009)
Sonstige	0,01%	0,05%	0,02%	0,05%
KMU	1,53%	1,28%	2,10%	1,697%
öffentlich-rechtliche Unternehmen	0,35%	0,36%	0,53%	0,53%
Private Haushalte	98,10%	98,31%	97,39%	97,73%

Detaillierte Angaben zu installierten Anlagen in der Industrie können aus der vorliegenden Förderstatistiken nur schwer abgeleitet werden. Aber aus den geringen Förderfällen sowie der bisherigen Marktentwicklung im Bereich der solaren Prozesswärme (vgl. 5.1.3) lässt sich auf einen marginalen Anteil der Solarthermie im Industriesektor schließen.

Im MAP-BAFA-Programmteil findet in 2001 bis 2006 die Solarthermie zum überwiegenden Teil in der Warmwasserbereitung (72,9 %) Einsatz, während die Kombination Warmwasser und Raumheizung sich auf 27 % beläuft und die Prozesswärme mit 0,1 % kaum eine Rolle spielt [Stryi-Hipp et al. 2007]. In 2008 und 2009 haben sich die Relationen verschoben: die Nutzung der Solarthermie für Raumheizung in Kombination mit Warmwasser liegt bei knapp 52 % und für Warmwasser bei rund 48 %, während die Nutzung für Kälte (0,002 % der installierten Leistung) oder Prozesswärme (0,07 % der installierten Leistung) im Rahmen des MAP-BAFA weiterhin kaum eine Bedeutung hat.⁴ In 2011 weist der MAP-BAFA-Programmteil nur Solarkollektoren zur Raumheizungsunterstützung (nicht

³ Die Anzahl der erfolgten Inbetriebnahmen in 2011 wird mit rund 42.800 Anlagen angegeben (MAP-Bafa 2012)

⁴ Auswertung der Daten, BAFA 2010

Warmwasserbereitung) aus; deren Investitionsvolumen hat sich gegenüber dem Vorjahr um den Faktor 1,5 erhöht. Hierbei werden nur kleinere Solaranlagen, mit einer Kollektorfläche von max. 40 m² bzw. bei Einfamilienhäusern (EFH) und Zweifamilienhäusern (ZFH) auch darüber, gefördert. Das Investitionsvolumen für Prozesswärme hat sich gegenüber 2010 beinahe verdoppelt, aber gegenüber 2009 deutlich vermindert.

Im GHD wird die Solarthermie zu 12 % für Raumwärme, zu 15 % für Warmwasser und Raumwärme, zu 27 % für Warmwasser, zu 14 % für Warmwasser und andere Zwecke sowie zu 30 % für Prozesswärme verwendet [Schlomann et al. 2008].⁵ Informationen zum Einsatz von Solarthermie in der Industrie liegen bisher nicht vor. Zur Erfassung der Wirkungen des EEWärmegesetzes im Neubau mit Blick auf den Ausbau der Solarthermie wird nachfolgend die Vorgehensweise zur Ermittlung von solarthermischen Installationen im Wohnungs- und Nichtwohngebäude-Neubau vorgestellt und die sich daraus ergebenden Abschätzungen diskutiert.

Methodik zur Ermittlung der solarthermischen Anlagen im Neubau

Mehrere Quellen stellen Daten über den Ausbau der Solarthermie zur Verfügung, jedoch geben diese kein umfassendes Bild zur Entwicklung der Solarthermie im Neubau: Die Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE Stat) weist den jährlichen Zubau von Solarkollektoren (Fläche, Leistung) aus, differenziert hierbei jedoch nicht nach Alter und Art des Gebäudes auf dem die Anlagen installiert sind. Über das MAP-BAFA stehen Daten zur Anzahl der geförderten und installierten Anlagen zur Verfügung, jedoch werden die Daten erst seit 2009 – teilweise auch schon für 2008 – differenziert nach Neubau und Bestand erfasst. Und seit Mitte 2010 werden in der Regel keine Anlagen auf Neubauten gefördert.⁶ Eine Aufteilung nach Neubauten und Gebäudeart sowie die Hochrechnung auf alle Installationen – auch außerhalb des MAP – ist daher nur bedingt ab 2008 möglich.

Informationen zu großen Solarthermieanlagen, die im Rahmen des Programmteils der KfW eine Förderung erhalten, liegen zu geförderter Anlagenanzahl (105 in 2009) und Kapazität (6,3 MW in 2009) vor. Letztere entspricht knapp 1 % der durch das MAP-BAFA installierten Leistung [Fichtner et al. 2010]. Die Absatz- bzw. Umsatzstatistik des Bundesverbandes Solarwirtschaft (BSW) beruht auf Umsatzzahlen der Unternehmen und erlaubt nur bedingt Aussagen über tatsächlich erfolgte Installationen, da diese die Situation am Großhandelsmarkt (Herstellerangaben) widerspiegeln. Demnach beinhalten diese Daten auch Außenhandel und Zwischenlagerung und gehen zeitlich den erfolgten Installationen voraus. Die Angaben des Statistischen Bundesamtes zur Nutzung der primären Energieträger für Heizenergie in Neubauten eignen sich für die Ableitung solarthermischer Installationen im Neubau nur sehr beschränkt, da Solarkollektoren

⁵Die gegenwärtige Aktualisierung dieser Studie führt keine neuen Daten zum Einsatz der Solarthermie (Wasser, Raumwärme, Prozesse,...) auf.

⁶Anlagen zur Erzeugung von Prozesswärme sind auch dann förderungsfähig, wenn sie im Neubau errichtet werden. Auch die Innovationsförderung erfolgt unabhängig vom Errichtungszeitpunkt des Gebäudes (BMU 2012)

in der Regel als ergänzender (sekundärer) Energieträger), entweder für die Warmwasseraufbereitung oder zusätzlich zur Heizungsunterstützung eines fossilen Energieträgers genutzt werden. Sie finden sich somit nicht adäquat in der Statistik wieder. Allerdings stehen seit 2010 Angaben zu sekundären Heizsystemen in der Baugenehmigungsstatistik und seit 2011 auch für Baufertigstellungen zur Verfügung. Diese können für Abschätzungen ab 2010 genutzt werden.

Für die Vergangenheit (bis 2010) bieten sich daher zur Ermittlung der Installationen von Solaranlagen im Neubau zwei verschiedene Vorgehensweisen an:

- (i) Methode 1 greift auf Daten der BAFA [BAFA 2010] zum MAP zurück, die zum einen eine Unterscheidung nach Neubau und Bestand zum anderen nach Nutzungsart und Empfängertyp (BAFA-Daten 2008-2009) ermöglichen. Eine Unterscheidung dieser Daten für Installationen vor 2008 nach Bestand und Neubau ist nicht möglich, da seitens des BAFA keine differenzierten Daten hierzu vorliegen; allerdings bestehen hierzu Expertenabschätzungen. Da ab 2010 die Förderung sich nur noch auf Anlagen in bestehenden Gebäuden beschränkt, beruht ab diesem Zeitpunkt die Schätzung ausschließlich auf Expertenabschätzungen. Eine Unterteilung der Installationen nach verschiedenen Technologien ist aufgrund fehlender Daten ebenfalls nicht möglich.
- (ii) Methode 2 beruht auf der Baufertigstellungsstatistik des Destatis und berücksichtigt Anteile der EE bzw. der Solarthermie bei der Wärmeerzeugung aus mehreren Quellen. Beide Methoden sind in Anhang 0 näher erläutert.

Für eine Schätzung der Anteile in 2011 lassen sich die Anteile aus der Baufertigstellungsstatistik (primär und sekundär verwendete Heizsysteme) ableiten.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Abschätzung bis 2010, die auf Methode 1 und 2 beruhen, sind als Durchschnittswerte innerhalb einer gewissen Bandweite zu sehen, während die Anteile für 2011 auf statistisch ermittelten Daten aufbauen.

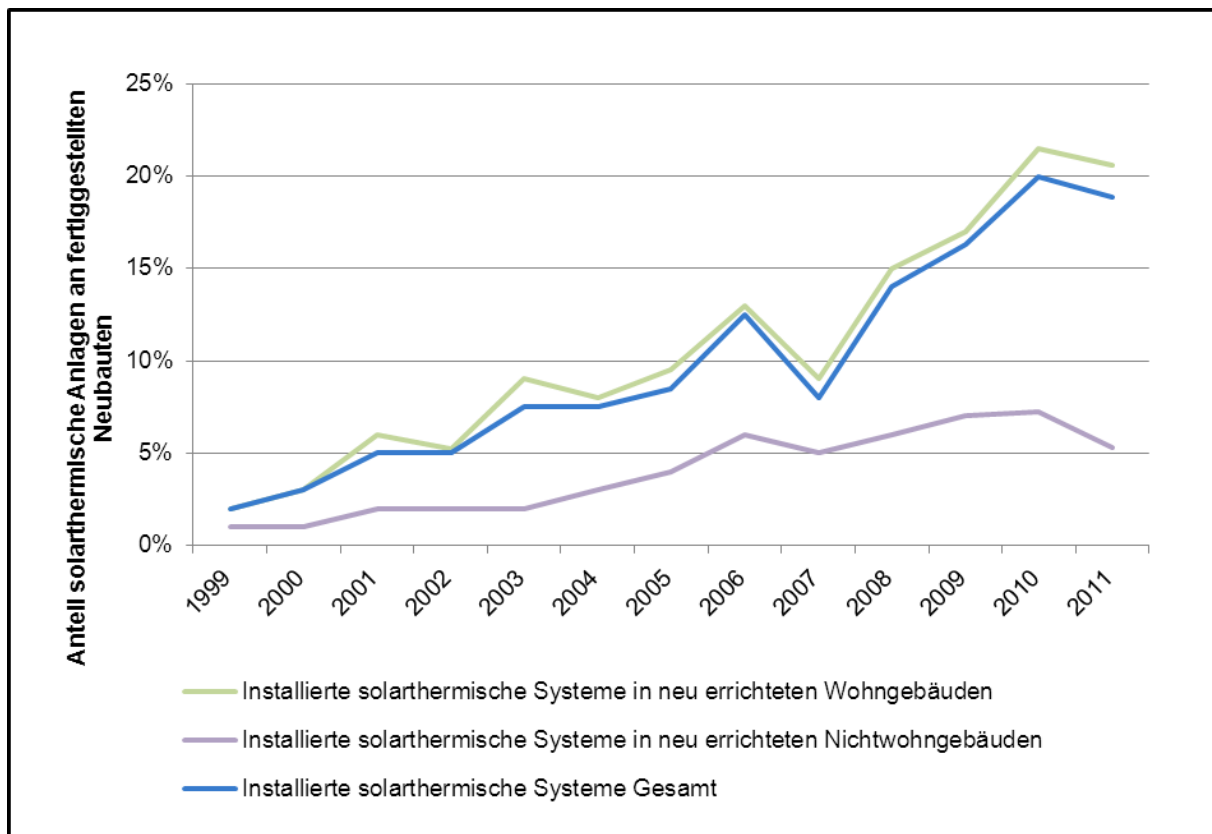


Abbildung 5: Anteil der Solarthermieanlagen in Neubauten
[eigene Berechnung und Darstellung Fh-ISI]

Im Hinblick auf die abgeschätzten Werte ist zu sagen, dass der angelegte Neubauanteil an allen installierten Solarthermieanlagen – auf Neubauten und bestehenden Gebäuden – sich vergleichsweise bescheiden ausnimmt. Demzufolge wären weniger die Neubauten als vielmehr die bestehenden Gebäude als Hauptzielgruppe eines EE-Ausbaus zu betrachten. In 2009 könnte noch der MAP-induzierte EE-Ausbau die möglichen Wirkungen des EEWärmeG überlagern. Für 2010 und 2011 erlaubt die Datenlage zwar keine abschließenden Aussagen, aber der Anstieg in 2010 dürfte als Wirkung des EEWärmeG zu interpretieren sein, da im Rahmen des MAP ab 2010 keine umfangreiche Förderung im Neubau möglich war. Aufgrund des Rückgangs der Förderfälle im MAP-Bafa bei Solaranlageninstallationen dürfte der Gebäudebestand im Vergleich zu Neubauten rückläufig sein. Daraus folgt, dass der Anteil von Neubauten mit Installationen von Solaranlagen in 2010 relativ und absolut zugenommen hat, der für 2011 relativ abgefallen aber absolut angestiegen ist.

Die hier ermittelten historischen Anteile der Solarenergie im Neubau (bis 2010) sind mit dem in der TNS-Emnid-Umfrage ausgewiesenen Anteil nicht ganz übereinstimmend (Dort werden höhere Anteile von über 25 % ermittelt.). Ein Grund für die Diskrepanz der Daten könnten außerdem Kombinationen aus solarthermischen Anlagen mit anderen (Ersatz-)Maßnahmen wie der Übererfüllung der EnEV sein. Insgesamt besteht die Gefahr, dass durch die alleinige Auswertung einer Statistik andere Einflussfaktoren nur indirekt widerspiegelt werden und somit Tendenzen aufgrund von erwarteten Änderungen bei Preisen, Besteuerung,

gesetzliche Vorgaben und Präferenz-änderungen sich in den Zahlen nicht unbedingt niederschlagen. Prinzipiell ist das Ergebnis nach beiden Methoden stark von der Verfügbarkeit und Qualität der Daten abhängig. Diese Abhängigkeit vermindert sich jedoch für 2010 und die folgenden Jahre aufgrund neuer statistischer Daten (Baugenehmigung) deutlich.

Die Solarthermie ist nach den Ersatzmaßnahmen und den Wärmepumpen die am dritthäufigsten gewählte Erfüllungsoption im EEWärmeG in den Jahren 2009, 2010 und 2011.

Generell lassen sich die Technologieanteile an der Nutzungspflichterfüllung nur teilweise mit der in Kapitel 7 dargestellten Wirtschaftlichkeitsberechnung auf Basis von annuitätischen Vollkosten begründen, da technologische und infrastrukturelle Diffusionsparameter sowie individuelles Investitionskalkül und persönliche Präferenzen der Bauherrn ebenfalls entscheidend sind.

Aus der ökonomischen Perspektive weist die Solarthermie mit Bezug auf die rein solarthermisch erzeugte Nutzenergie die höchsten Wärmebereitstellungskosten aller EE-Wärmetechnologien auf. Allerdings werden Solaranlagen aus technologischen und ökonomischen Gesichtspunkten in der Regel nicht als alleiniger Wärmeerzeuger installiert. Sie haben daher dementsprechend einen niedrigeren Nutzungspflichtanteil, so dass die resultierenden jährlichen Jahresvollkosten des Gesamtsystems sehr viel niedriger sind. Darüber hinaus gelten aus Investorensicht die geringen Anschaffungskosten als weiterer Vorteil, denn bei Kombination der Anlage mit einem fossilen Heizungskessel im Vergleich zu erneuerbaren Primärheizsystemen (Biomasse-Kessel, Wärmepumpe) sind diese weitaus geringer. Für Anbieter fossiler Heizsysteme bietet die Kombination mit Solaranlagen die Möglichkeit, ihre Produkte als „klimafreundlich“ und teilweise „erneuerbar“ zu vermarkten, weswegen sich die Kombination von Solarthermie und fossilen Heizungskesseln mittlerweile als Standardprodukt am Markt etabliert hat. Solaranlagen zur Warmwasserbereitung sind dabei aufgrund der geringeren Investitionen und des höheren spezifischen Kollektorertrages wirtschaftlicher als Kombianlagen (Kapitel 7).

Der Einsatz von Solarthermie in Gebäude ist allerdings auch durch gebäudespezifische Bedingungen beschränkt. Der Warmwasserbedarf ist dabei ein entscheidender Parameter, weswegen Solarthermieanlagen weitaus mehr in Wohngebäuden, als in Nichtwohngebäuden installiert werden. Zudem ist die Verfügbarkeit für eine solarthermische Nutzung benötigte Dachfläche beschränkt aufgrund von Verschattung (z.B. Bäume), der Ausrichtung des Gebäudes oder einer alternativen Nutzung durch Photovoltaik. Darüber hinaus dürfen aufgrund restriktiver Vorgaben des Bebauungsplans in manchen Regionen keine Solarthermie- oder Photovoltaikanlagen auf Dächern von Wohn- oder Wirtschaftsgebäuden erstellt werden.

28.02.2013

4.1.2 Biomasse

Feste Biomasse

Gemäß Aufgabenstellung erstreckt sich der Betrachtungszeitraum über die Jahre 1997 bis 2011. Als Grundlage der Berechnung dienen die Daten des statistischen Bundesamtes [Destatis 2011] zu Baufertigstellungen im Hochbau. Die Erhebungsstruktur der Baufertigstellungsstatistik ermöglicht dabei eine Differenzierung der Marktdaten nach Wohn- und Nichtwohngebäude.

In den Erfassungsbögen bis 2010 ist Biomasse unter dem Punkt „sonstige verwendete Heizenergie“ gefallen. Gemäß Rahmenanleitung für die Erläuterungen zur Statistik der Bautätigkeit im Hochbau, fallen hierunter Brennstoffe wie z. B. Holz, Papier, aber auch Biogas. Basierend auf Interviews mit dem zuständigen Sachbearbeiter beim Statistischen Bundesamt, konnte davon ausgegangen werden, dass „feste Biomasse“ gem. § 2 Absatz 1 EEWärmeG etwa 90 % dieses Anteils ausmacht. Diese Annahme wird durch Aufzeichnungen des Deutschen Pelletinstituts (DEPI) und des Bundesverbandes BioEnergie (BBE) weitgehend bestätigt. Mit den Erhebungen 2011 zur Baufertigstellung, bzw. bei den Baugenehmigungen bereits seit dem Jahr 2010, erfolgt eine differenziertere Ausweisung nach Holz, Biogas, Sonstige Biomasse und Sonstige Heizenergie. Bei Betrachtung der nun detaillierteren Baufertigstellungsstatistiken tritt nun jedoch eine erhebliche Unregelmäßigkeit innerhalb der Energieträger auf, die früher in der Kategorie „sonstige verwendete Heizenergie“ zusammengeführt waren. Der Anteil der festen Biomasse innerhalb dieser Kategorie summiert sich nämlich lediglich auf einen Gesamtanteil von etwa 59% (Wohngebäude 60%, Nichtwohngebäude 51%). Nach Rücksprache mit dem Hauptsachbearbeiter beim Statistischen Bundesamt liegt der geringe Anteil der festen Biomasse, bzw. der hohe Anteil der „Sonstigen Heizenergie“ an der Neustrukturierung des Erhebungsbogens und dem Fakt, dass oft ein Zeitraum von mehreren Jahren (in der Regel bis zu drei Jahren) zwischen Baugenehmigung und Baufertigstellung liegt. In vielen Bundesländern werden im Rahmen der Meldung der Baufertigstellung jedoch die Angaben zur Heizenergie nicht nacherhoben. Somit wurde in dem hier dargestellten Fall das fertig gestellte Gebäude noch unter der Kategorie „Sonstige Heizenergie“ geführt, obwohl es vielleicht mit Holz beheizt wird. Man kann aber wohl davon ausgehen, dass sich diese Differenzen mit den Ergebnissen für 2012 egalisieren werden.

Der zuständige Hauptsachbearbeiter beim Statistischen Bundesamt ist der Meinung, dass für aktuelle Auswertungen die Heizenergieverteilung bei den Baugenehmigungen vorübergehend verlässlichere Aussagen zulässt. Wenn man die Heizenergieverteilung bei den Baugenehmigungsstatistiken der Jahre 2010 und 2011 analysiert, erhält man in beiden Jahren einen relativ gleichbleibenden Anteil der festen Biomasse innerhalb der ehemaligen Kategorie „sonstige verwendete Heizenergie“. Dieser beträgt bei den Wohngebäuden etwa 87%, bei den Nichtwohngebäuden etwa 75%. Die bis dahin verwendete Annahme von 90% wurde anschließend nachträglich durch diese Anteile zur Erstellung der Zeitreihe ab 1997, für Gebäude die mit fester Biomasse versorgt werden, übernommen.

28.02.2013

Die Anzahl primär verwendeter Biomasseheizungen in neu errichteten Gebäuden in Deutschland ist im Zeitraum 1997 - 2011 insgesamt gestiegen (siehe Abbildung 98 im Anhang, Kapitel 11.1). Im Wohngebäudebereich ist die Anzahl an Systemen zwischen 2007 und 2009 absolut gesehen zwar zurückgegangen, seit dem Jahr 2010 aber wieder stark angestiegen. Für eine geeignete Aussage zur Entwicklung der Biomasseheizungen im Neubau müssen jedoch die relativen Anteile betrachtet werden welche in Abbildung 6 dargestellt sind.

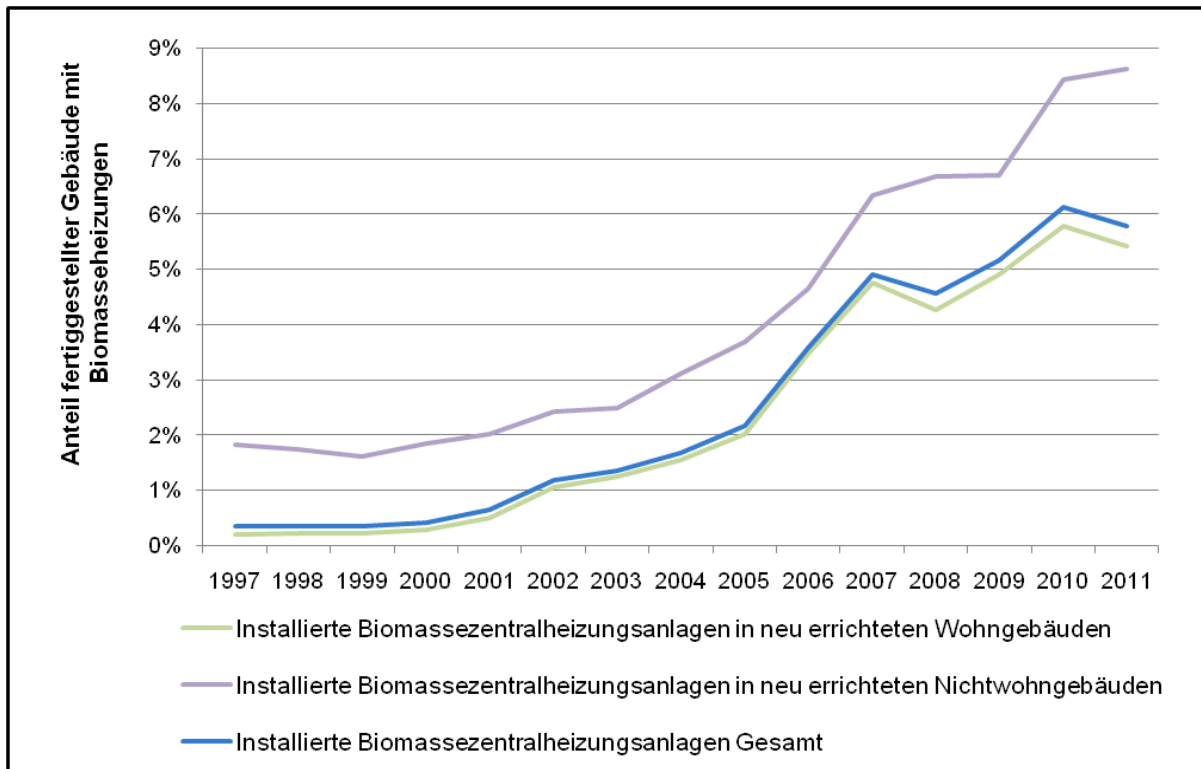


Abbildung 6: Anteil primär verwendeter Biomasseheizungen in neu errichteten Gebäuden in Deutschland, 1997-2011

[eigene Darstellung]

Abbildung 6 zeigt den relativen Anteil primär verwendeter Biomasseheizungen in neu errichteten Gebäuden in Deutschland im Zeitraum 1997-2011. Der relative Anteil der Biomasseheizungen im Neubau ist dabei über den gesamten Betrachtungszeitraum ziemlich konstant gestiegen. Lediglich im Jahr 2008 ist der Anteil geringfügig von 4,9 % auf 4,6 % gesunken, bevor er dann wieder angestiegen ist und im Jahr 2011 wieder geringfügig von 6,1 % auf 5,8 % abgefallen ist. Bemerkenswert ist jedoch der kontinuierlich angestiegene Anteil im Nichtwohngebäudebereich, der sich im Zeitraum zwischen 1999 und 2011 von 1,6 % auf 8,6 % mehr als verfünffacht hat.

Mit einem relativen Anteil von etwa 6 %, stellen die Biomasseheizungsanlagen somit aber nur einen geringen Anteil der EE im Neubau dar. Aufgrund des hohen Anteils der Biomasse an der Wärmeerzeugung sowie der Ergebnisse der TNS-Emnid-Umfrage 2009 (~ 9 %) wären höhere Anteile zu erwarten. Erklärung für die

Abweichungen könnte u.a. die hier nicht erfolgte Berücksichtigung der Biomasse als sekundäre Wärmequelle sein. Der hohe Anteil der Biomasse an der gesamten EE-Wärmemenge resultiert zudem aus den Holzverbräuchen im Gebäudebestand. Da laut EEWärmeG jedoch ein Mindestdeckungsanteil von 50 % für Biomasse vorgeschrieben ist und der Wirkungsgrad von typischen Sekundär-Biomasseheizungen (z.B. Öfen) normalerweise auch nicht den geforderten Mindestwert nach EEWärmeG erreicht, kann der hier dargestellte Anteil als verhältnismässig verlässlich angenommen werden.

Obwohl die spezifischen Investitionskosten in den letzten Jahren eher gestiegen als gefallen sind (für mehr Informationen siehe Kapitel 5.2.1), ist der relative Anteil im Neubau insgesamt doch gestiegen. Die Ursachen für diesen Trend scheinen daher woanders zu liegen. Ein möglicher Grund kann das generelle Förderangebot im MAP sein, welches die Technologie insgesamt attraktiver erscheinen lässt oder auch die sehr gute Primärenergiebilanz (siehe Kapitel 6), welche die Umsetzung der EnEV Anforderungen einfacher realisieren lässt.

Flüssige Biomasse

Der Einsatz von flüssiger Biomasse gemäß EEWärmeG kann technisch durch die Beimischung von Bioölen zum Heizöl oder der Verbrennung von 100 %igem Bioöl in Öl-Heizungssystemen erfolgen. Daneben sind auch KWK-Anlagen die Bioöle nutzen im Rahmen von Quartierslösungen, Objektversorgungen oder als Wärmequellen für Wärmenetze nutzbar. Zur Anerkennung im Rahmen des EEWärmeG ist ein Nutzungsanteil von 50 % des Wärme- und Kältebedarfs gefordert.

Zum Einsatz von Bioölen zur Wärmeversorgung privater Haushalte existieren keine gesicherten Daten. Eine Differenzierung nach Neubau und Bestand ist somit ebenfalls nicht möglich. Die Wärme aus Bioöl-gespeisten EEG-Anlagen (KWK-Anlagen) dürfte den größten Anteil der Wärme aus flüssiger Biomasse für Neubauten stellen. In diesem Kapitel werden keine Daten zur Wärmenutzung flüssiger Biomasse aus „EEG-Anlagen“ dargestellt; die EEG-Anlagen werden im Kapitel 4.1.7 (Wärmenetze) berücksichtigt.

Nach Einschätzung von Experten liegt der Marktanteil von Bioölen im Vergleich zu Heizöl deutlich unter einem Prozent und ist somit derzeit nicht relevant⁷. Es gibt aber große regionale Unterschiede. Da beispielsweise Baden-Württemberg auch für Bestandsgebäude den Einsatz von EE im Wärmebereich fordert (z.B. erfüllbar mit 10 % Bioenergieanteil) kann die Zumischung von Bioölen zu bestehenden Öl-Heizungssysteme durchaus attraktiv sein, falls nur sehr geringe Zusatzinvestitionen anfallen. Bzgl. technischer Grenzen siehe Kapitel 5.2.2.

Im Jahr 2009 wurden auf dem Markt ca. 150.000 (fossile) Öl-Heiz-Geräte, davon ca. 72.000 Öl-Brennwert-Geräte, abgesetzt. Öl-Brennwert-Geräte entsprechen einem Anteil von 62 % aller abgesetzten Öl-Geräte, mit stark steigender Tendenz. Der

⁷ Herr Lucks, IWO, Institut für wirtschaftliche Ölheizungen, und Herr Dr. Winkler Mineralölwirtschaftsverband e.V., MWV, persönliches Gespräch am 14.07.10

Marktanteil von Öl-Heizungen in Deutschland sank in den letzten Jahren stetig, ist aber seit 2007 konstant geblieben. Lag der Anteil von Öl-Heizungssystemen am Verkauf von Wärmeerzeugern 1998 noch bei ca. 28 %, sank dieser bis 2006 auf 18,4 %, um sich dort zu stabilisieren (2009, 18,2 %) [IWO 2010].

Angesichts von ca. 6 Mio. Ölheizungen im Gebäudebestand ist das Ausbaupotenzial hoch, die Marktentwicklung des Einsatzes flüssiger Biomasse aber stark von zukünftigen politischen Rahmenbedingungen abhängig.

Aufgrund begrenzter Bioenergie-Ressourcen müssen diese möglichst effizient und ökologisch sinnvoll eingesetzt werden. Die Anwendung der flüssigen Bioenergieträger zur Wärmenutzung ist nicht prioritär anzustreben (Begründung siehe Kapitel 5.2).

Gasförmige Biomasse

Der Einsatz gasförmiger Biomasse wird im Rahmen des EEWärmeG nur dann als Nutzungspflichterfüllend anerkannt, wenn er in KWK-Anlagen erfolgt und der Wärme- und Kältebedarf zu mindestens 30 % gedeckt werden. Es handelt sich bei der Biogasnutzung überwiegend um EEG-KWK-Anlagen (s. Kapitel 4.1.7 Wärmenetze und Kapitel 4.1.5). Ausführliche Begründungen zu diesem KWK-Erfordernis sind in den Kapiteln 5.2 und 10.4.2 dargestellt.

Erläuterung zur Darstellung der Nutzung von Biogas / Biomethan im vorliegenden Bericht

Da die Wärmenutzung aus Biogas im EEWärmeG nur dann als Pflichterfüllung anerkannt wird, wenn Biogas in einer KWK-Anwendung genutzt wird, erfolgt die Darstellung der Nutzung und Technik dieser Option in dem vorliegenden Bericht überwiegend im Kapitel 4.1.7 Wärmenetze (dort Daten zur Energienutzung und Technologie) beziehungsweise, wenn sachlich geboten, im Kapitel 4.1.5 Dezentrale-KWK (Technologiebeschreibung), sowie in entsprechenden Unterkapiteln des Kapitels 5 (Technologie). Methodologisch muss Biogas demnach abweichend von anderen Erneuerbaren-Energien-Technologien behandelt werden.

Die Darstellung der Nutzung von Biogas für Beheizung von Neubauten im Rahmen der Evaluation des EEWärmeG ist darüber hinaus durch große Unschärfen in den vorliegenden Daten erschwert. Eine Differenzierung (Allokation) der Nutzung der Biogas-KWK-Abwärme nach Neubau und Bestandsgebäuden ist aus den vorhandenen Studien und Statistiken nicht möglich. So wird in der Hochbaustatistik keine Nutzung von Biogaswärme im Neubau ausgewiesen. Auch wird in allen vorhandenen Studien zur Wärmenutzung von Biogasanlagen nicht zwischen Neubau und Bestandsgebäude differenziert. Die Nutzung von Biogaswärme kann aus den oben genannten Gründen nur in ihrer ungefähren Größenordnung bzw. Bedeutung abgeschätzt werden.

Es gibt Hinweise darauf, dass Biogas (wenn in Gebäuden genutzt) vorwiegend in Bestandsgebäuden genutzt wird. Damit bildet die Konzentration im Bericht auf die

28.02.2013

Nutzung der EE im Neubau das tatsächlich Ausmaß der Nutzung von Biogas/Biomethan insgesamt nur unzureichend ab. Diese bisherige Struktur der Nutzung der Biogaswärme ist u.a. folgenden technologischen und ökonomischen Gründe geschuldet:

- Biogasanlagen mit lokaler Verstromung oder BHKW zur Biomethannutzung werden zumeist dort geplant, wo bereits Wärmesenken vorhanden sind. Hohe Wärmenutzungsmöglichkeiten sind zur Erreichung eines wirtschaftlichen Betriebes nahezu zwangsläufig zu gewährleisten. Im Zuge der Maximierung des Wärmeabsatzes kann im Einzelfall zwar auch ein neu errichtetes Gebäude mitversorgt werden. Hierfür kann aber im Regelfall nur ein sehr untergeordneter Wärmeanteil genutzt werden. Nur im Ausnahmefall wird die Biogasanlage zusammen mit der Errichtung neuer Gebäude gekoppelt sein (beispielsweise in einem neu zu erschließenden Gewerbegebiet).
- Typische Biogasanlagen liefern auskoppelbare Wärmemengen in der Größenordnung von mehreren hundert kWth. Eine möglichst hohe anteilige Wärmenutzung ist in der Praxis nur unter Einbeziehung von großen bestehenden Wärmesenken (wie etwa Bestandsbauten) möglich.
- Biogasanlagen werden fast ausschließlich als EEG-Anlagen betrieben. Aus ökonomischen Gründen liegen die jährlichen Betriebsstunden möglichst hoch (zumindest 6.000 Betriebsstunden pro Jahr, zumeist über 7.500 h/a). Dementsprechend fällt die auskoppelbare Wärme nicht nur in der Heizperiode sondern auch in den wärmeren Jahreszeiten an. Für den wirtschaftlichen Biogasbetrieb ist es entscheidend, eine möglichst ganzjährig nutzbare Wärmesenke zu identifizieren. Diese sind mit bestehenden Industrieanlagen (Prozesswärmebedarf) oder vorhandenen anderen Nutzungen mit hohem Warmwasserbedarf (beispielsweise Schwimmbäder) besonders geeignet.

Insgesamt lässt sich schlussfolgern, dass die Nutzung von Abwärme aus Biogas-KWK-Anlagen vornehmlich in industriellen und gewerblichen Anwendungen (Prozesswärme) sowie im Gebäudebestand und weniger im Neubau erfolgt.

Die Nutzung von Biogas in KWK-Anlagen trägt im Gebäudebestand sowie in industriellen und gewerblichen Anwendungen erheblich zur Reduktion von Treibhausgasemissionen und der Substitution fossiler Energien bei. Im Rahmen der Nutzungspflichterfüllung nach dem EEWärmeG im Neubau ist die Erfüllungsoption Biogas aus ökonomischen und technischen Gegebenheiten (wie oben skizziert) bedingt jedoch nur von untergeordneter Bedeutung.

Aus diesen Gründen sind die Daten von Biogas in diesem Bericht in den jeweiligen Kapiteln zu Wärmenetzen oder Dezentrale KWK-Anlagen integriert. In den jeweiligen Biogaskapiteln erfolgt eine kurze Zusammenfassung der spezifischen Biogasinhalte.

Es gab Ende 2011 in Deutschland zurzeit ca. 7.200 Biogasanlagen (2010 ca. 6.000; 2009 ca. 5.000 Anlagen) mit einer Wärmeauskoppelung von ca. 7,3 – 8,3 TWh_{th} (2010 ca. 5,8 bis 6,7 TWh_{th}) [DBFZ 2011]. Die Zubaurate bei Biogasanlagen ist stark von der Entwicklung der EEG Vergütungsstruktur abhängig. Historisch gab es vor 2000 nur wenige Biogasanlagen. Gemäßigte Steigerungen wurden bis 2004 verzeichnet. Mit der Novellierung des EEG 2004 setzte ein starker Ausbau der Biogasnutzung ein, der 2009 einen weiteren Schub bekam. Im Jahr 2012 gelten neue Biogas-Tarife, deren Auswirkungen auf die Biogasanlagenentwicklung zu beobachten sind. Erste Einschätzungen deuten darauf hin, dass der Zubau von Biogasanlagen stark zuückgegangen ist.

Biogasanlagen sind in den letzten zehn Jahren technisch stark optimiert worden. Der erreichte Stand der Technik wird – neben kleineren weiteren Optimierungsmöglichkeiten - vorraussichtlich nur mit großem Aufwand zu erzielen sein (Enzymzugabe, Thermo-Druck-Hydrolyse, spezialisierte Bakterienspecies). Inwieweit diese technischen Entwicklungsmöglichkeiten auch wirtschaftlich lohnenswert umsetzbar sind, wird sich eher in Einzelfällen beweisen müssen, ohne dass von generellen Entwicklungschancen ausgegangen werden kann. Die weitere Entwicklung wird ebenfalls stark von den jeweils aktuellen EEG-Tarifen abhängen.

Die Anteile der Wärmeauskoppelung aus Biogasanlagen lässt sich nicht nach Neu- und Altbau differenzieren. Da die Wärmenutzung von Biogasanlagen über Wärmenetze erfolgt, sind die Anteile der Nutzungspflicht dort berücksichtigt worden.

Das Angebot zum Bezug von Biomethan in Privathaushalten ist eine neue Entwicklung (erstmals in 2009 möglich, aber im Sinne des EEWärmeG nur pflichterfüllend bei Einsatz in (Mini-)KWK-Anlagen). Die Nutzung wird steigen, ist aber stark von den politischen Rahmenbedingungen abhängig. Marktprognosen sind, neben den ordnungsrechtlichen Vorgaben auch angesichts der Preisentwicklung bei Erdgas, vorerst schwierig. Der Bezug von Erdgas mit Biogasanteil im privaten Haushalt (Gaskunden können bei verschiedenen Anbietern auf Erdgasqualität aufbereitetes Biogas (Biomethan) kaufen) ist gemäß EEWärmeG nicht bei Verwendung in Kesselanlagen, sondern nur bei Verwendung in KWK-Anlagen anrechenbar (siehe EEWärmeG, Anlage II).

Aufgrund begrenzter Bioenergie-Ressourcen müssen diese möglichst effizient und ökologisch sinnvoll eingesetzt werden. Die Anwendung gasförmiger Biomasse zur ausschließlichen Wärmenutzung ist nicht anzustreben (Begründung siehe Kapitel 5.2). Die Nutzung von Biogas in der KWK-Anwendung (Ende 2011 in ca.. 7.200 Biogasanlagen, Tendenz stark steigend) ist hingegen sinnvoll.

4.1.3 Geothermie und Umweltwärme

Die verwendeten Informationen und Daten zur Ermittlung der in Deutschland installierten Wärmepumpen (im Folgenden WP) basieren auf umfassenden Quellen, die sowohl persönliche Mitteilungen, Befragungen sowie Auswertungen diverser Studien umfassen.⁸

Nachfolgend werden zunächst die Absatzzahlen, der Gerätebestand sowie die Anteile der WP im Gebäudebestand und Neubau betrachtet.

Absatz von Wärmepumpen (siehe hierzu auch Grafik im Anhang 11.1.3)

Vor rund zwanzig Jahren erhielt der Wärmepumpenmarkt in Folge der Ölkrise einen ersten Aufschwung, der seinen Höhepunkt 1980 erreichte. In der Folgezeit flaute der Boom aufgrund sinkender Ölpreise und mangelnder Umweltverträglichkeit schnell wieder ab. Auch technische Probleme sowie schlechte Leistungszahlen sorgten für Absatzeinbußen. Ein Anstieg der Verkaufszahlen ist erst wieder ab Mitte der Neunziger, zeitgleich mit einem erneuten Anstieg der Ölpreise, zu verzeichnen [Quaschnig 2006].

Ab dem Jahr 2006 stieg der Absatz sprunghaft auf nahezu 45.000 Geräte an und blieb auch im Folgejahr bei annähernd diesem Wert. 2008 wurde die Förderung für WP mit zusätzlicher Brauchwassererwärmung in das MAP aufgenommen, was mitunter zu einem Anstieg des Absatzes um fast 40 % auf 62.500 Geräte führte.

Während sich der Anstieg in 2008 durch die Aufnahme der Wärmepumpen im MAP erklären lässt, ist zum Verständnis des Absatzsprungs im Jahre 2006 eine detaillierte Betrachtung der möglichen Ursachen notwendig. Wir gehen davon aus, dass hauptsächlich zwei Triebfedern diesen Effekt hervorgerufen haben:

- Die Anhebung der Umsatzsteuer zum 01.01.2007 von vormals 16 % auf 19 % hat eventuell auch bei Sanierungsmaßnahmen im Gebäudebereich zu vorgezogenen

⁸ Persönliche Befragung der Fachverbände Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V. (BDH) sowie Bundesverband Wärmepumpe e.V. (BWP)

Persönliche Befragung der Hersteller, überwiegend per telefonischem Erstkontakt: Alpha-InnoTec, Buderus, Junkers, Stiebel-Eltron, Vaillant, Viessmann. Es ist anzumerken, dass die Hersteller bei der Preisgabe von Verkaufszahlen eher zurückhaltend waren.

Persönliche Befragung und Auswertung der Prüf- und Feldtests verschiedener Testzentren und Institute: Wärmepumpentestzentrum WPZ Buchs (CH) sowie Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (Fraunhofer ISE). Auswertung einschlägiger Studien, Marktanalysen, Fachartikel und anderer Veröffentlichungen zum Thema von: Bundesverband Wärmepumpen e.V. (BWP), Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V. (BDH), Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE), Bundesamt für Energie (BfE) (CH), Wärmepumpentestzentrum (WPZ) (CH), Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Bremer Energieinstitut (BEI), Lokale Agenda Lahr, E.ON AG, FAWA, Geothermie Zentrum Bochum (GZB), Statistische Bundesamt Deutschland (StaBu), Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), Haus und Energie (H&E) Zeitschrift, Europäisches Testzentrum für Wohnungslüftungsgeräte e.V. (TZWL), Informationszentrum Wärmepumpen und Kältetechnik e.V. (IZW), Initiativkreis WärmePumpe e.V.(IWP), Volker Quaschnig, Stiftung Warentest, Verbraucherzentrale, Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr Baden Württemberg (MUNV-BW) und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU).

Investitionen in 2006 geführt, welche auch die Wärmepumpenbranche tangiert haben. Eine wissenschaftliche Auswertung hierzu ist uns jedoch nicht bekannt.

- Am 01.01.2006 lief die Eigenheimzulage aus. Bauherren, die noch in den Genuss der Zulage kommen wollten, mussten ihre Bauanträge bis spätestens 31.12. des Vorjahrs gestellt haben. Dies führte zu einem Anstieg der Anträge Ende 2005 und zu einem Peak an Baugenehmigungen in 2006 (siehe
- Abbildung 99).

Den größten Anteil am Verkaufsanstieg in 2006 haben die L/W-WP (in Abbildung 101 verdeutlicht). Sie verdreifachten ihren Anteil am Gesamtabsatz von 2005 auf 2006, während die Erdwärmepumpen ihren Anteil verdoppeln konnten.

Ein weiterer erheblicher Absatzsprung ist im Jahr 2008 zu verzeichnen: während die Sole-WP ihren Anteil um rund 27 % gegenüber dem Vorjahr erhöhen konnten, stiegen die Verkaufszahlen der L/W-WP um 42 %, womit sie ihren Anteil am Gesamtabsatz nahezu verdoppelten. Die Förderung durch das MAP war sicherlich einer der Hauptgründe für den starken Anstieg der Verkaufszahlen in 2008.

2009 war der Absatz auf dem Wärmepumpenmarkt zum ersten Mal seit 1989 wieder rückläufig. Nach einem Einbruch von knapp 15 % lag der Absatz am Jahresende bei 54.800 Geräten. Dem Verkauf von 24.600 S/W-WP (18 % weniger als 2008) standen dabei 24.400 L/W-WP gegenüber (13 % weniger als 2008). Auch der Verkauf von W/W-WP ging um 16 % auf 3.800 Geräte zurück (siehe im Anhang, Abbildung 101).

BWP und BDH begründen den Rückgang mit anhaltend niedrigen Energiepreisen sowie mit der schlechten Wirtschaftslage in jenem Jahr, die viele Hausbesitzer davon abgehalten hatte, in die Modernisierung ihres Hauses bzw. ihrer Heizungsanlage zu investieren. Die Abwrackprämie sowie der Photovoltaik-Boom aufgrund der angekündigten Reduzierung der Förderhöhen sowie die niedrigen PV-Modulpreise könnten nach Einschätzung der beiden Verbände weitere Gründe gewesen sein, die dazu führten, dass die privaten Gelder nicht vorrangig in die Heizungsmodernisierung geflossen sind [BWP 2010c, BDH 2009].

Im Jahr 2010 ging der Absatz um weitere 7 % zurück. Allerdings betraf der Rückgang überwiegend die erdgekoppelten WP, deren Verkaufszahlen mit 21.700 S/W-WP um weitere 11 % und mit 2.800 W/W-WP um sogar 26 % einbrachen. L/W-WP konnten hingegen ihren Absatz um 8 % zum Vorjahr steigern und lagen mit 26.500 erstmals vor den S/W-WP (siehe Abbildung 7).

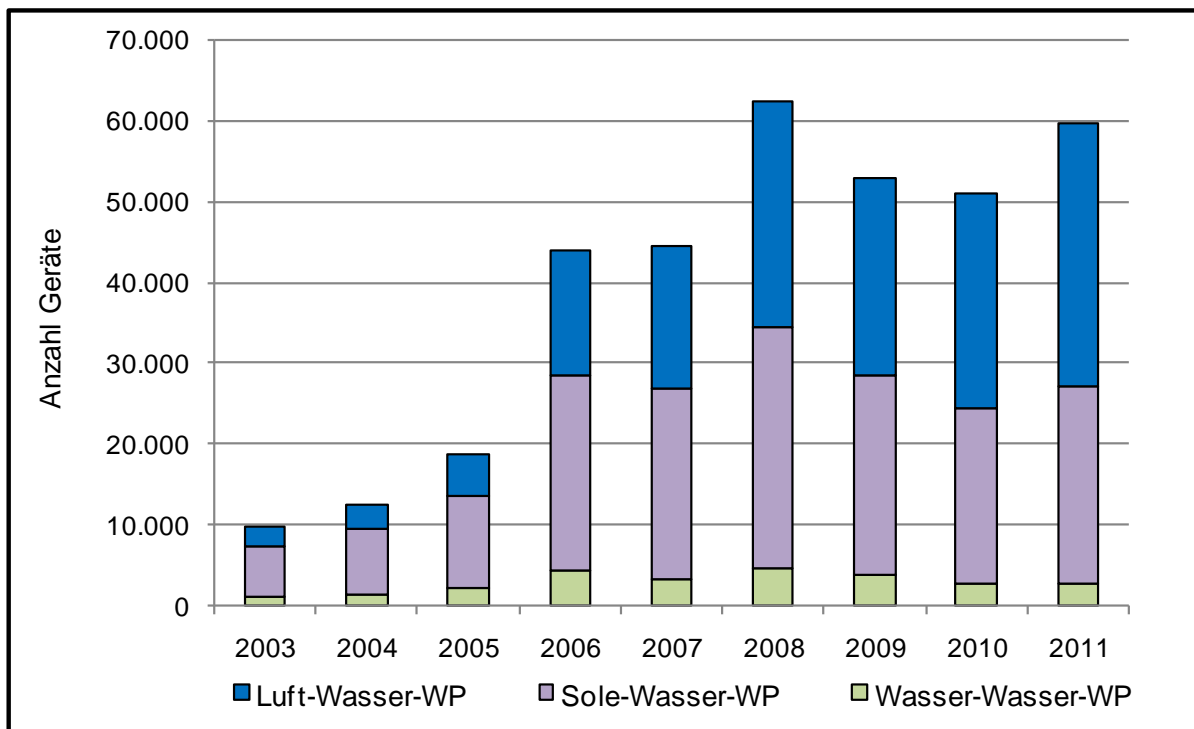


Abbildung 7: Wärmepumpenabsatz 2003 bis 2011
 [BWP 2010a/BWP 2011a/BWP 2012 a/b]

Laut Einschätzung des BWP ist die gedämpfte Marktentwicklung der Jahre 2009 und 2010 auf die anhaltend schlechte Wirtschaftslage sowie die niedrigen Öl- und Gaspreise zurückzuführen. Der Absatzrückgang bei den Erdreich-WP wird zudem der für den Bauherren als kompliziert eingeschätzten Genehmigungspraxis zugeschrieben. Als weitere Gründe nennt der BWP das zeitweilige Aussetzen des MAP (03. Mai bis 12. Juli 2010) sowie die damit verbundene Anpassung der Förderrichtlinie [BWP 2011d].

Der Verkaufsanstieg der L/W-WP zeigt hingegen deutlich, dass deren Absatz nur bedingt durch das MAP beeinflusst wird. Die Tatsache, dass nur die wenigsten aktuell auf dem Markt verfügbaren Geräte die im MAP geforderten JAZ erreichen, der Verkauf aber dennoch mehr oder weniger unverändert floriert, legt die Annahme nahe, dass die Effizienz bei den Kaufentscheidungen zu L/W-WP anscheinend nur von untergeordneter Bedeutung ist. Günstiger Anschaffungspreis und geringer Installationsaufwand scheinen als Kaufargumente die dominierendere Rolle zu spielen. Ein Anreiz zur Effizienzverbesserung für die Hersteller wird von dieser Seite somit nicht forciert. Dementsprechend verhalten zeigt sich die aktuelle Entwicklung bei den JAZ. Hier besteht ein dringender Handlungsbedarf, auf den in Kap. 10.4. näher eingegangen wird.

Auch 2011 hält dieser Trend weiter an: Mit 32.600 verkauften Geräten haben die Luftwärmepumpen ihren bisher größten Absatz Erfolg erzielt und konnten ihren Anteil am Gesamtabsatz noch einmal um 2 % steigern. Auch bei den S/W-WP gehen die Verkaufszahlen 2011 wieder nach oben und erreichen mit 24.400 verkauften Geräten

annähernd den Wert von 2009. Der Absatz der W/W-WP bleibt im gleichen Jahr unverändert bei rund 2.800 Geräten [BWP 2012a/b].

Alle bisher angegebenen Absatzzahlen waren exklusiv reversibler WP sowie Brauchwasser-WP. Der Anteil von reversiblen WP, welche auch zur Kühlung eingesetzt werden können, lag in 2008 bei 1,7 % des Gesamtabsatzes (1.100 Geräte), 2009 bei 2,6 % (1.500 Geräte). 2010 wurden im Vergleich zum Vorjahr mehr als doppelt so viele reversible WP verkauft (3.300 Geräte). Das entspricht einem Anteil von 6,5 % am Gesamtabsatz. Ein steigendes Interesse privater Haushalte an klimatisierten Wohnräumen ist somit deutlich erkennbar. Seit 2011 werden reversible WP aufgrund zu geringer Rückmelderaten seitens des Handels nicht mehr separat erfasst und den drei Hauptgruppen zugeordnet - vermutlich in erster Linie den S/W-WP, da sich viele Geräte dieser Bauart bereits prinzipbedingt zum Kühlen eignen [BWP 2012b].

Brauchwasser-WP, die ausschließlich zur Erwärmung des Trinkwassers eingesetzt werden, hatten 2008 einen Absatzanteil von 18,2 % (13.900 Geräte). Diese Anlagen können nur bei Nutzung von Erdwärme, Umweltwärme oder Abwärme für die Nutzungspflicht nach EEWärmeG verwendet werden. 2009 lag ihr Anteil bei 16 % (10.400 Geräte), 2010 bei 16,5 % (8.400 Geräte) und 2011 mit 8.900 verkauften Geräten bei 15 % [BWP 2010a / BWP 2011a / BWP 2012b].

Anzumerken ist, dass die in diesem Kapitel aufgeführten Absatzzahlen nicht zwangsläufig mit der tatsächlich installierten Anzahl an WP identisch sind, da die vom BWP veröffentlichten Daten den Großhandelsmarkt (Herstellerangaben) widerspiegeln und damit auch Außenhandel und Zwischenlagerung beinhalten.

Zu den WP-Typen Gas- und Luft/Luft-WP konnten wir keine belastbaren Absatzzahlen ermitteln. Die Marktanteile sind sehr gering. Der BDH schätzt die Anzahl aller installierten Gas-Wärmepumpen in Deutschland auf aktuell annähernd 500 Geräte [BDH 2010]. Luft/Luft-WP sind in der Regel Bestandteil einer Wohnungslüftungsanlage, meist in Kombination mit einem Wärmerückgewinnungssystem, und werden nicht als Einzelgeräte in einer Kaufstatistik erfasst.

Wärmepumpen-Bestand

Der BWP gibt die Anzahl der Ende 2008 in Deutschland betriebenen WP-Anlagen mit rund 281.000 Geräten an. Der Verband geht dabei von einer Differenz zum Gesamtabsatz (1978 bis 2009) durch Rückbau von Heizungen sowie Austausch von alten WP von insgesamt annähernd 35 % aus, die in den Zahlen bereits berücksichtigt wurden.

S/W-WP bildeten dabei mit rund 164.000 Geräten und 58 % die Hauptgruppe. Der Anteil der W/W-WP lag mit etwa 28.000 Geräten bei 10 %. Ende 2008 war somit jede

dritte Wärmepumpe eine L/W-WP, die mit knapp 89.000 Anlagen über 32 % des Bestands stellten [BWP 2010a].

Für 2010 wurde der Bestand vom BWP auf 384.000 Geräte geschätzt. S/W-WP bildeten mit 54 % (209.000 Geräte) noch immer die Hauptgruppe. Der Abstand zu den L/W-WP, welche mit 141.000 Geräten 2010 37 % des Bestands stellen, hat sich jedoch im Vergleich zu 2008 deutlich verringert. Der Anteil der W/W-WP hat sich geringfügig auf 9 % (34.000 Geräte) vermindert. Der Anteil der WP am Gesamtbestand der Wärmeerzeuger in 2010 war 2,2 % [BWP 2011c].

Für 2011 schätzt der Wärmepumpenverband einen Gesamtbestand von 444.800 Geräten. Der Anteil der S/W-WP verringert sich nur gering auf 53 % (234.000 Geräte). L/W-WP stellen mit 174.000 Anlagen mittlerweile 39 %, W/W-WP mit 37.000 Geräten nur noch 8 % des Bestandes [BWP 2012b] (vgl. Abbildung 8)

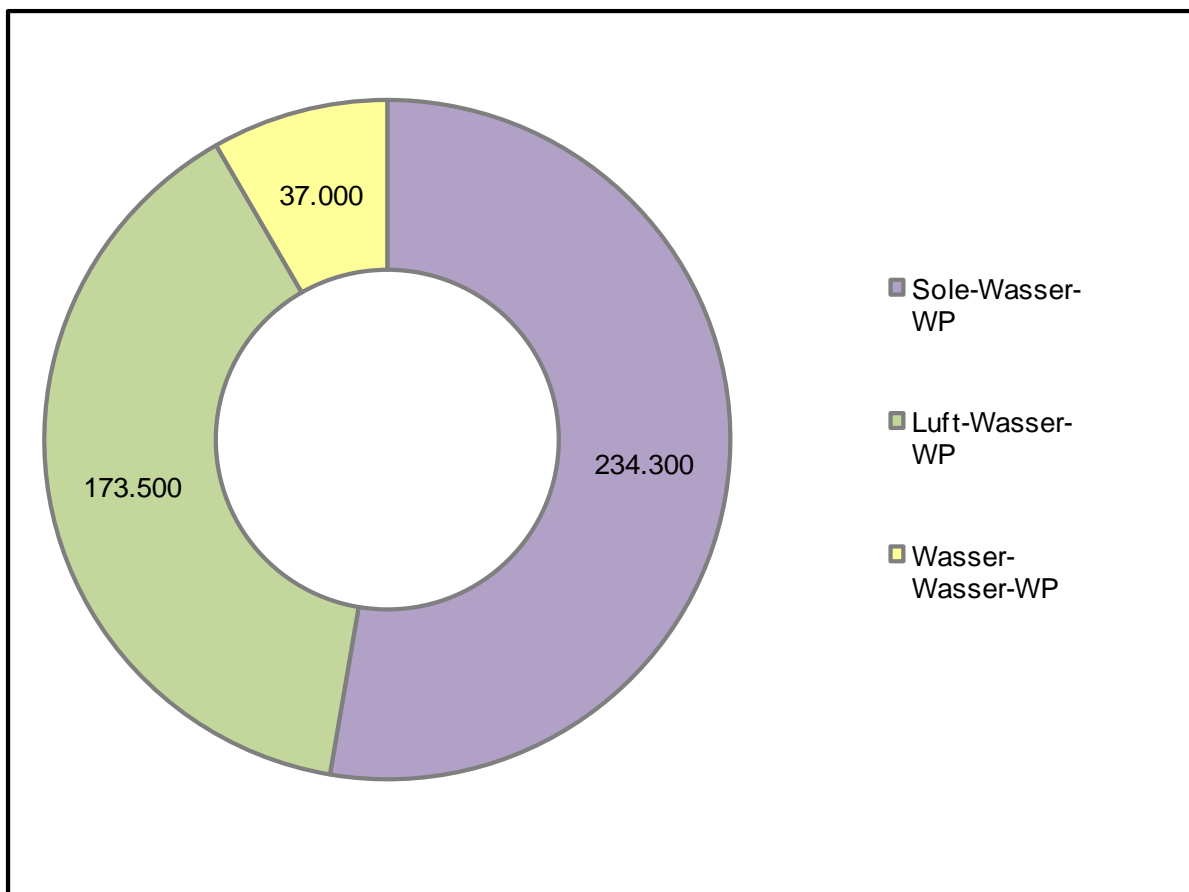


Abbildung 8: Verteilung der Wärmepumpentypen im Anlagenbestand 2011 [BWP 2012]

Die Gesamtleistung lag Ende 2008 bei 3,5 GW thermisch und 0,93 GW elektrisch⁹. Dies entspricht in etwa der dreifachen Leistung des Jahres 1990. Insgesamt wurden 2008 6,8 TWh Wärme durch WP bereitgestellt. Bei einem Strombezug von 2,4 TWh

⁹ Bezogen auf den durchschnittlichen COP 2008 siehe [GZB 2010, S.32]

entspricht das einem erneuerbarem Wärmeanteil von 4,5 TWh und einer durchschnittlichen JAZ von 2,8.

Zahlen zu Leistung und Wärmeerzeugung liegen uns für 2010 und 2011 nicht vor. Auf Basis der Berechnungen des Geothermiezentrum Bochum [GZB 2010, S.32] und unter der Annahme, dass die thermische Leistung von WP seit 2008 nicht mehr gesunken ist, haben wir für 2010 eine thermische Gesamtleistung von 4,8 GW sowie eine elektrische Leistungsaufnahme von 1,2 GW errechnet. Bei einer durchschnittlichen JAZ von 3 wurden 9,4 TWh Wärme erzeugt. Dies entspricht einem Leistungsbezug von 3,1 TWh Strom und einem erneuerbarem Wärmeanteil von 6,3 TWh¹⁰.

Für 2011 ergibt sich mithilfe der selben Berechnungsmethode eine installierte thermische Gesamtleistung von 5,5 GW bei einer elektrischen Anschlußleistung von 1,4 GW. Bei einem rechnerische ermittelten Leistungsbezug von 3,5 TWh Strom ergibt sich ein Wärmeerzeugung von 10,7 TWh. Dies entspricht einer durchschnittlichen JAZ von 3 und einem erneuerbarem Wärmeanteil von 7,2 TWh.

Zum Alter des Anlagenbestands liegen nur grobe Schätzwerte vor. Aufgrund von Befragungen, die das GZB mit mehreren SHK-Handwerksbetrieben durchgeführt hat, werden Dreiviertel der Ende 2008 betriebenen Anlagen auf ein Alter unter zehn Jahren geschätzt. 25 % werden auf ein Alter von 10 bis 20, vereinzelt auch bis zu 30 Jahren geschätzt [GZB 2010].

Wärmepumpen im Neubau

Das Statistische Bundesamt erfasst jährlich alle Baugenehmigungen und Baufertigstellungen im Neubaubereich in Deutschland und somit auch die jeweils primär verwendeten Heizsysteme der Gebäude. Laut diesen Daten wurden bisher rund 150.000 WP in Neubauten installiert. Dabei kamen über 96 % (143.000 Anlagen) aller installierten WP in Wohngebäuden zum Einsatz (Stand Ende 2011).

Der Anteil von WP als vorwiegend verwendete Heizenergie im Neubau von Wohngebäuden hat sich in den letzten Jahren, mehr als jede andere Heiztechnik, drastisch nach oben entwickelt. Lag der Anteil im Jahr 2000 noch unter 1 % bei den Baufertigstellungen, wird aktuell (Ende 2011) bereits in 29 % der Fälle auf die Nutzung der Umweltwärme oder Erdwärme zurückgegriffen, womit die Wärmepumpe zum zweitwichtigsten Heizenergieträger im Wohngebäudeneubau geworden ist.

¹⁰ Unsere Berechnungen unterscheiden sich von den Zahlen der AGEE-Stat (Erneuerbare Energien in Zahlen, Stand Juli 2011), welche einen EE-Anteil von 5,3 TWh für 2010 errechnet haben. Dabei ist Folgendes zu beachten: Die AGEE-Stat geht von rund 360.000 WP in 2010 im Bestand aus. Wir legen unseren Berechnungen die Bestandszahlen des BWP zugrunde (384.000 WP in 2010 - entspricht einem Absatz von 51.000 WP in 2010 bei einer Rückbaurrate von 4%). Auf den BWP-Zahlen (1990-2010) haben wir (unter Berücksichtigung der Veränderung der Heizleistung im Zeitraum 1990 bis 2010 [Quelle: GZB] und angenommenen Volllaststunden von 1.950) eine Gesamtwärmeerzeugung von 9,35 TWh für 2010 errechnet. Bei einer durchschnittlichen JAZ von 3,1 (auf Basis von Daten des BfE und Fh ISE) ergibt dies einen erneuerbaren Anteil von 6,27 TWh.

War der Absatzboom der WP 2006 im Neubau deutlich erkennbar, ist ein solcher in 2008 trotz neuer MAP-Förderung nicht zu verzeichnen (siehe Abbildung 7). Dies ist darauf zurückzuführen, dass ein Großteil der Luftwärmepumpen überwiegend im Bestand zum Einsatz kamen [BWP 2010a].

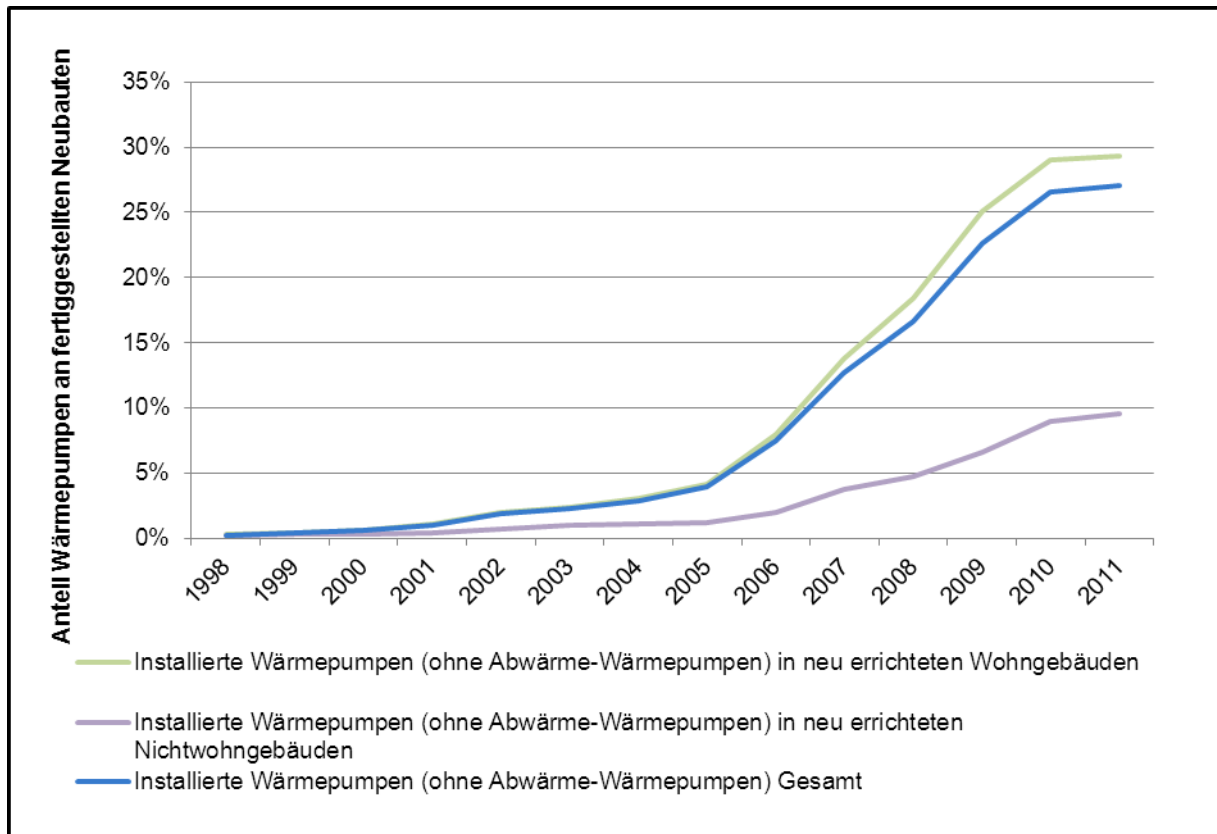


Abbildung 9: Entwicklung des Anteils an Wärmepumpen in fertig gestellten Neubauten von 1998 bis 2011

Auch 2009 hält der Trend weiter an: Trotz eines Absatzrückgangs um 15 %, zeichnet sich im Neubau ein verstärkter Einsatz der Nutzung oberflächennaher Geothermie und Umweltwärme ab. Im Vergleich zu 2008 wurden in 2009 19 % mehr WP installiert. Der absolute Anteil am Gesamtabsatz erhöhte sich von 29 % auf 39 %. Dies ist einerseits vermutlich auf die diversen Fördermaßnahmen sowie das offensive Marketing der Wärmepumpenbranche zurückzuführen, könnte aber auch als Indiz für die Wirkung der EnEV und des EEWärmeG gedeutet werden. WP können die Vorgaben aus dem EEWärmeG sowie der EnEV gut erfüllen und liegen hinsichtlich der Betriebs- und Wartungskosten sowie Einsparungen bei den Investitionskosten am Bau (Schornstein, Dämmung, etc.) tendenziell günstiger, als beispielsweise Kesselanlagen (Kapitel 7, Beispiel eines Einfamilienhauses nach EnEV 2009). In Neubauten sind insbesondere Sole-Wasser-WP gefragt, was nicht nur an deren Effizienz und der bereits heute gut möglichen Einhaltung der technischen Vorgaben liegen mag, sondern auch an den tendenziell sinkenden Investitionskosten.

Dies scheint sich auch in 2010 und 2011 zu bestätigen: Obwohl 2010 der Absatz um weitere 7 % zurück ging, wurden 18 % mehr WP im Neubau installiert. Der absolute Anteil am Gesamtabsatz vergrößerte sich auf 50 %. 2011 blieb dieser Anteil mit 49 % annähernd unverändert wobei 15 % mehr WP im Neubau zum Einsatz kamen [Destatis 2010 / 2011b / 2012].

Tiefengeothermie

Die Tiefengeothermie zur Wärmenutzung ist in Deutschland bereits durch Thermalquellen lange Zeit bekannt. Eine Versorgung über Wärmenetze im großen Stil erfolgt aber erst seit jüngerer Zeit.

Derzeit sind in Deutschland etwa 165 Anlagen zur Nutzung tiefer geothermischer Wärme (Stromerzeugung, Fernwärme, Gebäudeheizung, Thermalbad, Aquiferspeicher) in Betrieb [geotis 2012]. Von den rund 710 GWh pro Jahr (Stand 19.06.2012, Bezugsjahr 2011) an bereitgestellter Wärme - gesamte ausgespeiste Wärme inklusive weiterer Energiequellen zur Spitzenabdeckung bzw. Ausfallsicherung - werden knapp 50 % in Fernwärme und Gebäudeheizung eingespeist. Insgesamt sind 14 Anlagen mit 113,2 MW_{th} an Fernwärmenetze angeschlossen und 61 Anlagen versorgen mit 3,8 MW_{th} direkt Gebäude.

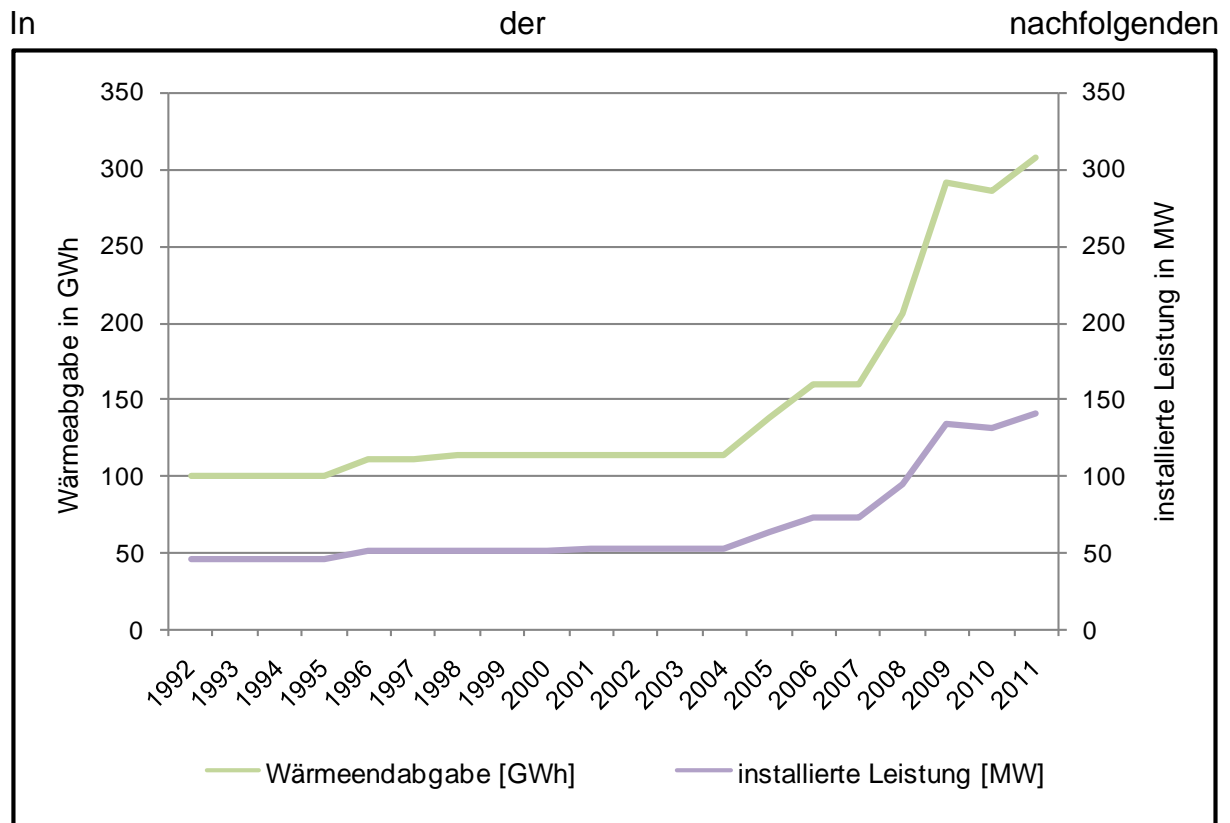


Abbildung 10 ist die Entwicklung der installierten Anlagen wärmeseitig (exkl. Thermalbäder) dargestellt. Die Darstellung basiert einerseits auf denen der AGEE angegebenen Jahresproduktion sowie den in geotis unterstellten 2.190 Volllaststunden von Tiefen-Geothermieanlagen (jeweils inklusive der Gebäudedirektversorgung).

28.02.2013

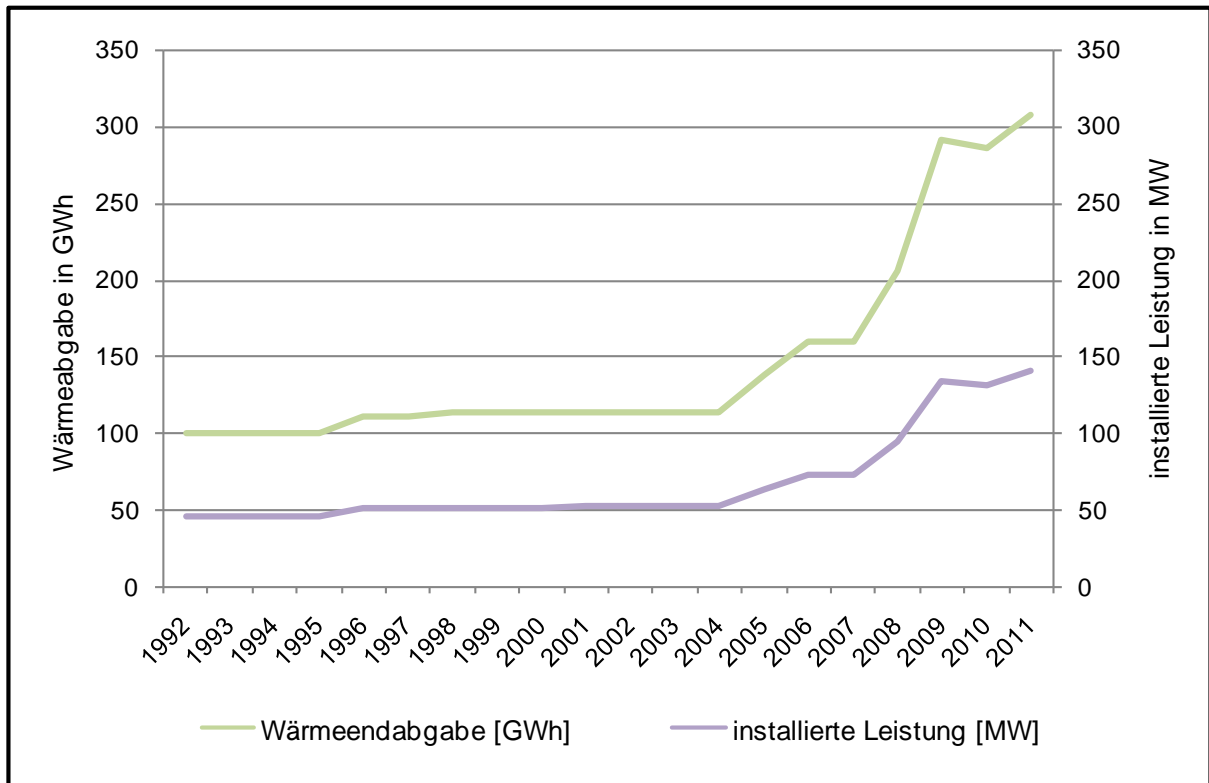


Abbildung 10: Entwicklung der installierten thermischen Leistung und der aus Tiefengeothermie genutzten Wärme seit 1992

[AGEE 2012a; geotis 2012]

Die Fernwärmenetze ändern sich in der Kundenstruktur und Größe permanent, so dass keine der geothermischen Anlagen, die in Wärmenetze einspeisen, mit ihren aktuellen Daten noch den Angaben des Startjahres entspricht.

Nach Aussage von Mediafrac¹¹ waren die meisten Anlagenbetreiber nicht bereit, ihre Daten dahingehend offen zu legen, solange sie nicht gesetzlich dazu verpflichtet sind. Viele sind aber auch nicht oder nur mit größerem Aufwand in der Lage, diese Fragen zu beantworten, da keine Gebäude sondern lediglich Kunden erfasst werden. Aufgrund des Temperaturniveaus des Thermalwassers benötigen geothermische Anlagen jedoch meist größere Rohrdurchmesser als konventionelle Netze, um die gleiche Leistung zu übertragen. Deswegen ist eine Einspeisung in vorhandene Netze nicht ohne weiteres möglich. Prinzipiell ist damit die Wahrscheinlichkeit recht hoch, dass die Gebäude, welche an ein Tiefengeothermie-Fernwärmenetz angeschlossen sind, auch die Vorgaben des EEWärmeG hinsichtlich des Anteils der Erneuerbaren Energien einhalten.

¹¹ Die Erfassung der Informationen zur Entwicklung der Tiefengeothermie ist im Unterauftrag durch das Unternehmen Mediafrac durchgeführt worden, deren Geschäftsführer der ehemalige Leiter der GtV Service GmbH, einer Tochtergesellschaft des Geothermieverbandes, ist. Mit Hilfe seiner langjährigen Kontakte wurden die vom Verband veröffentlichten Informationen nochmals überarbeitet und auf einen aktuellen Stand gebracht.

Nach derzeitigem Kenntnisstand befinden sich weitere 18 Anlagen im Bau, davon zehn für Gebäudeheizung. Angaben zur voraussichtlichen Leistung liegen derzeit nur begrenzt vor.

4.1.4 Abwärme

Die verschiedenen Formen der Abwärenutzung werden in diesem Bericht aus systematischen Gründen in verschiedenen Kapiteln dargestellt. In diesem Kapitel wird die Abwärmennutzung von Wärmepumpen und Raumluftechnische Anlagen mit Wärmerückgewinnung beschrieben. Weitere Kapitel stellen KWK-Anlagen (4.1.5) sowie Wärmenetze (4.1.7) detaillierter dar.

Abwärme Wärmepumpen

Wärmepumpen, die als Wärmequelle die Abluft von Lüftungsanlagen, die Temperatur des Abwassers oder die Abwärme von Produktionsprozessen nutzen, werden als Abwärme-Wärmepumpen bezeichnet und dienen in der Regel der Warmwasserbereitung. Ihr Anteil ist derzeit nicht feststellbar, da weder in aktuellen Statistiken noch bei den Verbänden Zahlen zu diesem WP-Typ vorliegen. Die einzige bundesweite Erhebung zu Abwärme-WP im Gebäudebereich wird vom Europäischen Testzentrum für Wohnungslüftungsgeräte (TZWL) e.V. der Fachhochschule Dortmund durchgeführt. Der Erhebung liegt eine jährlich durchgeführte Notarumfrage zu Wohnungslüftungsanlagen zugrunde, deren Beantwortung durch die angeschriebenen Hersteller auf freiwilliger Basis beruht. Da der Rücklauf der Antworten dementsprechend schleppend und unvollständig ist, wurden bisher nur Zahlen für die Jahre 1999 sowie 2002 bis 2005 veröffentlicht. Diese Zahlen spiegeln jedoch nur die angegebenen Verkaufszahlen der Umfragerückläufe, nicht jedoch die Anzahl aller verkauften Anlagen wider. Für Abluft-WP im Speziellen wurden bisher nur Zahlen für die Jahre 2004 und 2005 veröffentlicht, die ebenfalls nicht marktrepräsentativ sind [VfW 2009].

Die verschiedenen Verbände bestätigen, dass für Abwärme-WP keine aussagekräftigen Absatzzahlen vorliegen [BDH 2009, BWP 2009, VfW 2009]. Der BDH schätzt den Absatz von Abwasser-Wärmepumpen im industriellen Bereich auf annähernd 50 Geräte pro Jahr [BDH 2010].

Raumluftechnische (RTL) Anlagen mit Wärmerückgewinnung (WRG)

Die Vorgehensweise zur Bestimmung der Entwicklung raumluftechnischer Anlagen mit Wärmerückgewinnung (WRG) in Neubauten beruht größtenteils auf den ermittelten Zahlen der Methodologie des Kapitels 4.1.6 - Maßnahmen zur Einsparung von Energie: Nach Angaben von Bauexperten werden in allen Passivhäusern und den meisten KfW-Effizienzhäusern 70 (EnEV2009) (früher KfW Energiesparhaus 40, danach KfW-Effizienzhaus 55 (EnEV2007)) Lüftungsanlagen mit WRG verbaut. In den KfW-Energieeffizienzhäusern 85 (früher KfW Energiesparhaus 60, danach KfW-Effizienzhaus 70 (EnEV2007)) und energetisch schlechteren Gebäudestandards werden in der Regel keine Lüftungsanlagen mit WRG eingesetzt. Der Anteil von KfW-Effizienzhäusern 85 mit RLT und WRG wurde somit mit Null angenommen.

28.02.2013

Für die KfW-Effizienzhäuser 70 wurde basierend auf Gesprächen mit Experten des Fachinstituts Gebäude-Klima e.V. sowie Experten von Ecofys und anderen Quellen [z.B. UA-Nürnberg] ein Anteil raumluftechnischer Anlagen mit Wärmerückgewinnung von 60 % festgelegt, der die Gesamtzahl solcher Anlagen in dieser Gebäudeklasse möglichst realistisch wiedergeben soll.

Basierend auf Gesprächen mit dem Fachinstitut Gebäude-Klima e.V. und weiteren eigenen Abschätzungen ist der Anteil an RLT-Anlagen in neu errichteten Nichtwohngebäuden seit 1999 von etwa 50 % auf durchschnittlich etwa 75 % im Jahr 2011 angestiegen und der Anteil der Anlagen mit WRG unter diesen auf ca. 50 %.

Somit lässt sich abschließend eine Abschätzung über die Gesamtzahl an installierten RLT-Anlagen mit WRG anstellen, die sich auch ziemlich genau mit veröffentlichten Zahlen im TGA-Fachplaner 12-2009 decken (2008: 15.569, 2007: 11.941, 2006: 11.108 installierte Geräte mit WRG. Abweichung max. 10 %).

Abbildung 11 zeigt den relativen Anteil der Gebäude mit raumluftechnischer Anlage und WRG an allen neu errichteten Gebäuden im Zeitraum 1999-2011. Besonders auffällig ist hier der stark ansteigende Anteil im Wohngebäudebereich, der insbesondere von der Marktentwicklung der Passivhäuser und anderer hoch effizienter Wohngebäude in den letzten Jahren profitiert. Die Gesamtzahl neu errichteter Gebäude mit raumluftechnischen Anlagen mit WRG im Zeitraum 1999-2011, kann im Anhang in Abbildung 103, Kapitel 11.1, betrachtet werden.

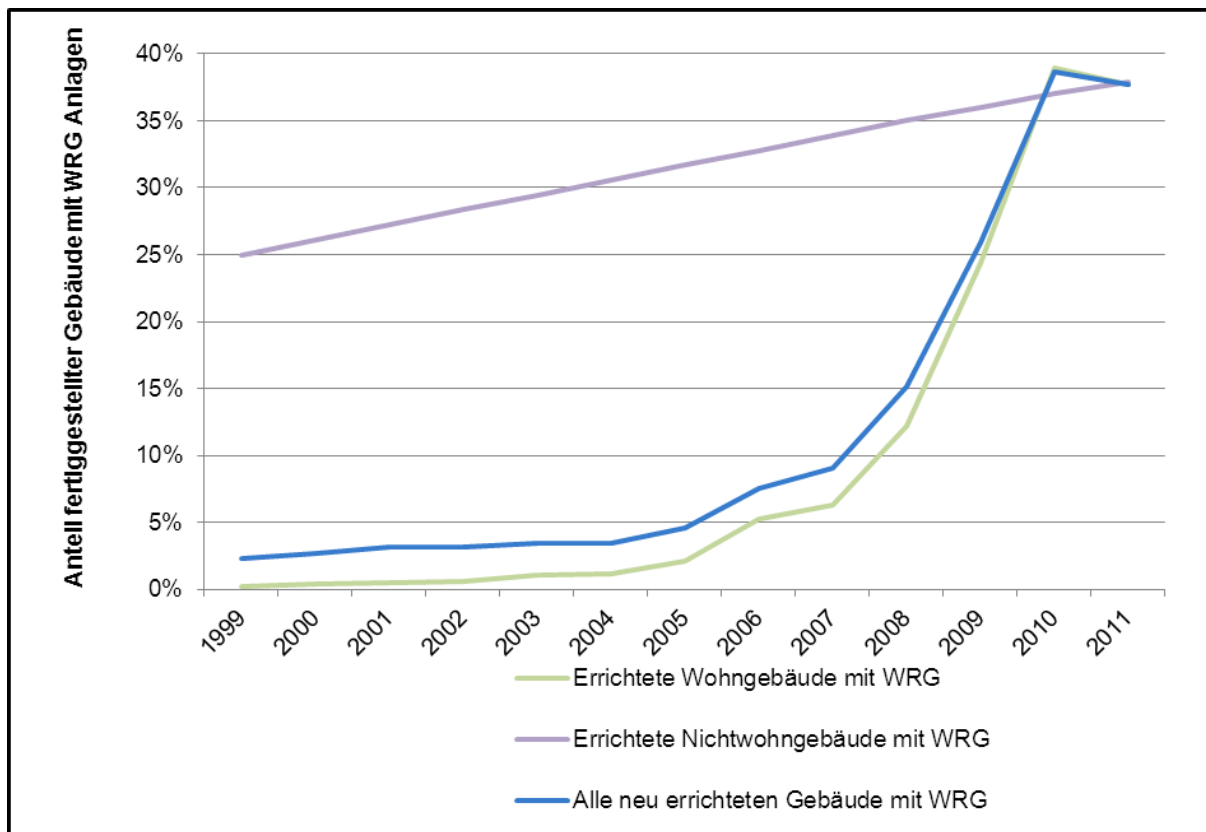


Abbildung 11: Anteil der Gebäude mit raumluftechnischer Anlage und WRG an allen neu errichteten Gebäuden, 1999-2011

[eigene Darstellung]

Die Gesamtzahl der Gebäude mit einer Raumluftechnischen Anlage mit Wärmerückgewinnung ist in den letzten Jahren kontinuierlich angestiegen. Relativ jedoch ist der Anteil der Neubauten im Jahr 2011 etwas zurückgefallen. Das kann durch die stark angestiegenen Neubauzahlen begründet werden. Nichtsdestotrotz hat sich der Anteil im Zeitraum 2005 bis Ende 2011 von etwa 5 % auf fast 40 % verachtfacht. Durch die bereits ambitionierten energetischen Anforderungen der EnEV 2009 und den Förderprogrammen der KfW-Bankengruppe (KfW) kann aber auch in Zukunft von einem weiter steigenden Anteil dieser Systeme in neuen Gebäuden ausgegangen werden.

Die Berechnungen in Kapitel 7.5 haben zusätzlich ergeben, dass RLT Anlagen mit WRG insbesondere in Mehrfamilienhäusern wirtschaftlich eine sehr interessante Option darstellen. Mit spezifischen Wärmegestehungskosten von etwa 10 cent/kWh ist dies im Vergleich zu den meisten anderen Massnahmen als relativ günstig anzusehen. Hinzu kommen die relativ günstigen Investitionskosten im Neubau, die diese Massnahme insgesamt sehr attraktiv macht.

4.1.5 Dezentrale Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Eine genaue Ermittlung der installierten Mini-KWK im Neubau ist aufgrund fehlender Daten nicht möglich. Für die Abbildung der Installationen in Wohn- und Nicht-Wohngebäude kann auf die Daten des BAFA zurückgegriffen werden. Dort liegen sowohl Informationen zur Förderung von Mini-KWKs im Rahmen des 28.02.2013

Impulsprogramms (2008 und 2009) als auch Daten zu zugelassenen KWKs ab einer elektrischen Leistung von 10 kW im Rahmen des Bonusprogramms des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes (KWKG) vor, letztere allerdings ohne Angaben zu Gebäude oder Antragsteller. Näherungsweise kann anhand dieser Daten die Entwicklung für die vergangenen Jahre abgebildet werden.

Insgesamt wurden in 2009 über das BAFA mehr als 1.700 zugelassene¹² Anlagen ab einer Leistungsgröße von über 10 kW registriert (inklusive der im Rahmen des Impulsprogramms geförderten Anlagen über 10 kW). Hiervon entfallen rund 90 % auf Anlagen mit dem Brennstoff Erdgas. Die durchschnittliche elektrische Leistung je zugelassener Anlage liegt bei ca. 200 kW, wobei über die Hälfte der Anlagen unter 25 kW elektrischer Leistung liegt. In 2010 und 2011 wurden je rund 750 und 1820 Anlagen ab einer Leistungsgröße von 10 kW_{el} beim BAFA registriert.

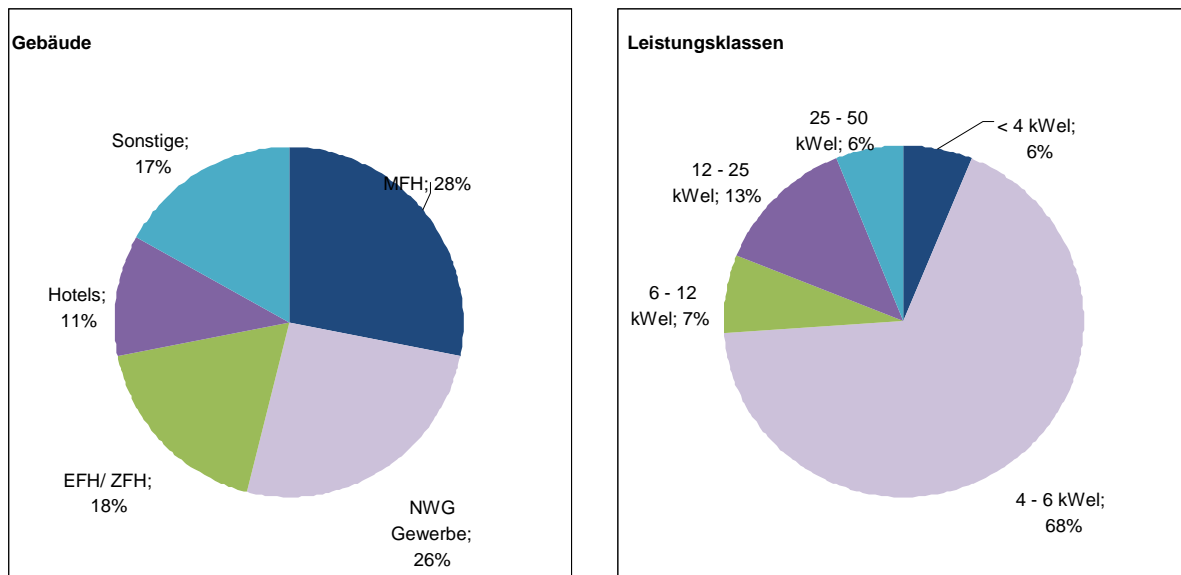


Abbildung 12: Verteilung der durch die BAFA geförderten Mini-KWK-Anlagen im Hinblick auf Gebäude und Leistungsklassen (2009)
[BAFA 2010b]

In Tabelle 4 sind die über das Impulsprogramm geförderten Mini-KWK-Anlagen und nicht die durch das BAFA zugelassenen KWK-Anlagen dargestellt. Das Impulsprogramm (2008-2009) umfasst über 4.560 Anlagen mit einer Leistungsbreite von 1 bis 50 kW elektrischer Leistung. Die Antragsstellung erfolgte von September 2008 bis Juli 2009, wobei die Auszahlung und Inbetriebnahme der Anlage sich bis Mai 2010 verzögern konnte. In diesem Programm sind rund 74 % der Anlagen mit einer Leistung von 1- 6 kW ausgestattet, nur 6 % der Anlagen liegen zwischen 25-30 kW. Bezüglich der Gebäudetypen wird aus Tabelle 4 und Abbildung 12 ersichtlich, dass über die Hälfte der Mini-KWK-Anlagen in Nicht-Wohngebäuden (NWH) installiert ist. Bei der Differenzierung nach Gebäudetypen sind die meisten Anlagen in Mehrfamilienhäusern (MFH) (ca. 28 %) und gewerblichen Nichtwohngebäuden

¹² Anlagen ab einer Leistungsklasse von 10 kW elektr. Leistung, die am Bonusprogramm teilnehmen, werden über das BAFA zugelassen bzw. registriert.

(ca. 26 %) installiert worden. Rund 18 % entfallen auf Ein- und Zweifamilienhäuser sowie 11 % auf Hotels. Die übrigen Anlagen sind u.a. in Bürogebäuden, Schwimmbädern und Krankenhäusern zu finden. Dementsprechend stellen Gewerbe und Handel die größte Antragsgruppe da. Sie nutzen die Anlage überwiegend in Nicht-Wohngebäuden, während die privaten Haushalte als zweite Hauptantragstellergruppe die Mini-KWK überwiegend im (Mehrfamilien) Wohngebäude einsetzen. Nach einer langen Pause erfolgt seit April 2012 wieder eine Förderung von Mini-KWK-Anlagen auf Grundlage neuer Förderrichtlinien. Demnach sind Investitionszuschüsse für Mini-BHKW bis zu 20 kW_{el} in Bestandsbauten möglich.

Wird angenommen, dass ungefähr 10 % (Wohngebäude) und 20 % (Nichtwohngebäude) der Anlagen von Privathaushalten bzw. von Unternehmen in Neubauten erstellt werden, wären dies im Förderzeitraum 2008-2009 ungefähr 140 Mini-KWK-Anlagen im privaten Wohnungsneubau bzw. ungefähr 500 Mini-KWK-Anlagen im Nicht-Wohnungsbauneubau von Unternehmen und der öffentlichen Hand. Zur Abbildung der KWK-Anlagen in EFH oder kleinen MFH wurden für 2009 Anlagen mit einer thermischen Leistung <12 kW aus den Daten des Impulsprogramms selektiert. Unter der gleichen Annahme wie oben wären die in Neubauten 2009 installierten KWK-Anlagen von sehr unbedeutender Zahl (ca. 22 KWK-Anlagen mit einer Leistung von max. 12 kW_{th}). Die geringe Bedeutung der KWK in EFH und MFH wurde durch eine Kurzumfrage des Fh-ISI im Rahmen dieses Projektes bei 25 Heizungsinstallateuren bestätigt: im Schnitt sehen die meisten Installateure den Anteil der Mini-KWK-Anlagen als Heizungstechnologie in Neubauten unter 1 %. Dagegen schätzen einzelne Installateure im Gebäudebestand einen Anteil von ca. 30 % Mini-KWK-Anlagen unter den Heiztechnologien, andere hingegen einen Anteil nahe 0 % (Im Mittel liegen die Aussagen bei einem Anteil von 3 % für den Gebäudebestand).

In Relation zu den EE-Technologien scheinen daher die Mini-KWK-Anlagen eher eine unbedeutende Kategorie für den Neubau zu sein. Für bestehende Mehrfamilienhäuser könnten sie von zunehmender Bedeutung sein, vorausgesetzt sie stellen eine wirtschaftlich alternative Lösung zu anderen Systemen/Technologien dar.

Tabelle 4: geförderte Mini-KWK-Anlagen im Rahmen des Impulsprogramms (2008/2009) nach Gebäude und Antragsteller

[eigene Berechnungen FH-ISI, Daten BAFA, 2010]

2008/09: Mini-KWK- Anlagen Impulspro- gramm	pri- vat	komm. Unter- nehmen	Energiedien- steleister	Gewer- be/ Han- del	Öffentl. rechtl. Einricht- ungen	freiberuf- l. Unter- nehmen	sons- tige	Sum- me
Wohngeb	14	46	85	406	42	64	7	207

28.02.2013

äude	26							6
Nicht- Wohngeb äude	20 1	73	113	1538	376	133	51	248 5
Summe	16 27	119	198	1944	418	197	58	456 1

4.1.6 Maßnahmen zur Einsparung von Energie

Der durchschnittliche Primärenergiebedarf eines typischen EnEV2009-Einfamilienhaus-Gebäudes liegt bei etwa 70 kWh/m²a [Renner, A., 2009], der eines typischen Mehrfamilienhaus-Gebäudes bei etwa 60 kWh/m²a [Renner, A., 2009] und der von Nichtwohngebäuden liegt je nach Nutzungsart zwischen 115 und 345 kWh/m²a (inkl. Beleuchtung und Kühlung) [Maas, Schiller, Erhorn, Vilz 2009]. Als Basis für die Untersuchung (auch der vergangenen Jahre), werden für die Neubauten genau diese energetischen Anforderungen der EnEV 2009 herangezogen.

Die Anzahl der Neubauten, deren energetische Gebäudequalität (Primärenergie und Wärmedämmung) die Anforderungen der EnEV2009 um mindestens 15 % unterschreiten, wird abgeschätzt auf Grundlage von Angaben der KfW zu geförderten Passivhäusern, sowie KfW-Effizienzhäusern der Stufen 70, 55 und 40 (bezogen auf EnEV2009). Ein förderfähiges KfW-Effizienzhaus70 darf nach dem Rechengang der EnEV einen maximalen spezifischen Primärenergiebedarf von etwa 50 kWh/(m² a) für Heizung, Warmwasser und eventuell vorhandene Lüftungsanlagen einschließlich der dafür notwendigen Hilfsstrombedarfe aufweisen. Zusätzlich müssen auch die Anforderungen des Nutzenergiebedarfs (Wärmedämmung) um mindestens 15 % unterschritten werden. Eine Übersicht der Anforderungen an die einzelnen Effizienzhäuser ist in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 5: Übersicht der Anforderungen an die einzelnen Effizienzhäuser

Programm	Energieeffizient Bauen (Programmnummer 153)		
	KfW Effizienzhaus 70	KfW Effizienzhaus 55	KfW Effizienzhaus 40
Jahres- Primärenergiebedarf (im Vergleich zu EnEV 2009 Anforderungen)	70 %	55 %	40 %
Transmissionswärmeverlust (im Vergleich zu EnEV 2009 Anforderungen)	85 %	70 %	55 %

Somit erfüllen diese Gebäude die Mindestanforderungen des EEWärmeG zur Einsparung von Energie und können zu den Gebäuden gezählt werden, welche die EnEV um mindestens 15 % unterschreiten. Um auch den historischen Verlauf dieser

28.02.2013

effizienten Gebäude darstellen zu können, werden die in der Vergangenheit geförderten KfW Energiesparhäuser 40 und 60, sowie KfW-Effizienzhäuser 55 (EnEV2007) berücksichtigt.

Nach Gesprächen mit Experten unterschiedlicher Bankinstitute und der KfW-Förderbank kann davon ausgegangen werden, dass im Zeitraum 2004 bis 2009 etwa ein Drittel aller errichteten Passiv- und Effizienz-Häuser ohne Förderung der KfW gebaut wurden. Diese Information kann somit genutzt werden, um die Anzahl der geförderten Gebäude hochzurechnen und die tatsächlichen Neubauzahlen eines jeden Baustandards in den jeweiligen Jahren überschlägig abzuschätzen.

Leider existieren keine ausreichenden Erhebungsdaten für Nichtwohngebäude, um fundierte Aussagen über die Entwicklung in diesem Bereich treffen zu können. Nach der vorangegangenen Beschreibung der Methodik zur Bestimmung des Anteils der Wohngebäude, die die EnEV um mindestens 15 % unterschreiten, ergibt sich für das Jahr 2004 ein Anteil von etwa 5 %, wohingegen dieser bis 2010 auf etwa 63 % angestiegen ist, im Jahr 2011 aber wieder geringfügig auf einen Wert von etwa 60% abgefallen ist. Das Förderangebot für Nichtwohngebäude ist dagegen wesentlich geringer als das für Wohngebäude (Keine KfW Förderung), aber dennoch existieren auf Länderebene teilweise diverse andere Programme (z.B. PROGRES in NRW). Daher wird die vereinfachte und pauschale Annahme getroffen, dass der Anteil der Nichtwohngebäude welche die EnEV um mindestens 15 % unterschreiten, nur halb so groß wie der Anteil der Wohngebäude ist.

Die resultierende Anzahl neu errichteter Gebäude in Deutschland mit einer Unterschreitung der EnEV2009 Anforderungen um mindestens 15 %, kann im Anhang in Abbildung 106 gefunden werden. Tendenziell führt diese Methodik aber zu einer Überschätzung der Ersatzmaßnahmen, da sie auf der Annahme beruht, alle Passiv- und Effizienzhäuser nutzten keine Erneuerbaren Energien. Basierend auf der Passivhausdatenbank [Passivhaus Dienstleistung] kann davon ausgegangen werden, dass mehr als 90% aller Passivhäuser in Deutschland eine raumluftechnische (RLT) Anlage mit Wärmerückgewinnung (WRG) besitzen und den restlichen Heizenergiebedarf zumindest teilweise durch Erneuerbare Energien decken. Wegen der ambitionierten primärenergetischen Anforderungen der KfW Effizienzhäuser, kann auch bei diesen Gebäuden von einem hohen Anteil Erneuerbarer Energien ausgegangen werden (mindestens 50 %).

Abbildung 13 zeigt den relativen Anteil der Gebäude an allen neu errichteten Gebäuden in Deutschland, welche die EnEV um mindestens 15 % unterschreiten. Da während des Jahres 2009 die Förderung für das KfW-Energiesparhaus 40 weggefallen ist, dieses stattdessen durch das Effizienzhaus 70 (EnEV 2007) ersetzt wurde, dieses aber die 15 % Unterschreitungsanforderung des EEWärmeG nicht ganz erfüllt, kann man in 2009 einen starken Rückgang der Zahlen beobachten. Wenn man jedoch auch diesen Gebäudetyp in dieser Darstellung berücksichtigen würde, könnte man auch im Jahr 2009 einen weiterhin stark ansteigenden Trend

28.02.2013

beobachten. Das erklärt auch den erneuten starken Anstieg in 2010, da in diesem Jahr nur noch die Effizienzhäuser bezogen auf die Anforderungen der EnEV 2009 verfügbar waren und diese allesamt auch die Anforderungen des EEWärmeG erfüllen.

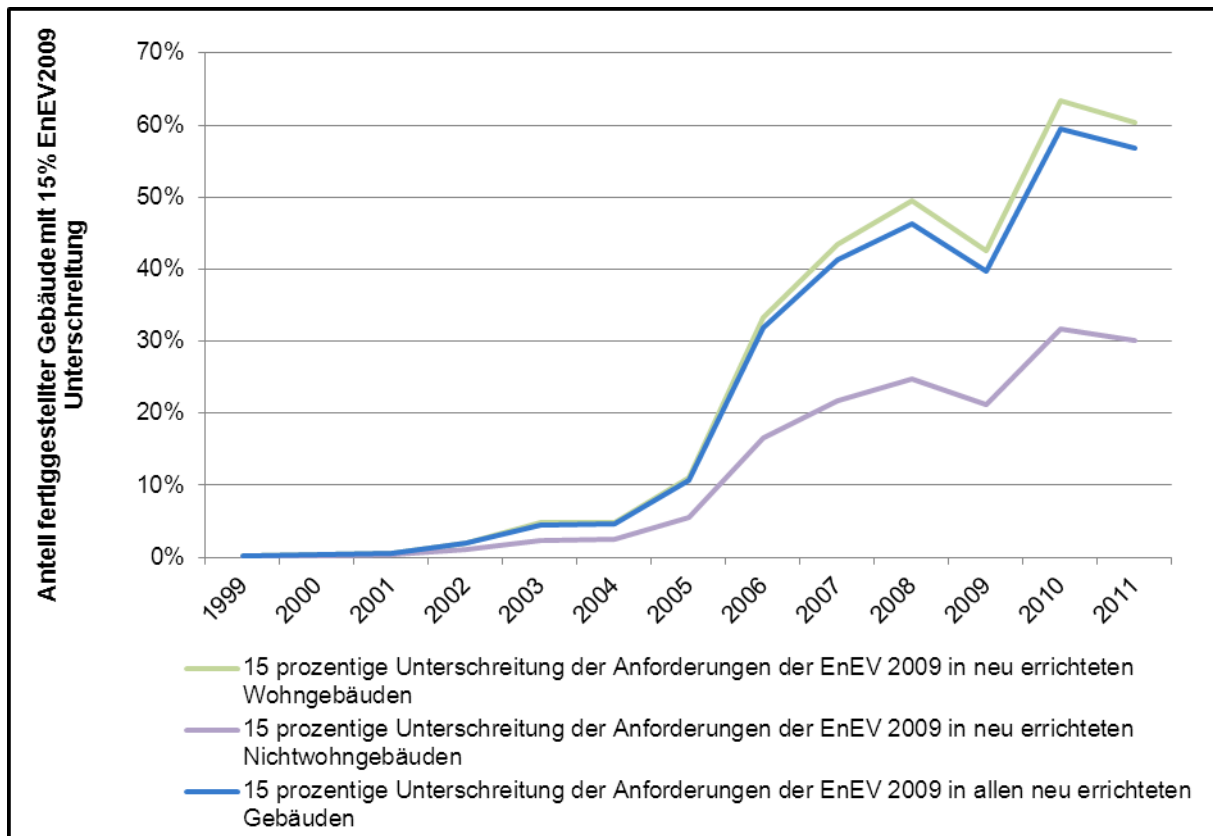


Abbildung 13: Anteil der Gebäude mit 15 % EnEV2009 Unterschreitung an allen neu errichteten Gebäuden, 2002-2011

[eigene Darstellung]

Die 15 %ige Unterschreitung der EnEV Anforderungen scheint eine sehr attraktive Ersatzmaßnahme für die Bauherren zu sein. Die Berechnungen in Kapitel 7.7 haben ergeben, dass die EnEV-Übererfüllung insbesondere in Einfamilienhäusern wirtschaftlich eine sehr interessante Option darstellt. Die jährlichen Gesamtkosten sind die geringsten im Vergleich zu allen anderen Maßnahmen im EEWärmeG, auch daher, weil die KfW diese Maßnahmen stark fördert. Im Jahr 2011 lag der Anteil der neu errichteten Gebäude mit einer 15-prozentigen EnEV-Unterschreitung bereits bei etwa 57 % und obwohl der Anteil im Jahr 2011 im Vergleich zu 2010 etwas gesunken ist, lassen sich aufgrund der ständig steigenden Absolutzahlen noch steigende Anteile in der Zukunft erwarten. Bei gleichbleibendem Anstieg könnte diese Ersatzmaßnahme somit das eigentliche Ziel des EEWärmeG, nämlich den Anteil Erneuerbarer Energien im Gebäudebereich zu erhöhen, stark unterminieren. Allerdings bleibt anzumerken, dass eine Unterschreitung der EnEV um 15 % nicht zwangsläufig die Nutzung Erneuerbarer Energien ausschließt, sondern eine Kombination von Dämmung und Erneuerbarer Energien-Einsatz in vielen Fällen

denkbar ist und realisiert wird. Dies würde auch die Abweichung der Schätzung von den Ergebnissen der TNS-Emnid-Umfrage erklären.

4.1.7 Wärmenetze

Für die nachfolgenden Angaben zur Anzahl der an die Fernwärme angeschlossenen Neubauten werden auf Daten des Statistischen Bundesamtes zu Baugenehmigungen / Baufertigstellungen von Wohn- und Nichtwohngebäuden (Neubau), differenziert nach Art der Beheizung und Art der verwendeten Heizenergie (Lange Reihen ab 1980), zurückgegriffen. Der Anteil Erneuerbarer Energien an der Fernwärme wird auf Basis von Erhebungen von Destatis, der Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energien, Veröffentlichungen des Länderarbeitskreises Energiebilanzen und Mitgliedserhebungen des Energieeffizienzverbands für Wärme, Kälte und KWK e.V. (AGFW) ermittelt.

Inwiefern die Fernwärmenetze den Anforderungen gemäß § 7, Nr. 3 bzw. der Anlage VIII zum EEWärmeG genügen, wurde durch eine zusätzliche Umfrage bei den Wärmenetzbetreibern (Stand 2010, Bezugsjahr 2008) eruiert.

Entwicklung der Wärmenetzanschlüsse

Die Nachfrage nach Wärmenetzanschlüssen sank absolut gesehen bis einschließlich 2010. Erst in 2011 zeigt sich eine Belebung der Nachfrage. Bezogen auf den Anteil an fertiggestellten Wohngebäuden hat die Fernwärme jedoch seit Jahren zugewinnen können. Gerade bei Nichtwohngebäuden ist mit Ausnahme von 2007 eine kontinuierliche Nachfragesteigerung zu verzeichnen. Die gegebenen Rahmenbedingungen scheinen die Wirtschaftlichkeit dieser Wärmeversorgung im Nichtwohngebäudesektor in den letzten Jahren deutlich angehoben zu haben. Die Betrachtung der Baugenehmigungen 2009 bis 2011 und der dort bezifferten relativen Anteile an Fernwärme unterstützen diese Vermutung.

Der Wohngebäudesektor entwickelt sich dagegen eher zurückhaltend, dennoch ist auch hier eine anteilige Nachfrageverschiebung zugunsten von Fernwärme zu erkennen.

Der Einbruch in 2007 ist auf einen Rückgang des Interesses an Fernwärme bei Neubautätigkeiten in 2005 und 2006 zurückzuführen. Die Ursache mag in den zu dieser Zeit deutlich gestiegenen Brennstoffpreisen liegen. Dies zumal auch Öl und Gas als bevorzugter Brennstoff in Neubauten Rückgänge zu verzeichnen haben. In diesem Zeitraum hat dagegen die Wärmepumpe deutlich an Attraktivität gewonnen. Der dem Jahr 2007 nachfolgende Aufschwung bei Fernwärme ist sicherlich zunächst mitunter der EnEV geschuldet, dies zumal die Arbeitspreise für Fernwärme weiter angestiegen sind. Ab 2009 – deutlicher 2010 – hat auch das EEWärmeG sicherlich einen Beitrag an der Entwicklung. Eine Differenzierung in EnEV und EEWärmeG ist an dieser Stelle aber aufgrund der Datenlage nicht möglich.

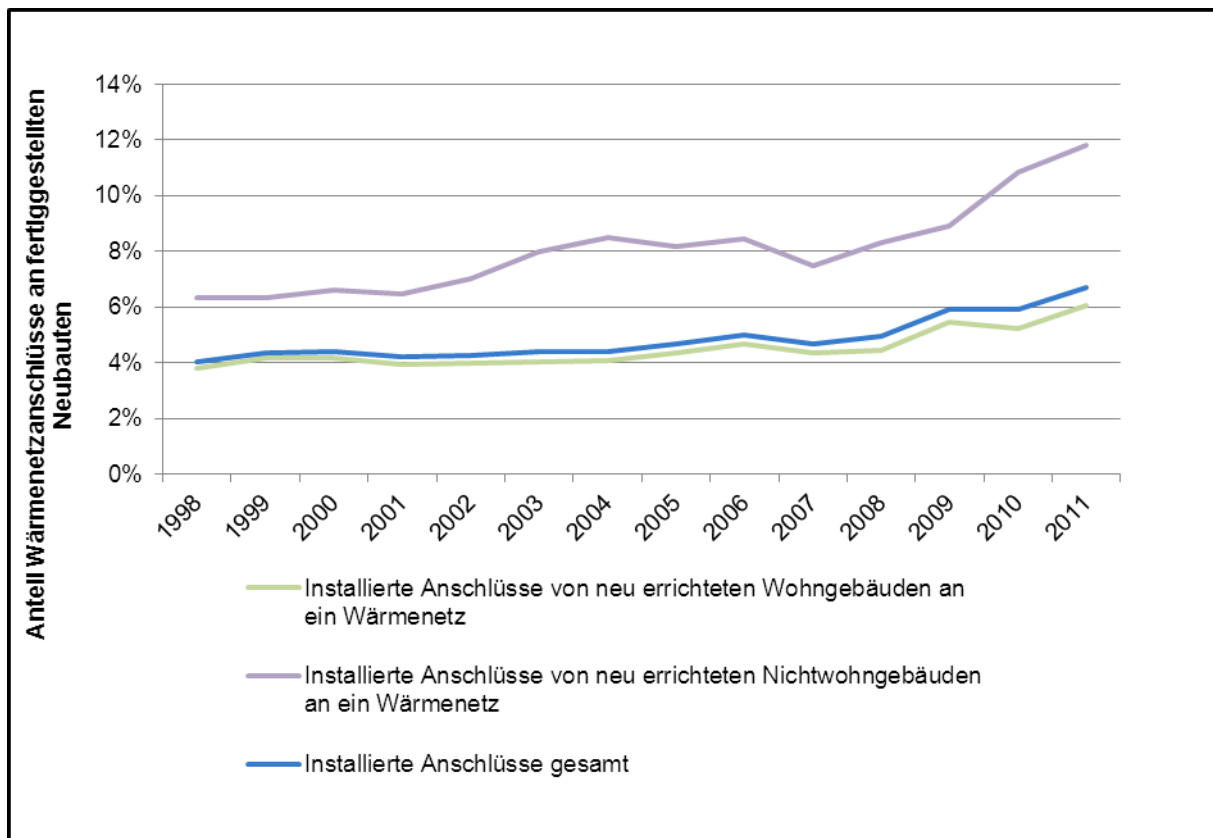


Abbildung 14: Entwicklung der Anteile von Fernwärme (FW) an neu errichteten Wohn- und Nicht-Wohngebäuden sowie neu errichteten Gebäuden insgesamt zum Zeitpunkt der Baufertigstellung

Bei Betrachtung der Anzahl der Neuanschlüsse bei Nicht-Wohngebäuden ist zu erkennen, dass diese mit rund 1.000 bis 1.400 Anschlüssen pro Jahr relativ konstant bleibt. Dies führt bei tendenziell sinkenden Neubauten somit zu einer Erhöhung des Anteils. Bei Wohngebäuden dagegen ist ein Anschlussrückgang von 1998 bis 2011 um nahezu 50 % zu verzeichnen. Bezogen auf die Anzahl der Neubauten im Wohnungsbau ist der Anteil derjenigen Gebäude, die an die Fernwärme angeschlossen werden, bis 2005 aber recht konstant geblieben. Nach einem kurzen Aufschwung in 2006 und einem anschließenden Abschwung in 2007 steigt das Interesse an Nah- und Fernwärme in den Jahren 2008 bis 2011 deutlich über die historischen Anteile an.

Der Zuwachs bei der Fernwärme (aber insbesondere auch bei Wärmepumpen und anderen EE Anlagen) geht anteilig zu Lasten von Öl und Gas, wie eine Auswertung der Statistiken der überwiegend verwendeten Heizenergie bei genehmigten Neubauten des Destatis veranschaulicht.

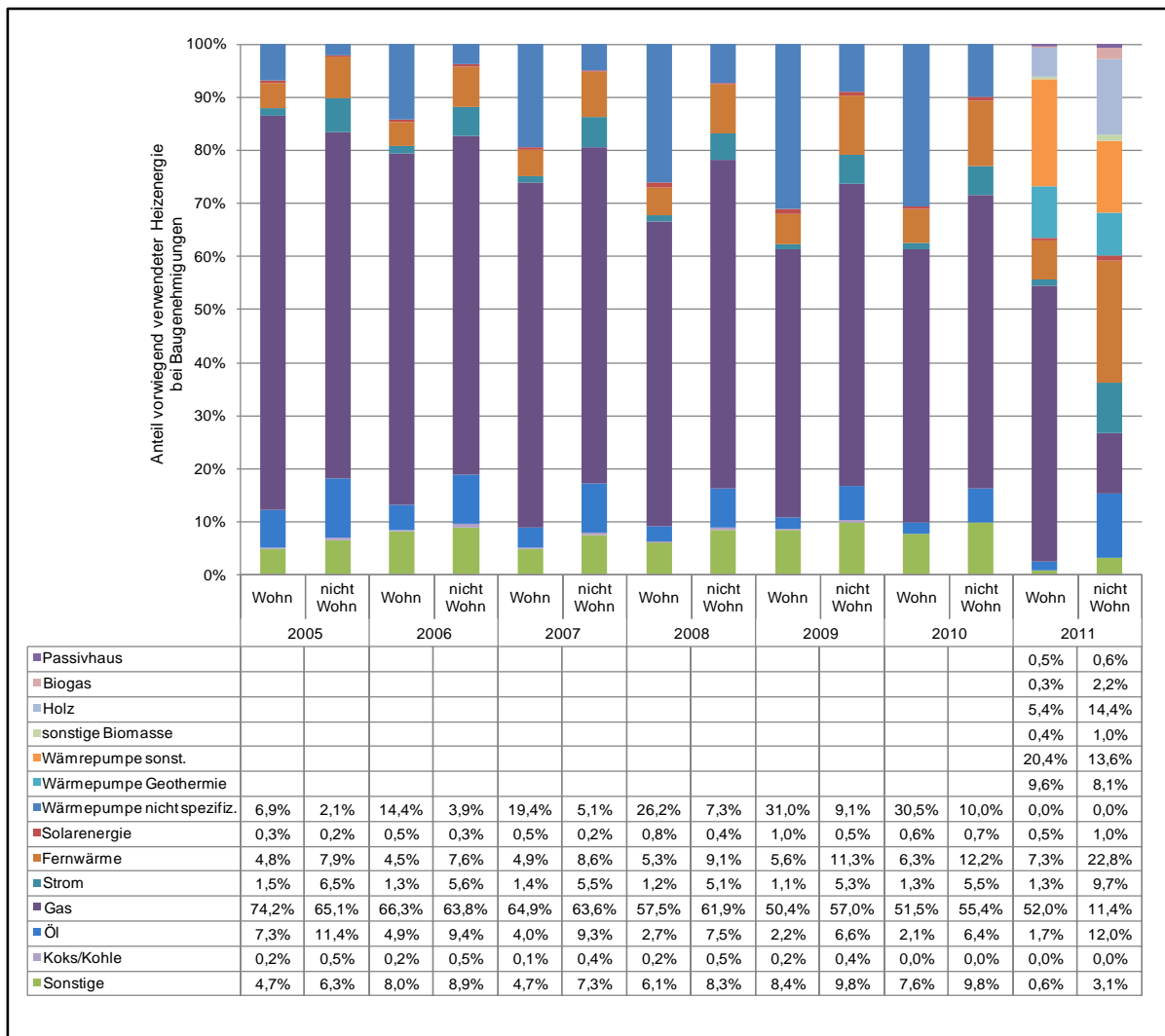


Abbildung 15: Entwicklung der vorwiegend verwendeten Heizenergie bei Wohn- und Nicht-Wohngebäuden gemäß Bauantrag bezogen auf die jeweilige Gebäudekategorie

Der niedrige Wert in 2007 ist an dieser Stelle wohl ebenfalls einem Vorziehen von Bautätigkeiten aufgrund der in 2007 anstehenden Mehrwertsteuererhöhung sowie dem Auslaufen der Eigenheimzulage Ende 2005 geschuldet.

Da in Abbildung 15 eine positive Entwicklung der Fernwärme bereits ab 2008 erkennbar ist, muss seitdem noch mindestens ein weiterer Faktor die Nachfrage nach Fernwärme positiv beeinflussen. Die EnEV, die in 2007 und dann wieder 2009 novelliert wurde, hatte sicherlich Einfluss auf die Wahl der eingesetzten Heizenergie. Der Anteil des MAP kann zunächst nicht weiter spezifiziert werden, da trotz der zunehmenden Netzförderung ab 2008 keine Aufteilung der Anschlüsse nach Neu- und Altbau existiert.

Eine Auswertung weiterer statistischer Daten soll zu besserer Einschätzung der Hintergründe für diese Entwicklung beitragen. Eine weitergehende Analyse der Baufertigstellungsstatistiken zeigt, dass der Zuwachs durch Zubau in den alten

Bundesländern und dort insbesondere durch den Sektor Nicht-Wohngebäude erfolgte. Eine weitere Verortung über Anzahl an Baufertigstellungen, Fernwärmeabsatz an Kunden sowie Anzahl an Hausübergabestationen (letztere beiden ermittelt auf Basis der AGFW Hauptberichte) rückt Bayern in den Fokus, möglicher Hauptverursacher des steigenden Anteils an Fernwärme zu sein. Eine Auswertung der KWK-G-Förderung sowie der KfW-Förderung für Wärmenetze unterstützt diese Ergebnisse deutlich, wenn auch hieraus noch nicht abgeleitet werden kann, dass der durch das MAP geförderte Zubau insbesondere dem Neubau zugute gekommen ist. Im Zusammenhang mit dem Neubau von Netzen lag der Anteil der über das KWKG geförderten Erneuerbaren Energien jedoch im Bundesschnitt bei 65 % in 2009 und 50 % in 2010. In 2011 sank der Netzanteil auf 38 % am Netzneubau ab, jedoch wurden im Bereich der Erneuerbaren im Durchschnitt die größten Neubauten realisiert.

Ein direkter Zusammenhang zu einem Instrument oder eine Einteilung in Neu- und Altbau kann aber aus den vorliegenden Daten nicht abgeleitet werden.

Herkunft der Wärme aus Nah-/Fernwärmenetzen

Nachfolgend wird der Anteil der Erneuerbaren Energien in der bestehenden Fernwärme abgeschätzt. Hierzu wurden zunächst folgende Quellen untersucht:

- a) Hinsichtlich des Anteils der EE in der Fernwärmeversorgung veröffentlicht der LAK-Energiebilanzen umfangreiches Zahlenmaterial der einzelnen Bundesländer. So stieg nach dessen Angaben der EE-Anteil an der Fernwärmeversorgung von 4 % in 2003 auf 9 % in 2009 an, wobei jedoch nicht aus allen Ländern (hier Mecklenburg-Vorpommern und Niedersachsen) über alle Jahre hinweg Daten zur Verfügung standen. Neuere Zahlen liegen nicht vor.
- b) Auch die Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energien veröffentlicht Daten zur Wärmeerzeugung durch Erneuerbare Energien, deren Anteil in Wärmenetzen sich daraus aber nur grob abschätzen lässt¹³. Gerade die Zuweisung von gasförmigen und flüssigen Biomassen erscheint schwierig. Einerseits wäre es logisch und sinnvoll, dass die Brennstoffe – auch wegen der KWK-Anreize im EEG – möglichst vollständig über KWK-Prozesse verwertet und damit auch in Wärmenetze eingespeist werden. Biogas kann zudem bilanziell an Orte mit größeren Wärmesenken transportiert und dort über KWK bestmöglich genutzt werden. Dennoch wird wohl auch ein erheblicher Anteil direkt am Ort der Erzeugung zur Beheizung der lokalen Gebäude verwandt. Wird die Quartierslösung (lokale Versorgung mehrerer Gebäude) mit hinzugezählt, so würde nach eigener Abschätzung der Anteil der Erneuerbaren Energien in Wärmenetzen gut 21 % betragen. Zählt man den seitens der AGEE ausgewiesenen biogenen Anteil des Abfalls noch hinzu, so steigt der Anteil sogar auf rund 26 % in 2011 an. Diese Abschätzung

¹³ Vgl. hierzu Abbildung 104 im Anhang

scheint jedoch deutlich zu hoch gegriffen zu sein. Eine Auswertung der Daten der statistischen Ämter kommen auf deutlich niedrigere Ergebnisse.

- c) Ebenfalls untersucht wurden Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamts. Als Datengrundlage wird hierzu auf die Erhebungen über „die Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung der Stromerzeugungsanlagen für die allgemeine Versorgung – 066K“¹⁴, „die Stromerzeugungsanlagen der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden – 067“¹⁵ sowie „Erzeugung, Bezug, Verwendung und Abgabe von Wärme – 064“¹⁶ zurückgegriffen. Die von Destatis erfassten Daten berücksichtigen lediglich Wärmemengen von Anlagen größer 2 MW_{th} bzw. größer 1 MW_{el}, nicht aber Kleinanlagen¹⁷. Zur Abschätzung der Wärmemengen aus Industrieanlagen – hierzu liegen keine Angaben zu Einspeisemengen in Wärmenetze vor – wurden die in Wärmenetze eingespeisten Mengen aus den Erhebungen 066K und 064 von der seitens Destatis angegebenen Gesamtwärmemenge [Destatis 2009 / Genesis-Online: diverse Zeitreihen und Tabellen zum Thema „Energie“] abgezogen. Der Anteil EE in der Industrie wurde anhand der Wärmemengenanteile aus sonstigen Quellen (u.a. EE und sonstige Mineralölerzeugnisse) der Branchenzweige 10, 13, 16 und 17 im Bezug auf die gesamte Wärmemenge der Industrie bis einschließlich 2009 abgeschätzt. Für 2010 und 2011 liegen statistische Angaben seitens Destatis vor. Ohne Berücksichtigung der Abfallfraktionen liegt der Anteil an EE somit bei etwas mehr als 5 % in 2011, woran die Industrie einen Anteil von etwa 17 % hält (noch ohne Berücksichtigung des biogenen Anteils im Abfall).

Werden zudem die Wärmemengen aus der thermischen Abfallbehandlung, die in Wärmenetze eingespeist werden, berücksichtigt, so ist hier zwischen Industrie- und Siedlungsabfällen zu unterscheiden. In den Erhebungen 064 und 066K erfolgt diese Unterscheidung erst seit 2008 bzw. 2009. Für die Vorjahre liegt keine Unterteilung vor. Aufgrund der sehr unterschiedlichen Anteile an Siedlungsabfall in der Erhebung 064 in 2008 (54%) und 2009 (85%) wird von einer Übernahme der Anteile aus 2008

¹⁴ Stichprobenerhebung bei maximal 1.000 Energieversorgungsunternehmen (EVU). EVU sind gemäß dem „Zweiten Gesetz zur Neuregelung des Energiewirtschaftsrechts“ natürliche und juristische Personen, die Energie an andere liefern, ein Energieversorgungsnetz betreiben oder an einem Energieversorgungsnetz als Eigentümer Verfügungsbefugnis besitzen. 2008 gab es in Deutschland wenigstens 855 Energieversorgungsunternehmen [Destatis 2011]. Nach Angaben von VERIVOX liegt allein die Anzahl der Stromanbieter heute bereits über 900 [Verivox 2011].

¹⁵ hier nur der Anteil, der nicht direkt selbst verbraucht wird

¹⁶ nur Heizwerke

¹⁷ Hierbei besteht jedoch eine Grauzone, da Angaben für Erzeugungseinheiten mit einer Engpassleistung kleiner 1 MW_{el} als 1 Anlage zusammengefasst werden können (Siehe auch Punkt 1 zu den Erläuterungen in den Erhebungsbögen 066K und 067).

bzw. 2009 in die Vorjahre abgesehen¹⁸. Die Abschätzung für die Vorjahre erfolgt vielmehr auf Grundlage der seitens Destatis veröffentlichten Abfallbilanzen. Hier beträgt der Anteil an Siedlungsabfällen bei der thermischen Verwertung (hier bezogen auf Gewichtseinheiten) rund 45 % bezogen auf die energetisch verwertete Abfallmenge von Haushalten und produzierendem Gewerbe. Werden hiervon 50 % an biogenem Anteil unterstellt, so erhöht sich der EE-Anteil 2011 auf 9,2 %. Werden weiterhin die in den Destatis-Erhebungen genannten Industrieabfälle berücksichtigt und auch hier die 50 % biogener Anteil unterstellt, so liegt der Anteil der EE bei rund 10 % in 2011.

Als beste Grundlage für die Abschätzung des Anteils von EE im Sinne des EEWärmeG haben sich die Statistiken von Destatis erwiesen (Erhebungen 064, 066K und 067). Diese von Destatis erfassten Daten berücksichtigen bereits Wärmemengen aus EE, sofern sie oberhalb der Abschneidegrenzen von 2 MW_{th} bzw. 1 MW_{el} (bei KWK) liegen. Sie werden nachfolgend um die nicht statistisch erfassten Anlagen, die aus den MAP-Evaluationsberichten abgeleitet werden, ergänzt. Industrieabfälle werden zudem nicht weiter berücksichtigt, da sie im Sinne des EEWärmeG nicht anrechenbar sind (vgl. Fußnote 20).

Bezüglich der Wärmemengen aus Kleinanlagen wurde versucht, aus den jährlichen Evaluierungsberichten zum MAP diejenigen Erzeugungsleistungen, Einspeisungen und Netzlängen zu eruieren, welche nicht durch die Statistik erfasst werden¹⁹. Aus den MAP-Evaluierungen geht hervor, dass insbesondere Heizwerke die Netzförderung in Anspruch genommen haben. Die über die jeweiligen Jahre abgeschätzten Wärmeeinspeisungen der jeweils neuen Anlagen wurden über die Jahre aufsummiert. Diese aus den MAP-Evaluierungen entnommenen Daten sind aufgrund diverser eigener Annahmen aber mit noch erheblicher Unsicherheit behaftet. Die Evaluierungen liegen zum Zeitpunkt dieses Berichts nur bis zum Jahr 2010 vor. Für 2011 wurde der Wert aus 2010 übernommen.

Die nachfolgende Abbildung 16 stellt die Einspeisemengen in Fernwärmenetze der seitens Destatis veröffentlichten Daten zuzüglich der selbst abgeschätzten Wärmemengen der voraussichtlich nicht erfassten Anlagen aus der MAP-Förderung dar. In Abbildung 17 wird die geschätzte Entwicklung des EE-Anteils dargestellt. Da seitens Destatis erst seit 2008 bzw. 2009 der Anteil an Siedlungsabfällen ausgewiesen wird, kommt es von 2008 zu 2009 zu einem deutlichen Sprung in der Abschätzung. Eine Übernahme der Anteile aus 2009 in die Vorjahre ist aus oben

¹⁸ Eine Übernahme der heutigen Anteile verbietet sich auch aufgrund dessen, dass es im Bereich der Abfallentsorgung in den letzten Jahren zu gesetzlichen Änderungen mit weitreichenden Auswirkungen kam. So wurde mit der Technischen Anleitung Siedlungsabfall (TASI) 2005 von der Deponierung zunehmend Abstand genommen und auf die thermische Verwertung umgelenkt, was sicherlich zu einer Zunahme des biologischen Anteils in den thermischen Abfallverwertungsanlagen führte. Die TASI wurde mit Wirkung zum 16. Juli 2009 durch die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Aufhebung von Verwaltungsvorschriften zum Deponierecht vom 27. April 2009 außer Kraft gesetzt.

¹⁹ Vgl. Tabelle 32 im Anhang

genannten Gründen nicht sinnvoll. Der Anteil an Erneuerbaren Energien wird entsprechend der eigenen Berechnungen auf rund 9 % in 2009 und 2010 sowie 10 % in 2011 abgeschätzt, wobei entsprechend dem EEWärmeG hierbei lediglich 50 % der aus Siedlungsabfällen nutzbar gemachten Wärme berücksichtigt werden.

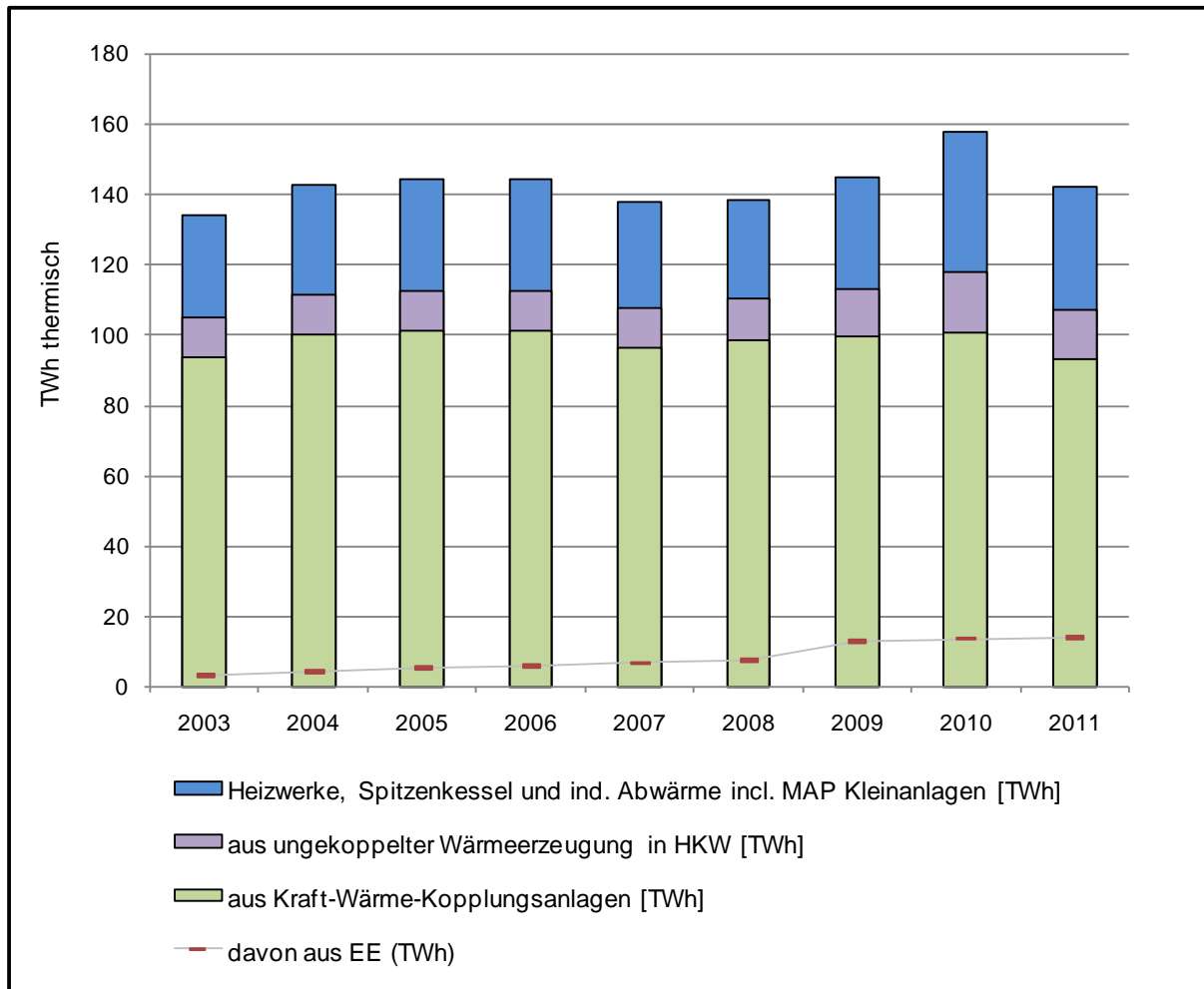


Abbildung 16: von Destatis erfasste Fernwärmeerzeugung incl. MAP-Kleinanlagen nach wesentlichen Heizquellen

[Destatis Erhebungen 066K, 067 und 064 sowie Genesis-Online für die jeweiligen Jahre / eigene Berechnungen]

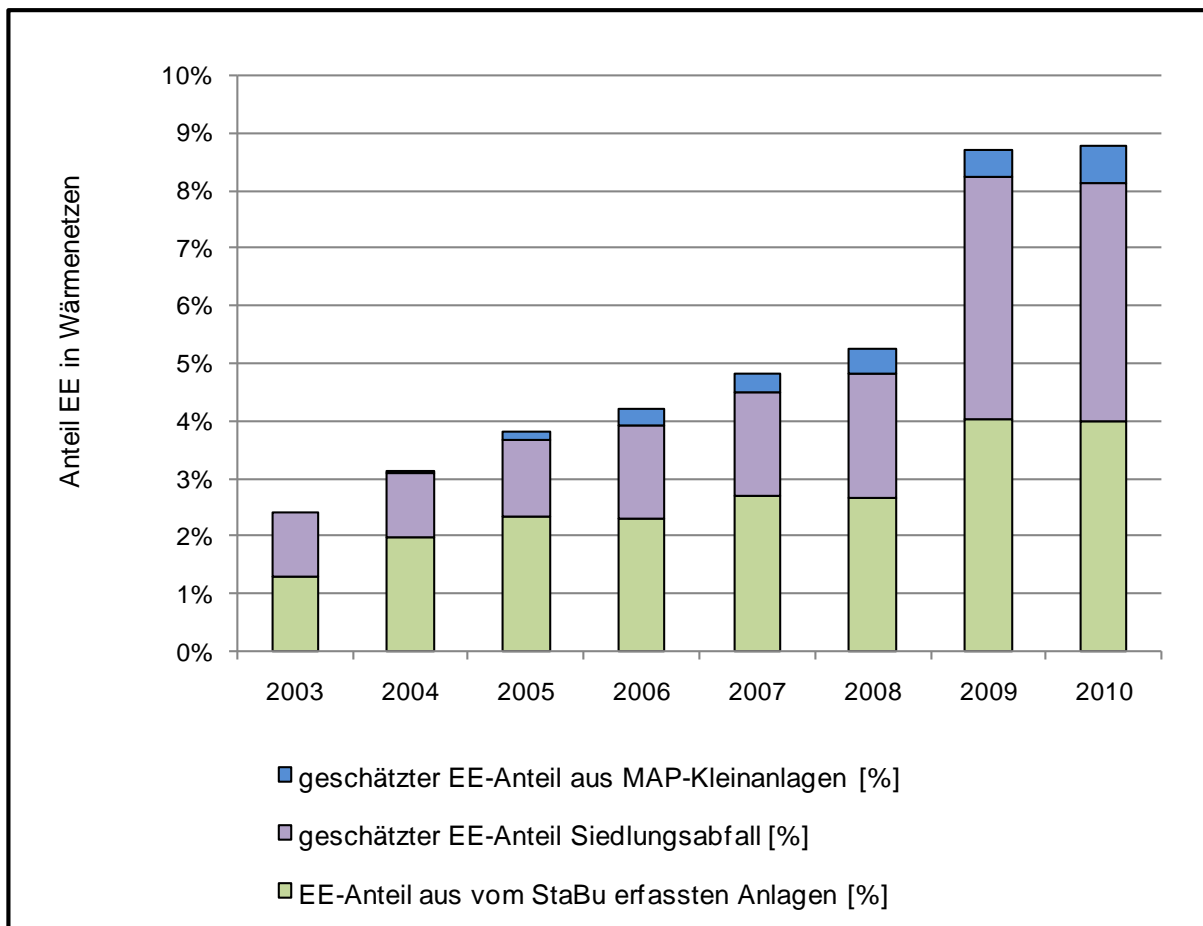


Abbildung 17: durchschnittlicher Anteil der Erneuerbaren Energien in Wärmenetzen
 [Destatis Erhebungen 066K, 067 und 064 sowie Genesis-Online für die jeweiligen Jahre / eigene Berechnungen]

Neben erneuerbaren Energien sind im EEWärmeG auch Wärmenetze mit einem deutlichen Anteil an hocheffizienter KWK als Ersatzmaßnahme zugelassen.

Gemäß einer Erhebung des Statistischen Bundesamts liegt der Anteil an KWK in den vergangenen Jahren nahezu durchgehend bei 70 %. Der Länderarbeitskreis (LAK-) Energiebilanzen ermittelt einen KWK-Anteil zwischen 68 % bis 71 % im Zeitraum 2003 bis 2009. Die AGFW kommt bei ihren jährlichen Mitgliederbefragungen auf einen Wert von über 80 %, wobei der Verband angibt, gut 91 % der Fernwärmeanschlussleistung mit seinen Mitgliedern zu repräsentieren.

Inwieweit es sich jeweils um hocheffiziente KWK handelt, die nach Anlage VIII des EEWärmeG als Ersatzmaßnahme gefordert ist, kann aufgrund der Datenlage bei keiner der Quellen in Erfahrung gebracht werden. Derzeit ist seitens der AGFW aber eine Umfrage zur Einhaltung der Forderung nach Anlage VIII in Arbeit.

Eine weitergehende Aussage zum Einsatz von Fernwärme als mögliche Ersatzmaßnahme gemäß EEWärmeG bedarf einer eingehenden Erhebung, welche im Rahmen dieses Projekts durch eine Befragung der Netzbetreiber durchgeführt wurde und nachfolgend vorgestellt wird.

28.02.2013

Erfüllung der Anforderungen gemäß Anlage VIII EEWärmeG

Für die Ermittlung, ob Fernwärme gemäß den Vorgaben des EEWärmeG in Deutschland für die Gebäudeeigentümer eine alternative Option statt der Verwendung von EE zur Wärmeerzeugung ist, wurden insgesamt 336 Netzbetreiber angeschrieben. Diese wurden nach technischen Details ihrer Wärmeversorgungsnetze befragt und ob die Netze den Vorgaben als Ersatzmaßnahme nach Anlage VIII EEWärmeG genügen. Von den kontaktierten Unternehmen haben in einer ersten Befragung insgesamt 252 (75 %) geantwortet. Von diesen wiederum können laut eigener Aussage etwa 67 % - die jedoch bezogen auf den Wärmeabsatz der 252 Unternehmen 91 % der Wärmemenge repräsentieren - die Vorgaben des EEWärmeG einhalten und damit als Ersatzmaßnahme im Sinne des Gesetzes dienen.

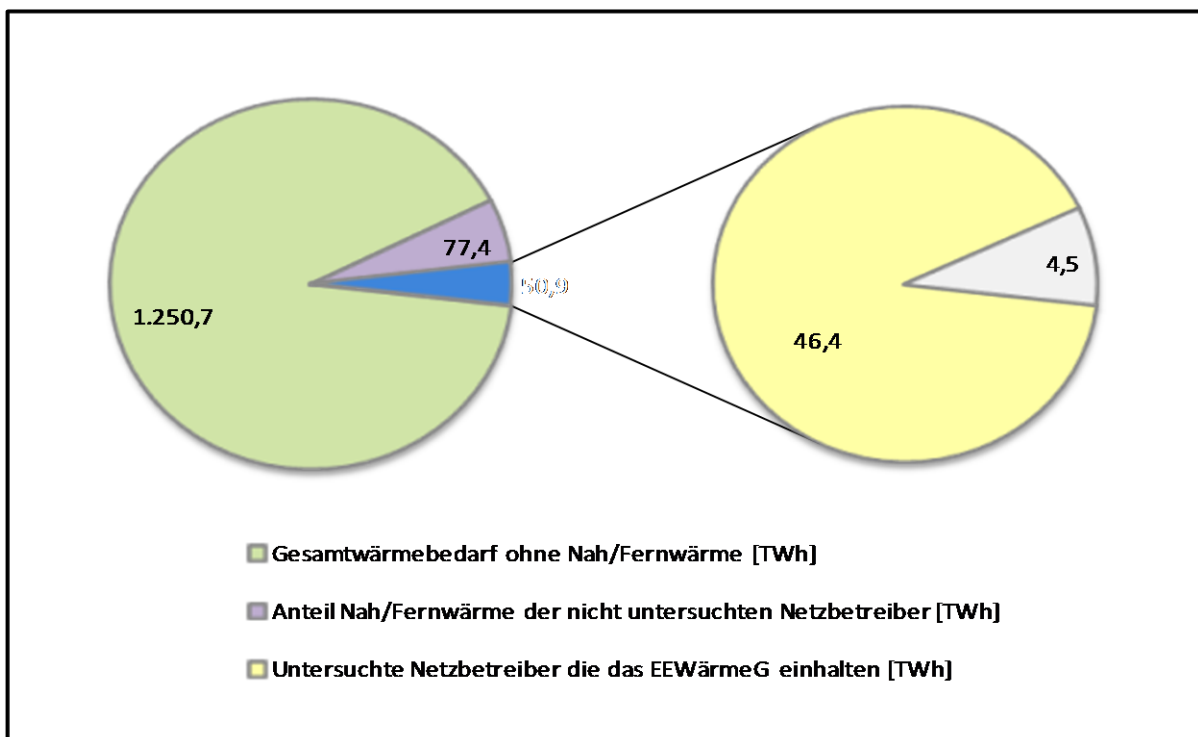


Abbildung 18: Gesamtwärmebedarf für Raumheizzwecke und Prozesswärme in 2008
Anteile der Wärmenetzbetreiber, welche die Vorgaben des EEWärmeG einhalten können, am gesamten Nah- und Fernwärmeabsatz sowie Gesamtwärmebedarf für Raumheizzwecke und Prozesswärme

In einer zweiten Umfrage im Herbst 2010 sollte zudem ermittelt werden, mit welchen Maßnahmen (Erneuerbare Energien, Abwärme oder KWK) die Netze das EEWärmeG einhalten können. Das Bezugsjahr war wiederum 2008.

Insgesamt wurden 257 kommunale Netzbetreiber kontaktiert, die zusammen 365 Einzelnetze vorweisen. Von diesem haben bis Ende November 2010 126 Netzbetreiber - sie repräsentieren eine Wärmeerzeugung von rund 30 TWh in 184 Einzelnetzen - einen ausgefüllten Fragebogen zurückgesandt bzw. auf Veröffentlichungen zu ihren Netzen verwiesen.

Von den rund 30 TWh werden rund 27 TWh (etwa 90 %) in gekoppelter Strom- und Wärmeerzeugung bereit gestellt. Sofern gesicherte Aussagen abgegeben wurden, entstammen von den 27 TWh etwa 60 % aus hocheffizienter KWK gemäß den Vorgaben der EU-Richtlinie 2004/8/EG. Unter der Berücksichtigung der Randbedingung, dass ein Mindestanteil von 50 % hocheffizienter KWK im Netz vorhanden sein muss (Anhang VII, Nr.1c EEWärmeG 2009), sinkt der Anteil um lediglich 0,4 % ab.

Der Anteil der Erneuerbaren Energien liegt bei den hier untersuchten Netzen bei knapp 6 % bezogen auf die Wärmeerzeugung von 30 TWh. Sofern kommunale Müllverbrennungsanlagen in das Netz einspeisen, sind bei dieser Berechnung lediglich 50 % der Einspeisemenge berücksichtigt worden²⁰. Dieses Ergebnis liegt somit unterhalb der Ergebnisse der vorangegangenen Abschätzungen. Bei einem Vergleich der Anteile der Wärmequellen wird ersichtlich, dass zwar der Beitrag aus Siedlungsabfällen nahezu gleich ausfällt, der sonstige Anteil aus EE jedoch weniger als die Hälfte beträgt. Letzteres liegt u.a. an den hier fehlenden Mengen seitens der Industrie.

Wird ein Mindestanteil von 50 % bei EE unterstellt (Anlage VIII, Nr. 1a EEWärmeG unter der Annahme, dass insbesondere feste Biomasse verwendet wird) – unberücksichtigt der Einspeisung aus fossilen KWK-Anlagen und industrieller Abwärme – würden nur 15 der 184 Einzelnetze (bezogen auf die Wärmemenge weniger als 1 %) als Ersatzmaßnahme zur Verfügung stehen.

Die industrielle Abwärme trägt bei Vorgabe eines Mindestanteils von 50 % im Wärmenetz im Durchschnitt mit 0,7 % bezogen auf die eingespeiste Wärmemenge bei und liegt somit leicht unterhalb der Angabe der AGFW. In den drei Fällen, wo Abwärme als Wärmequelle genannt wurde, deckt diese aber immer mit Anteilen von über 75 % die Wärmeerzeugung ab.

Unter Berücksichtigung, dass mindestens 50 % der Wärme in den Netzen aus EE, Abwärme und / oder hocheffizienter KWK stammt, können 158 der 184 Einzelnetze (die 158 Netze repräsentieren 98 % der eingespeisten Wärme) die derzeitigen Vorgaben der Anlage VIII einhalten.

In der Erhebung wurden zudem drei Kältenetze identifiziert:

- Gera: Kälteerzeugung mittels Dampfstrahlkältemachine unter Verwendung von Dampf aus GuD-Anlagen sowie 2 Kompressionskälteanlagen für die Spitzenlastabdeckung. Gesamtleistung: 1,2 MW.
- Hannover: Kälteerzeugung mittels Absorptionskältemachine unter Verwendung von Fernwärme (über 90 % KWK und rund 5 % industrielle Abwärme) zur Versorgung des lokalen Kältenetzes des Hannover Congress und Tourismus Centrums. Gesamtleistung: 1,2 MW.

²⁰ Anwendungshinweise zum Vollzug des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes hier: Nutzung von Wärme aus Müllverbrennungsanlagen vom 09. Februar 2010: http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/anwendungshinweise_muellverbrennung_bf.pdf; S.2, Fußnote 1

- München: Fernkälteversorgung direkt aus Grundwasser und dem Stadtbach ohne ohne zusätzliche Rückkühlung, damit ist die Kältequelle zu 100 % EE. Gesamtleistung: > 5 MW.

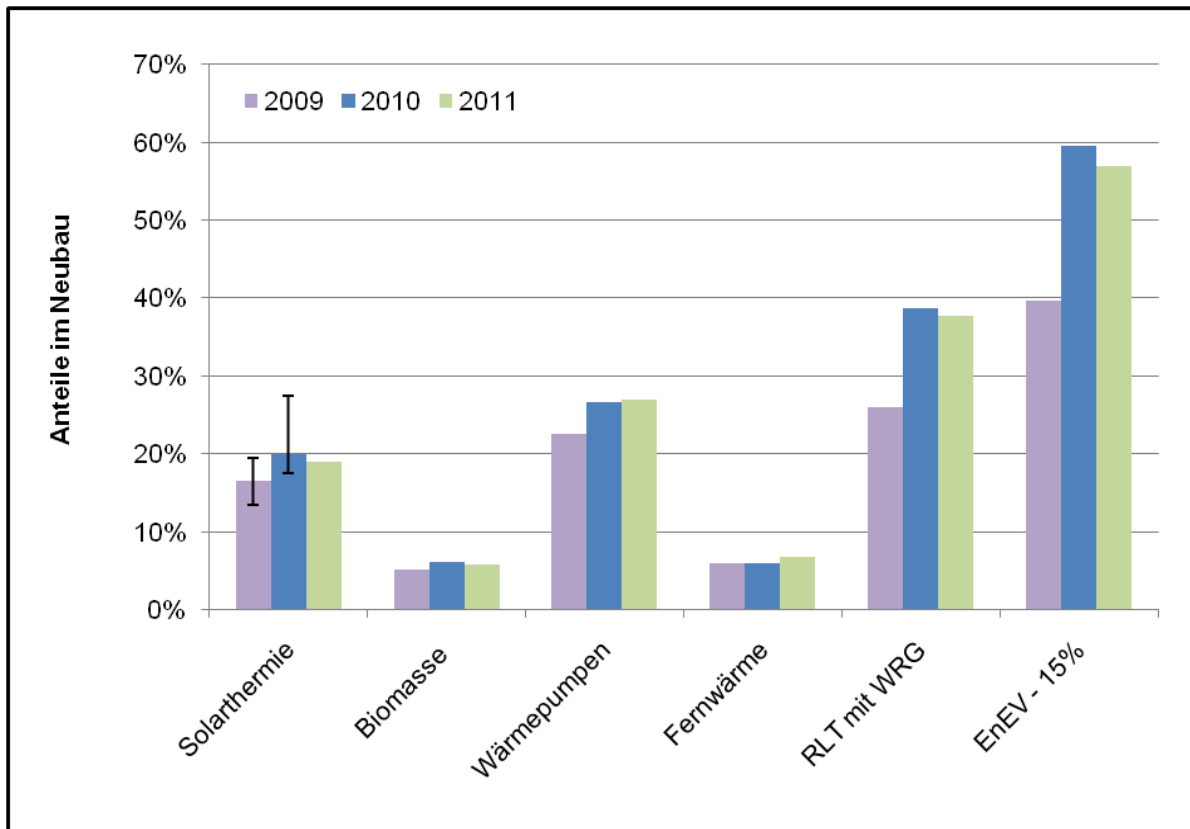
Gemäß den Angaben im AGFW Hauptbericht 2010 sind bei deren Mitgliedsunternehmen 28 Kältenetze mit einer angeschlossenen Kälteleistung von rund 142 MW in Betrieb. Im Jahr 2010 wurden rund 189 TWh aus diesen Netzen entnommen. Eine Aufschlüsselung zur Kälteerzeugung liegt derzeit nur als Anzahl von Anlagen, nicht aber als spezifisch installierte Leistung oder Arbeit vor.

Große Kältenetze gibt es noch unter anderem in Berlin, Hamburg, Chemnitz und Dresden, wo die Kälte größtenteils über Absorptionskältemaschinen mittels Fernwärme aus KWK-Anlagen erzeugt wird.

4.2 Anteile der Technologien zur Nutzung von Erneuerbarer Wärme nach EEWärmeG im Neubau

4.2.1 Ergebnisse der Ansätze zur Abschätzung der Nutzungspflichterfüllung im Neubau

Für diesen Bericht wurden Methoden zur Abschätzung der Wirkung des EEWärmeG entwickelt, die ein möglichst umfassendes Bild für den Neubau in Deutschland liefern sollen. Hierbei wird auf verschiedene Statistiken zurückgegriffen. Als Ergebnis bleibt festzuhalten, dass die Abschätzungen zum Einsatz EE sowie zu den Ersatzmaßnahmen nach dem EEWärmeG aufgrund einer unzureichenden Datenbasis mit starken Unsicherheiten behaftet sind, insbesondere bei Solarthermie bis zum Jahr 2010 (seit 2011 aufgrund der neuen statistischen Erhebungsbögen ist Datenqualität wesentlich besser), die mit einem deutlichen Fehlerbalken ausgewiesen wird. Die hier zu Grunde gelegten Daten bzw. entwickelte Methodik zur Abschätzung lässt Rückschlüsse auf ungefähre Größenordnungen des Ausbaus zu. In der Summe addieren sich die Anteile der EE-Installationen sowie der Ersatzmaßnahmen im Neubau auf über 100 %, da teils auch Kombinationen von Ersatzmaßnahmen mit EE-Nutzung bzw. von EE-Technologien untereinander möglich sind. Deutlich wird jedoch der Umfang und damit die Bedeutung der Ersatzmaßnahmen im Neubau, welche die eigentliche Zielsetzung eines EE-Ausbaus von 14 % unterminieren, jedoch trotzdem einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz leisten können. Die hier ausgewiesenen Werte bzw. auf eigenen Methoden basierenden Abschätzungen sind (bis auf eine zwei Prozentpunkteabweichung in 2009 bei Solarthermie) auch als plausible Werte anzusehen. Nachfolgend erfolgt ein kurzer Überblick über weitere Abschätzungen und Statistiken.



RLT: Raumtechnische Anlagen, WRG: Wärmerückgewinnung, EnEV-15 %: EnEV Unterschreitung um 15 %; Summiert sich nicht auf 100 %, da mehrere Maßnahmen gleichzeitig zutreffen können. Bioenergie ohne Fernwärme.

Abbildung 19: Anteile von EE-Wärmeerzeugungsanlagen und Ersatzmaßnahmen nach dem EEWärmeG im Neubau, 2009 bis 2011, in %, Abschätzungen teils basierend auf eigenen methodischen Entwicklungen

[eigene Darstellung]

4.2.2 Diskussion der Ergebnisse anderer Datenquellen oder Erhebungen zur Nutzungspflichterfüllung im Neubau

Diverse Erhebungen über eingesetzte Heiztechnologien, Energieträger zur Wärmeerzeugung, der Gebäudeaustattung etc. erlauben den Einsatz EE in Gebäuden grob abzuschätzen. Allerdings liegt diesen Erhebungen unterschiedliche Ziele und somit auch Fragestellungen zu Grunde, so dass eine Aussage zur Erfüllung des EEWärmeG nicht eindeutig ableitbar ist. Desweiteren unterscheiden sich diese Verfahren in Art und Umfang der Befragung (Vollerhebung, zufällige Stichproben) sowie der Befragten. Im Folgenden werden diese Erhebungen kurz dargestellt.

Erste Ergebnisse zur Erfüllung des EEWärmeG liegen seit Januar 2010 seitens der Agentur für Erneuerbare Energien (AEE) vor. In deren Auftrag befragte die TNS-Emnid ein Jahr nach Inkrafttreten des EEWärmeG 500 Bauunternehmen, Bauträger sowie Architekten und Ingenieurbüros zur Wirkung des EEWärmeG im Neubau. Laut dieser Umfrage wird das EEWärmeG mit einer 98 %igen Erfüllung der Vorgaben gut angenommen, bei über 30 % der Neubauprojekte sogar übererfüllt. Insgesamt scheint der Einsatz von EE zur Wärmeerzeugung im Neubau die präferierte

28.02.2013

Maßnahme zur Erfüllung des Gesetzes darzustellen, auch wenn immerhin über 30 % der „Häuslebauer“ auf Ersatzmaßnahmen zurückgreifen (siehe Abbildung 20). Unter den Ersatzmaßnahmen wird die Dämmung in fast zwei Dritteln der Fälle vorgezogen. Offen bleibt, inwieweit Kombinationen von Maßnahmen in die Ergebnisse einfließen, ob regionale Besonderheiten Einfluss nehmen, welchen Anteil an Neubauten sowie welches Verhältnis aus Wohn- und Nichtwohngebäuden diese Umfrage abdeckt. Die Umfrageergebnisse bilden einen ersten Orientierungswert.

Weitere Information über den Einsatz EE im Neubau liefert eine Kurzerhebung von CO₂-Online, die im Auftrag des BMU Ende 2010 durchgeführt wurde. Hierbei wurden Angaben einer Onlineumfrage ausgewertet, die auf Adressen eines online-Ratgebers zu Heizkosten im Neubau zurückgreift. Insgesamt haben 1.035 Bauherren von Ein- und Mehrfamilienhäusern teilgenommen; darunter entfallen auf die Jahre 2006-2010 776 Bauherren. Durch den Rückgriff auf die Adressdatenbank der Heizkostenberatung ist allerdings ein Bias hinsichtlich besonders energiesparaffiner Bauherren zu vermuten. Den Angaben der Erhebung zufolge wurden in den Jahre 2009 und 2010 321 Wohngebäude erstellt, in denen in mehr als der Hälfte Wärmepumpen zur Wärmeerzeugung eingesetzt werden und die ebenfalls über die Hälfte die EnEV 2009 übererfüllen. Hierbei wurde jedoch nicht die Übererfüllung abgefragt, sondern nur der Gebäudestandard, der von ca. 29 % der Befragten mit KfW-Effizienzhaus und Passivhaus beantwortet wurde. Eine Aufsummierung der Anteile ergibt eine Summe über 100 %, da mehrere EE-Träger oder Ersatzmaßnahmen kombiniert sein können. Aufgrund methodischer Erwägungen (Stichprobenanzahl, Repräsentativität, Differenzierung Neubau / Bestandsgebäude) ist diese Untersuchung jedoch nur begrenzt aussagekräftig.

Im Rahmen einer Erhebung zur Erfassung der energetischen Qualität und der Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand wurden auch Daten zum Einsatz der Energieträger und des Wärmeschutzes von IWU und BEI erhoben. Die Stichprobenziehung beruht auf einem zweistufigen, zufallsabhängigen Auswahlverfahren. Die Datenerhebung erfolgte bis Ende Januar 2010 über Schornsteinfeger in Zusammenarbeit mit Hauseigentümern und umfasst insgesamt 7.510 auswertbare Fragebögen, wobei rund 538 Fragebögen auf Neubauten ab 2005 entfallen. Die Aufteilung der Stichprobe nach Ein- und Mehrfamilienhäuser entspricht der der Bautätigkeitsstatistik. Die Stichprobe erlaubt eine Hochrechnung auf die Grundgesamtheit der Wohngebäude und scheint diese repräsentativ erfasst zu haben. Ungefähr 58 % der Neubauten mit eine Abweichung von ± 9 % sind als Passiv- oder Energiesparhaus (KfW 40 und 60) errichtet, wobei diese nicht zwangsläufig einer Übererfüllung der EnEV (15%) entsprechen müssen. Die Summe der Anteile kann 100% übersteigen (Kombinationen). Zu beachten ist, dass sich die Anteile der EE-Nutzung auf Wohngebäude beziehen und diese im Vergleich zu anderen Erhebungen, die Nichtwohngebäude mit einbeziehen, leicht überhöht sein könnten.

Eine umfassende Darstellung der Bautätigkeit im Wohn- und Nichtwohngebäudebereich und des primär verwendeten Heizsystems bzw. Energieträgers bietet die Baufertigstellungsstatistik des Statistischen Bundesamtes. Sie stellt eine Vollerhebung dar, bei der zwar aufgrund von Fortschreibungen Fehler auftreten können, dennoch aber zu den verlässlichsten Quellen über Wohngebäude in Deutschland zählt. Mit Blick auf Erfüllung des EEWärmeG ist sie allerdings nur für solche Technologien aussagekräftig, die überwiegend als primäre Heiztechnologie bzw. Energieträger eingesetzt werden. Dies dürfte beim Einsatz von Wärmepumpen, Fernwärme und ggf. von fester Biomasse der Fall sein. In der Summe überschreiten diese Anteile nicht 100 %. Die Statistik über Baugenehmigung liefert seit 2010 auch Daten zu sekundären Heizenergieträgern im Neubau. Diese stellt somit insbesondere für die Solarthermie eine gute Basis zur Abschätzung der Anteile dar (ab 2010).

Nachfolgend sind die verschiedenen Erhebungen, ihre grundlegenden Merkmale sowie die ausgewiesenen Anteile EE-Anteile bzw. Ersatzmaßnahmen in Tabelle 6 und Abbildung 20 für das Jahr 2009 aufgeführt. Für 2010 liegen nur die eigenen Abschätzungen sowie die Baufertigstellungs/genehmigungsstatistiken des Statistischen Bundesamtes vor.

Tabelle 6: Zusammenstellung verschiedener Abschätzungen zu Anteilen von EE-Technologien in der Raumwärmeerzeugung, 2009 und 2010

[Verschiedene Quellen]

							Anteile									
Bezeichnung der Erhebung /Studie	Befragte/ Quellen	Bau-jahr	Gebäu detyp	Anzahl Befragte	Anzahl Gebäude	nicht erfüllt	Solarthermie	BM fest	BM flüssig	BM gasförmig	Wärmepumpe	RLT mit WRG	EnEV-15%	Fernwärme	Ersatz KWK	Anmerkungen
CO2-online, Umfrage 2011	Bauinteressierte, Bauherren,	2009, 2010	WG	321	321	8.7%	38%	10%			55%	38%	58%	4%		bei Neubauten zw. 2006-2010: N = 1035; Summe > 100%
IWU, Erhebung 2010	Schornsteinfeger zusammen mit Hauseigentümer	2005-2009	WG		538		28%	9%			21%	8%	59%	4%		Neubauten ab 2005, +/- 3,4% solar, EnEV-15% = KfW 60, 40; Summe > 100%
TNS-Emnid, Umfrage 2010	Bauunternehmen, gewerbl. Bauträger, Architekten, Ingenieurbüro	2009	WG, NWG	500	n.n	2.4%	26%	9%	1%	3%	28%	3%	20%	6%	4%	Neubauten in 2009, Summe der Anteile = 100% (d.h. keine Dopplungen)
Destatis, Baustatistik FS 7.1, 2010	Bauherren	2009	WG, NWG		95245	-	-	7%			23%			6%		Baufertigstellungen 2009; Vorwiegend verwendeter Heizenergie
Destatis, Baustatistik FS 7.1, 2011	Bauherren	2010	WG, NWG		95775	-	21%	8%			27%			6%		Baufertigstellungen 2010; sekundäre Heizenergie Bau- genehmigungen bei Solarthermie

Ecofys et al. Erfahrungsb. 2011 (Anteile für 2009)	Destatis, KfW, BAFA, Verbände	2009	WG, NWG		n.n.		16%	6%			23%	26%	40%	6%		Neubauten 2009; Summe > 100%
Ecofys et al. Erfahrungsb. 2011 (Anteile für 2010)	Destatis, KfW, BAFA, Verbände	2010	WG, NWG		n.n.		20%	7%			27%	39%	59%	6%		Neubauten 2010; Summe > 100%

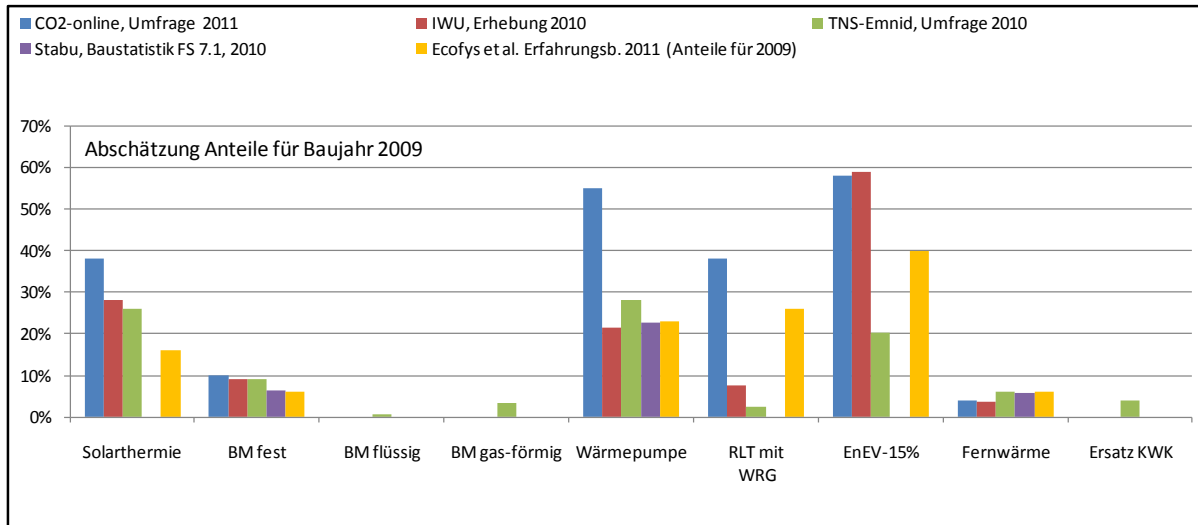


Abbildung 20: Anteile von EE-Wärmeerzeugungsanlagen und Ersatzmaßnahmen im Neubau, 2009, nach verschiedenen Erhebungen
[Eigene Darstellung]

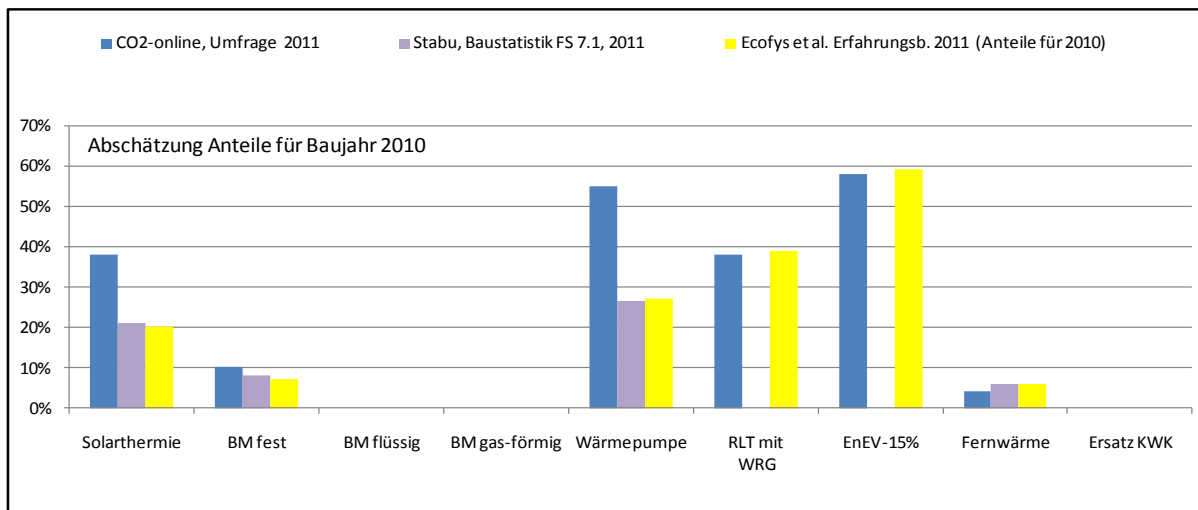


Abbildung 21: Anteile von EE-Wärmeerzeugungsanlagen und Ersatzmaßnahmen im Neubau, 2009, nach verschiedenen Erhebungen
[Eigene Darstellung]

4.2.3 Fazit

Die dargestellten Erhebungen sowie die entwickelten eigenen Methoden zur Abschätzung der Anteile im Neubau weisen auf deutliche Schwächen der Daten hin und erlauben somit keine klare Aussage über die Anteile der EE bzw. der Ersatzmaßnahmen im Neubau. Es wird daher dringend empfohlen, zur Beurteilung der Wirkung des EEWärmeG eine bessere Datengrundlage bzw. bessere Rahmenbedingungen hierfür zu schaffen. Um dennoch eine ungefähre Vorstellung über Qualität der eigenen Abschätzungen zum Einsatz EE und zur Durchführung von Ersatzmaßnahmen nach dem EEWärmeG zu erhalten, wird im Folgenden eine Synopsis der verschiedenen Erhebungsergebnisse und Abschätzungen aus 2009 und 2010 erstellt, die sich je nach Technologie auf unterschiedliche Erhebungen

stützt und die Erfüllungsoptionen mit einer geschätzten Bandbreite ausweisen.²¹ Dargestellt sind Spannweiten und Mittelwerte sowie Werte, die unter Berücksichtigung aller Datengrundlagen und Abschätzungen als plausible Werte anzusehen sind.

Für Aussagen über den Einsatz von Wärmepumpen und Fernwärme werden die Daten der Baufertigstellungsstatistik als am aussagekräftigsten angesehen, da diese meist als primäre Heizenergie Einsatz finden und nicht ergänzend genutzt werden. Sie decken sich jedoch mit den eigenen Abschätzungen. Zur Übererfüllung der EnEV (-15 %) sind die eigenen Abschätzungen anzulegen, da weder CO₂online noch die IWU/BIE-Erhebung eine Übererfüllung abfragen, sondern lediglich auf den Gebäudestandard (Passiv-/Energiesparhaus) abstellen. Selbes gilt für die RLT mit Wärmerückgewinnung, die sich auf die Nutzung der Abwärme bezieht. Da der Einsatz der Solarthermie meist nur als sekundäres Heiz / Warmwasseraufbereitungssystem Einsatz findet, sind die Aussagen der Baufertigstellungsstatistik nicht verwertbar. Allerdings liegen für 2010 erstmals Angaben des Statistischen Bundesamtes zu sekundären Heizenergieträgern im Wohnungs- und Nichtwohnungsbau bei Baugenehmigungen vor. Diese Statistik ist für die zukünftigen Jahre sicherlich anlegbar, für 2009 und 2010 wird sie als eine obere Grenze angesehen. Somit basiert der als plausibel betrachtete Wert bei der Solarthermie auf den eigenen Abschätzung, jedoch nicht auf dem Durchschnittswert beider Methoden, sondern auf Variante 1. Bei Biomasse dürften die Werte der eigenen Abschätzung weitestgehend mit denen der Baustatistik übereinstimmen, zumal Biomasse im geringen Umfang auch ergänzend zu einem weiteren Heizsystem eingesetzt werden kann. Diese als plausibel angesehenen Anteile sind in nachfolgender Abbildung 22 und Abbildung 23 für 2009 und 2010 dargestellt, ebenso der Mittelwert aus allen vorliegenden Daten sowie die Spannbreite zwischen dem unterersten und obersten Wert der diversen Abschätzungen. Anzumerken ist, dass für 2010 weniger Abschätzungen als für 2009 vorliegen, diese aber eher geringere Abweichungen aufzeigen.

Insgesamt ist festzuhalten, dass die eigenen Abschätzungen im Vergleich zu den vorhandenen Statistiken und weiteren Abschätzungen durchaus als plausible Werte betrachtet werden können (Ausnahme: Durchschnittswert Solarthermie 2009 weist eine Abweichung von 2 Prozentpunkten aus).

²¹ Die vergleichende Betrachtung bezieht sich auf Erhebungen im Jahr 2010 über Baufertigstellungen, die überwiegend in 2009 erfolgten. Eine Synopsis für 2010 beschränkt sich in diesem Bericht auf die Baufertigstellungs- und Baugenehmigungsstatistik des statistischen Bundesamtes sowie der CO₂online-Umfrage.

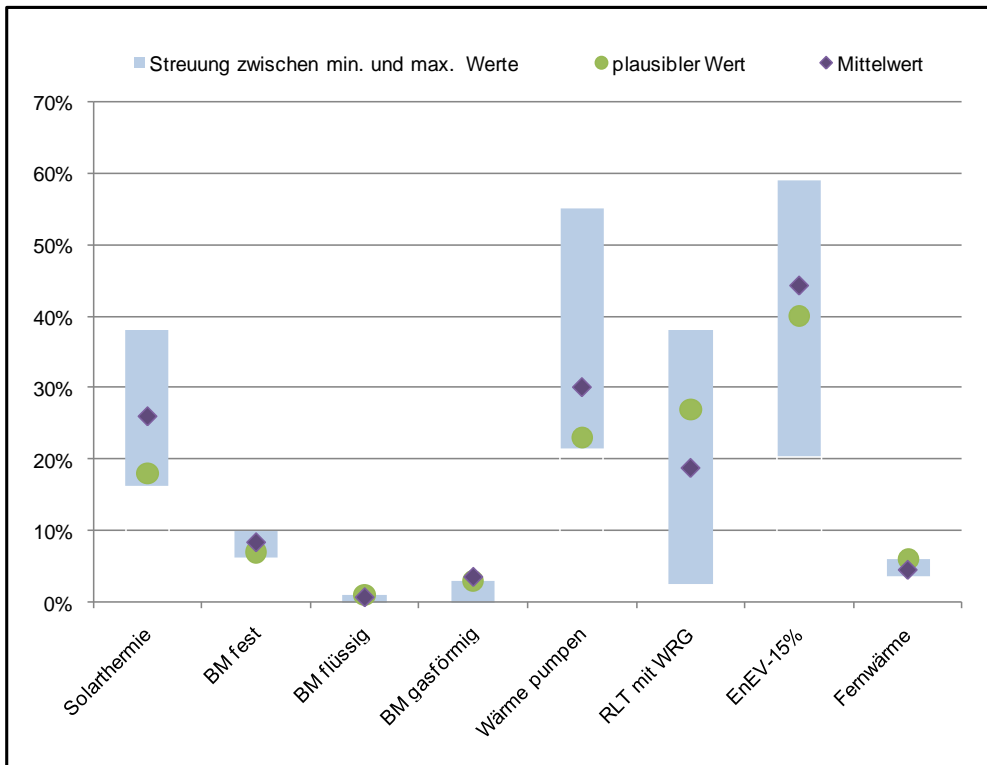


Abbildung 22: Anteile von EE-Wärmeerzeugungsanlagen und Ersatzmaßnahmen im Neubau, 2009, Streuung, Mittelwert und plausible Werte
[eigene Darstellung]

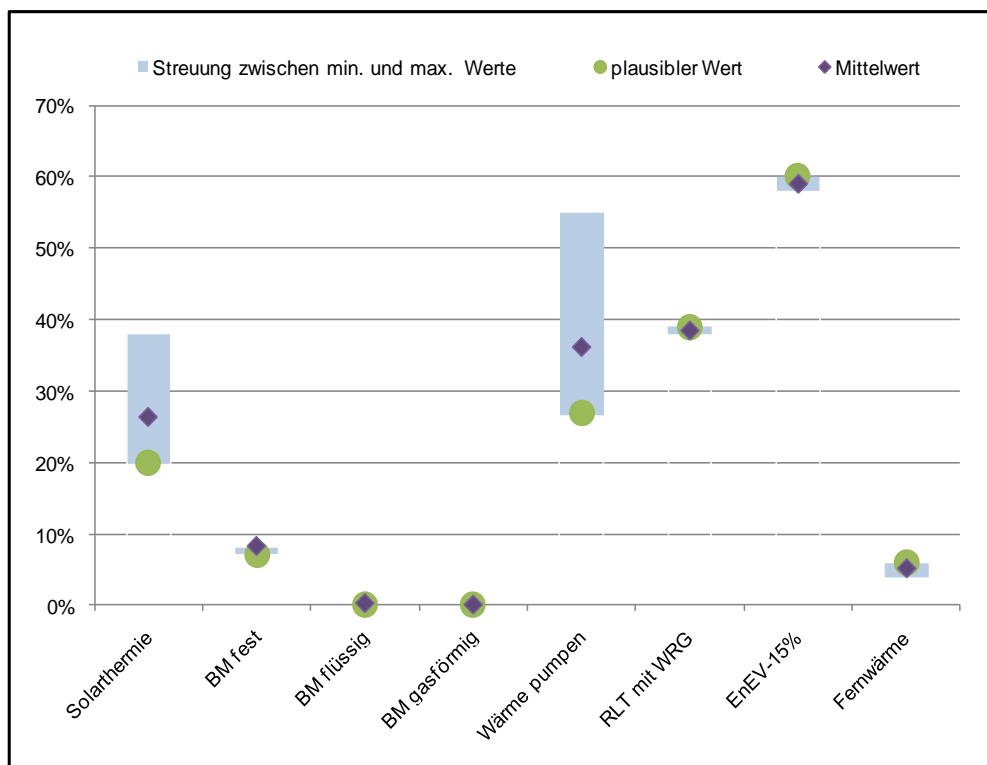


Abbildung 23: Anteile von EE-Wärmeerzeugungsanlagen und Ersatzmaßnahmen im Neubau, 2010, Streuung, Mittelwert und plausible Werte
[eigene Darstellung]

28.02.2013

4.3 Prozesswärme und -kälte, Klimatisierung und Potenzial für Erneuerbare Energien

Im EEWärmeG wird keine Nutzungspflicht von EE für Prozesswärme und –kälte vorgeschrieben. Der einzige Einfluss vom EEWärmeG auf Prozessenergie ist, dass die Abwärme oder -kälte aus technischen Anlagen, wenn die Nutzung in Neubauten zu mindestens 50 % erfolgt, als Ersatzmaßnahme nach § 7 EEWärmeG gilt. Somit liegt die Wirkung des EEWärmeG weniger bei den Erneuerbaren Energien als vielmehr bei der potentiellen Nutzung der Abwärme und –kälte. Dementsprechend wird in diesem Kapitel nicht auf die Anteile der EE bei der Prozessenergie, sondern auf die Größenordnung der Nutzung fokussiert.

Prozessenergie umfasst ein weites Spektrum von Anwendungen. Die Anforderungen an Leistung, Energiequantität und Temperatur variieren stark. Zudem gibt es viele einzelne Nutzungen von Prozessenergie ohne zentrale Sammlung der Daten (anders als beim elektrischen Strom). Dementsprechend ist die Datenlage des Einsatzes von Prozessenergie eher unzureichend oder veraltet. Diese aktuellste Quelle, in der Daten zu Prozesswärme sowie -kälte der Industrie sowie des GHD zusammengefasst werden ist "Bestandsaufnahme und Strukturierung des Wärme- und Kältebereichs" von Fraunhofer ISE, Fraunhofer ISI, Öko-Institut, IREES GmbH, TU Wien und Bremer Energie Institut [Fraunhofer ISE 2011]. In dieser Studie werden Daten aus diversen Quellen zusammengetragen. Somit stammen die dort genannten Daten teilweise aus älteren Veröffentlichungen. Weitere Informationen sind dort zu entnehmen. Dieser Abschnitt bezieht seine Daten weitgehend aus dieser Quelle.

Die Bedeutung der Prozessenergie im Deutschen Wärmesektor ist groß. Das lässt sich schon daran ableiten, dass der Prozesswärmebedarf aller Industriebranchen in Deutschland bei rund 500 TWh/a Wärme aus Brennstoffen, sowie ca. 30 TWh/a Stromeinsatz für Elektroprozesswärme liegt. Im Vergleich dazu liegt der Deutsche Gesamtwärmebedarf bei ca 1.400 TWh [Fraunhofer ISE 2011]. Somit liegt der Prozessenergieanteil am Wärmesektor bei ca. 40 %.

4.3.1 Einsatz von Prozesswärme in der Industrie

Prozesswärme zeichnet sich durch eine breite Vielfalt – u.a. im Hinblick auf die eingesetzten Technologien zur Wärmeerzeugung, den verwendeten Brennstoffen und dem erforderlichen Temperaturniveau aus, da bei vielen verschiedenen industriellen Prozessen Wärme benötigt wird und das Energieangebot aufgrund von örtlichen Gegebenheiten unterschiedlich sein kann. In folgenden Branchen und Prozessen wird Prozesswärme schwerpunktmäßig eingesetzt:

- Nahrungs- und Genussmittelindustrie (z. B. Koch- und Eindampfprozesse, Sterilisierung)
- Metallerzeugung
- Keramikindustrie
- Chemische Industrie

28.02.2013

- Zellstoff- und Papierindustrie (Kochen, Trocknen)
- Textilindustrie (Färben, Auswaschen, Trocknen)
- Investitionsgüterindustrie (z. B. Reinigungsbäder, Lackierkabinen, Lacktrockner)
- Dienstleistungen (z. B. Wäschereien)

Hinsichtlich des Temperaturniveaus lässt sich die Prozesswärme in drei Gruppen einteilen:

- **Gering** (< 100°C): typisch für Beheizung von privatem Wohnraum, Niedertemperaturprozesse in der Industrie (z.B. Waschen, Spülen, Behandlung von Lebensmitteln), Beheizung von Industriegebäuden und Vor-Ort-Wasserbereitstellung
- **Mittel** (100°C - 400°C): diese Wärme wird typischerweise durch Dampf bzw. Heißwasser oder mit Wärmeträgerölen bereitgestellt. Der Zweck ist oft die Verdampfung und Trocknung.
- **Hoch** (>400°C): Diese Temperaturniveaus werden für die Herstellung von Glas, Keramiken und Metallen benötigt. Diese Temperaturen können durch Rauchgase oder elektrische Induktion erreicht werden.

Die Art der Bereitstellung von Prozesswärme ist abhängig vom durchzuführenden Prozess und kann in folgende Typen untergliedert werden [Rudolph & Wagner 2008, S.26]

:

- Gewinnen von anorganischen Grundstoffen (Eisen und NE-Metallen, Glas, Keramik) durch Schmelzprozesse
- Schmelzen von Metallen und Kunststoffen zum Vergießen, Reinigen und Legieren
- Durchgreifendes Erwärmen von Metallen zur Gefügeumwandlung, teilweise verbunden mit chemischen Umsetzungen (Brennen, Kalzinieren, Rösten, Graphitieren)
- Wärmebehandlung zur Gefüge- und Oberflächenveränderung
- Schweißen & Löten von Metallen und Kunststoffen mit oder ohne Zusatzwerkstoff (Schmelz-, Pressschweißen)
- Thermisches Trennen zur Entfernung flüchtiger Substanzen aus Lösungen, Suspensionen und Emulsionen (Verdampfen, Destillieren, Rektifizieren, Extrahieren)
- Trocknen zur Entfernung flüssiger Substanzen von der Oberfläche oder aus dem inneren kolloider und / oder kapillarporöser Güter
- Thermische Behandlung von Lebensmitteln im Zuge der Herstellung und Zubereitung (Auftauen, Garen, Backen, usw.)
- Erwärmen von Wasser / Laugen für Wasch- und Spülvorgänge

Der Gesamtverbrauch an Prozesswärme betrug 2010 insgesamt 528,7 TWh, was einem Anteil von ca. 37 % am Gesamtwärmeverbrauch von 1415,4 TWh entspricht. Davon entfallen 463,0 TWh auf Anwendungsbereiche in der Industrie [BMWI 2012].

28.02.2013

Das Potenzial der Erneuerbaren Energien am Gesamtwärmeverbrauch wird erst zu einem sehr kleinen Teil genutzt. In der Industrie wurden 2010 nach [BMWI 2012] lediglich 4,9 % der Prozesswärme - dies entspricht 22,6 TWh - aus Erneuerbaren Energien erzeugt. Im Sektor GHD beträgt der Anteil 2010 an Prozesswärme (ohne Raumwärme & Warmwasser) aus EE nur 1,9% bzw. 0,6 TWh [BMWI 2012].

Untersuchungen zum Einsatz EE-Träger im Bereich GHD wurden für 2010 veröffentlicht (Schloman et al. 2010). Der Prozesswärme- und -kältebedarf betrug ca. 10 % des gesamten Endenergiebedarfes des GHD-Sektors. Nähere Informationen sind [Fraunhofer ISE 2011] bzw. [BMWI 2012] zu entnehmen.

Nach Angaben des BMU wurden in 2011 insgesamt 143,5 TWh Wärme aus Erneuerbaren Energien durch Nutzung von biogenen Brennstoffen (inkl. biogener Anteil im Abfall), Solarthermie, Geothermie und sonstige Wärmepumpen erzeugt. Dies entspricht einem Anteil von 11 % am Gesamtwärmeverbrauch [BMU 2012].

Der überwiegende Teil der erneuerbaren Brennstoffe wird derzeit im Papiergewerbe und anderen Holzverarbeitenden Sektoren, der Zementherstellung, der Grundstoffchemie sowie im Recyclingbereich eingesetzt. Weitere Potenziale für die Nutzung von Erneuerbaren Energien für die Erzeugung von Prozesswärme werden insbesondere in den Branchen Nahrungs- / Genussmittel, Textil und der Herstellung chemischer Produkte gesehen.

Nach dem Forschungsbericht des Umweltbundesamtes [UBA 2008] nimmt der Raumwärme- und Warmwasserbedarf bis 2020 um 18 % ab, während die Institute EWI und Prognos [BMW 2007] für den Prozesswärmebedarf der Industrie einen Rückgang um 11 % bis 2020 erwarten. Diese Prognosen zeigen, dass die Prozesswärme an Bedeutung gewinnen wird. Gemäß Tabelle 7 prognostiziert der Bundesverband Erneuerbare Energien e.V. einen steigenden Anteil der erneuerbaren Energien am Prozesswärmeverbrauch von 5,1 % in 2007 auf ca. 12 % in 2020, d.h. konventionelle Energieträger für die Prozesswärmeerzeugung werden vermehrt durch erneuerbare Energien ersetzt. Zum Vergleich: Im BMU Leitszenario EE [DLR 2010] wird für 2020 ein Beitrag der EE von 18 % am Wärmebedarf in Deutschland genannt ohne, dass der Anteil der EE an Prozessenergie ausgewiesen wird.

Tabelle 7: Anteil Erneuerbarer Energien am Raumwärme/Warmwasser- und Prozesswärmeverbrauch

[BEE 2009]

Wärmeverbrauch o. Strom [TWh/a]	2007	2010	2020
Raumwärme & Warmwasser gesamt	774,1	736,8	616,1
EE Raumwärme & Warmwasser	80,3	124,6	241,3
Anteil EE an Raumwärme/WW	10,4%	16,9%	39,2%
Prozesswärme gesamt	444,4	431,9	401,0
EE Prozesswärme ¹⁾	22,5	27,1	47,2
Anteil EE an Prozesswärme	5,1%	6,3%	11,8%

¹⁾ biogene Festbrennstoffe Industrie, Heizwerke und KWK

Aus dem hohen Anteil des Prozesswärmebedarfes für den Temperaturbereich unter 200°C ergibt sich, dass die Prozesswärmeerzeugung mit erneuerbaren Energien noch Ausbaupotenziale bietet. Neben einer deutlichen Steigerung bei der Energieeffizienz steht eine Vielzahl technischer Optionen zur Wärmeversorgung mit Erneuerbaren Energien bereit. Als potenzielle Anwendungsgebiete für die solare Wärmeerzeugung könnten zum Beispiel die Prozesse Waschen, Kochen, Vorwärmen, Pasteurisieren, Bleichen, Färben und die Oberflächenbehandlung von Metallen genannt werden, da sie weit verbreitet sind und signifikante Wärmemengen bei einem Temperaturniveau von unter 100°C verbrauchen.. Im ersten Teil des Abschlußberichts des SOPREN-Forschungsprojekts für neun ausgewählte Wirtschaftszweige ein theoretisches Potenzial für den Wärmebedarf bis 250 °C von 130 TWh/a angegeben. Bei Berücksichtigung von Energieeffizienzmaßnahmen und technischen Einschränkungen (begrenzte Dachflächen, mittlere solare Deckungsrate von 30 %) ergibt sich ein technisch nutzbares Potential von 15,6 TWh/a, das 3,1% des industriellen Wärmebedarfs entspricht [Lauterbach 2011]. Da für die solare Prozesswärmeerzeugung im Gegensatz zum Wohnungsbau individuelle Lösungen erforderlich sind, die auf Anlagengröße, Bedarfsprofil, Wärmeträgermedium und Temperaturniveau der jeweiligen Prozesse abgestimmt sind, bedeutet der damit verbundene Beratungs- und Planungsaufwand sowie eine erhebliche Herausforderung für die Markterschließung. Neben einem Informationsdefizit über die Möglichkeiten dieser Technologie erweisen sich nach [Lauterbach 2011] die Amortisationsvorstellungen vieler Industriebetriebe als weitere Hemmnisse. Daher ist die solare Prozesswärmeerzeugung für viele Anwendungen (noch) nicht im Markt eingeführt und wird vielfach als nicht wirtschaftlich betrachtet.

4.3.2 Aktueller Stand des Kälte- und Klimatisierungsbedarfs sowie Potenziale Kältebedarf in der Industrie

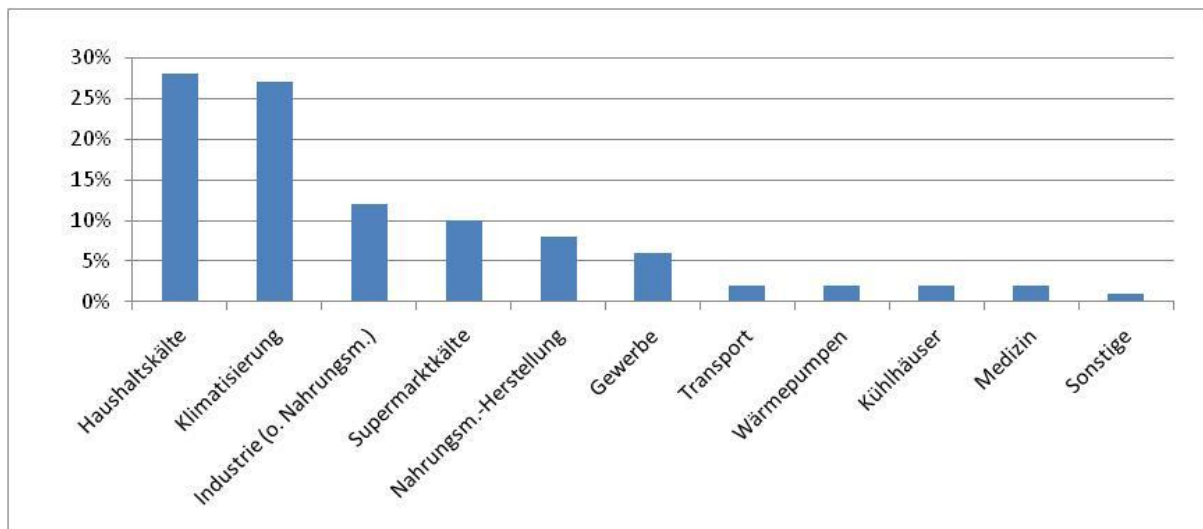


Abbildung 24: Aufteilung des Energiebedarfes für die Kälteerzeugung in Deutschland (VDMA 2011)

[Eigene Darstellung]

Der Energiebedarf für die Erzeugung von Kälte in Deutschland wird gemäß einer Studie des Verbandes Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA 2011) auf insgesamt 85 TWh beziffert. Der größte Kältebedarf liegt hierbei in den Anwendungsbereichen der Haushaltskälte, der Klimatisierung sowie der Nahrungsmittelindustrie und der sonstigen Industrie. Abbildung 24 zeigt die Aufteilung des Energiebedarfes für die Kälteerzeugung in Deutschland.

Gegenüber dem Statusbericht Nr. 22 des Deutschen Kälte- und Klimatechnischen Vereins (DKV) von 2002 mit dem Datenbezugsjahr 1999 [DKV 2002] ist der Energiebedarf der Kältetechnik um ca. 8 TWh bzw. 10,4 % gestiegen. Beispielsweise hat der Energiebedarf für die Fahrzeugklimatisierung kräftig zugelegt. Ein gegenläufiges Bild zeigt der Bereich der Haushaltskälte, die in den letzten zehn Jahren um mehr als ein Viertel zurückgegangen ist.

Auf elektrisch betriebene Kälteerzeugungsanlagen entfällt ein Energiebedarf von 71 TWh, was einem Anteil von 83 % am Gesamtbedarf bzw. 14 % am gesamten Stromverbrauch in Deutschland entspricht. Damit hat sich der Anteil der Kälteerzeugung am Gesamtstromverbrauch gegenüber 1999 nicht wesentlich verändert. Demgegenüber hat sich der Primärenergieverbrauch für die über 121 Mio. Kälteerzeugungsanlagen in Deutschland auf 254 TWh erhöht, so dass der Anteil am Gesamtprimärenergieverbrauch um 1% gegenüber 1999 auf 6,8 % gestiegen ist.

Die Nahrungsmittelherstellung umfasst als Hauptverbrauchssektor den Herstellungsprozess, die Verteilung und die Lagerung (gewerblich, privat) von Lebensmitteln. Die stationäre Klimatisierung beinhaltet die Kühlung von Maschinen und die Abfuhr von inneren Wärmelasten (Industrieklimatisierung) sowie die Klimatisierung von

28.02.2013

Krankenhäusern, Ladenzentren, Büro-, Verwaltungs-, Veranstaltungs- und Wohngebäuden. Durch die geringeren jährlichen Betriebszeiten beträgt der Anteil der Klimatisierung an der installierten Kälteleistung etwa 52 %, während der Anteil am Primärenergiebedarf bei ca. 22 % liegt. Die Industrie insgesamt weist unter den Verbrauchstypen den höchsten Anteil an installierter Kälteleistung auf, gefolgt von öffentlichen Einrichtungen und Krankenhäusern (vgl. Abbildung 25).

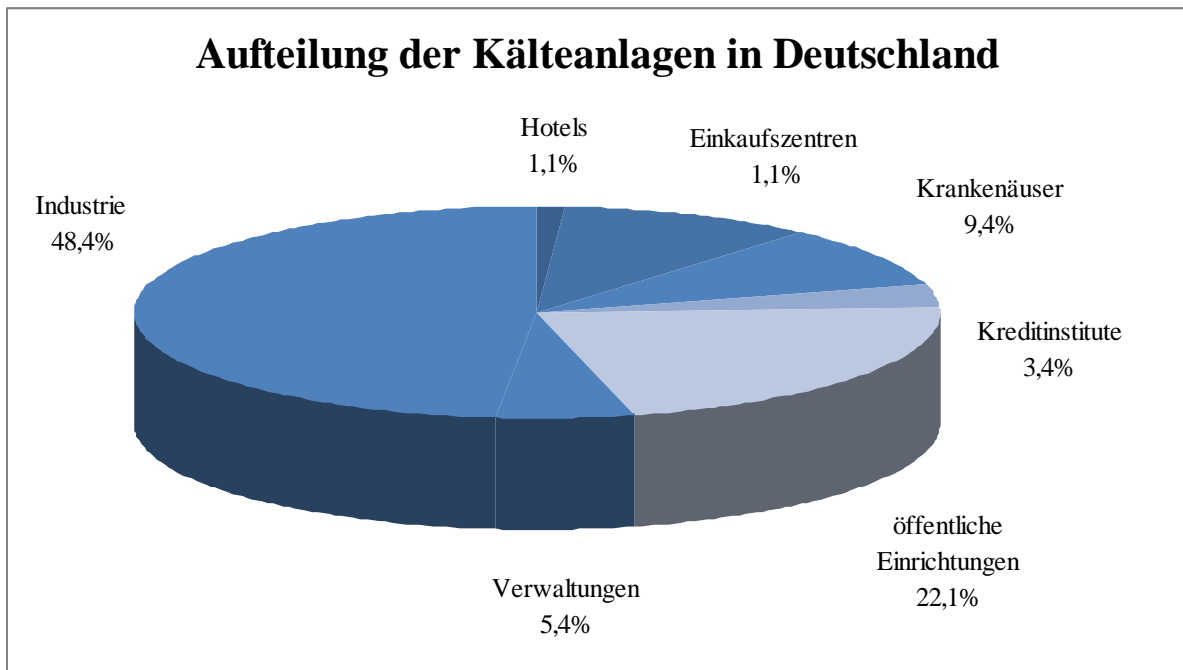


Abbildung 25: Aufteilung der Kälteanlagen in Deutschland (bez. auf installierte Kälteleistung)

[Eigene Darstellung]

Da ein großer Teil der Industriekälte auf einem sehr niedrigen Temperaturniveau benötigt wird (oft weit unter 0°C), ist pro erzeugter kWh Kälte – verglichen mit der Kälteerzeugung in anderen Sektoren (z.T. um oder über 0°C) – deutlich mehr Antriebsenergie nötig. Der Primärenergiebedarf für Industriekälte ist somit deutlich höher. Zur Kälteerzeugung in der Industrie werden heute zwischen 7 % und 10 % des gesamten industriellen Stromverbrauches eingesetzt [Bayerisches Landesamt für Umwelt 2009, S. 14; Verein Deutscher Ingenieure 2003, S. 22]

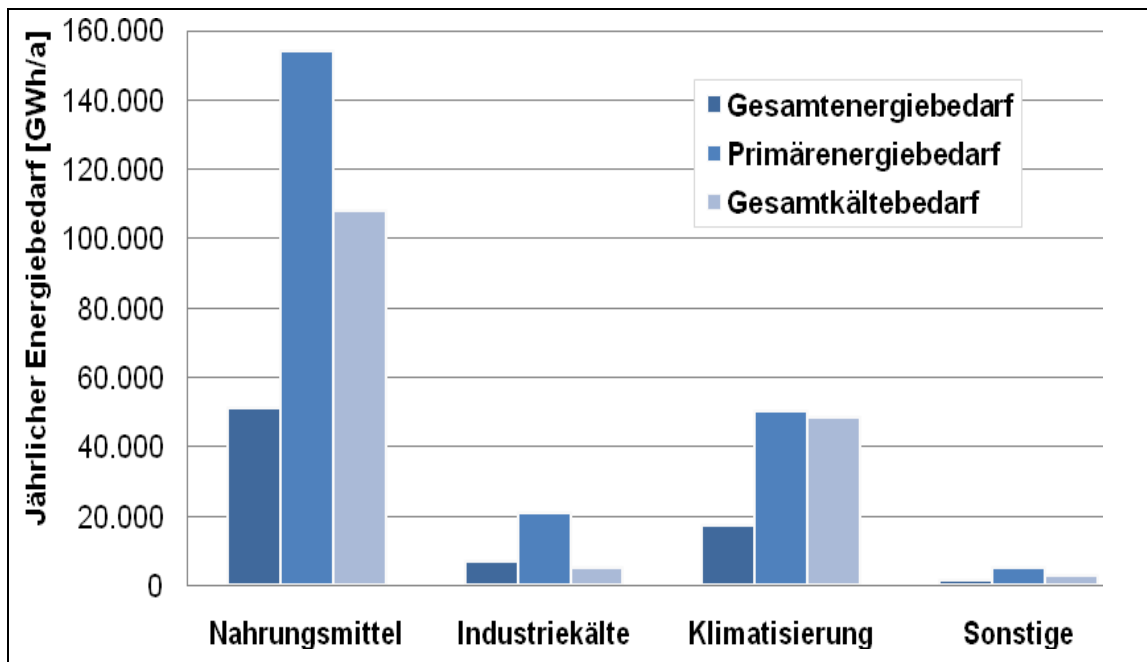


Abbildung 26: Energiebedarf (zur technischen Erzeugung von Kälte in Deutschland)
Anmerkung: Der Gesamtenergiebedarf beinhaltet zum weit überwiegenden Teil (> 83 %) Strom [VDMA 2011].

[eigene Darstellung]

Den hinsichtlich des Kälteeinsatzes sehr heterogen strukturierten Bereich der Industriekälte dominiert die Chemieindustrie mit einem Anteil von rund 38 % am Kältebedarf, gefolgt von Bergbau und Pflanzen mit jeweils rund 30 %. Die Anlagen mit einer Kälteleistung von einigen Watt (Tiefemperaturtechnik) bis zu einigen Megawatt (Chemieindustrie) sind oft Sonderanfertigungen, die stark in die jeweiligen Prozessabläufe integriert und energetisch optimiert sind (relativ hohe exergetische Wirkungsgrade²² in diesem Bereich).

Das jährliche Marktvolumen für Kälte- und Klimatechnik in Deutschland beträgt rund 17 Mrd. Euro. Daran haben die Teilbranchen „Klimatechnik i.e.S.“, „Kältetechnik i.e.S.“ und „Anlagenbau Kälte-Klima“ einen Anteil von 41 % oder 6,97 Mrd. Euro. Von den mehr als 121 Mio. in Deutschland installierten Kältesystemen entfällt der Großteil (über 80 Mio.) auf den Bereich der Haushaltskühl- und Gefriergeräte. In der Industrie (Nahrungsmittelindustrie und sonstige Industriekältesysteme) werden 662.000 Anlagen eingesetzt, auf die Gebäudeklimatisierung entfallen über 2,3 Mio. Systeme [VDMA 2009, S. 7, 9, 26].

Eine weitere Aufschlüsselung der industriellen Kälteerzeugung verdeutlicht die großen Unterschiede zwischen den einzelnen Branchen. Betrachtet man die installierte Kälteleistung, so entfallen die größten Anteile auf die vier Sektoren „Chemie & Pharma“, „Elektro“, „Druck & Medien“ sowie „Nahrungsmittel“. Bei der

²² Quotient aus der für die Erzeugung einer bestimmten Kälteleistung theoretisch minimal erforderlichen Antriebsleistung zur tatsächlichen Antriebsleistung; Indikator für den technischen Entwicklungsstand bzw. das Optimierungspotenzial des betrachteten Sektors. Derzeit erarbeitet der VDMA das Einheitsblatt 24247, eine Richtlinie zur Energieeffizienz von Kälteanlagen, vgl. Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA) (2010).

Anzahl der installierten Anlagen ergibt sich jedoch ein völlig anderes Bild. Mehr als die Hälfte aller industriellen Anlagen zur Kälteerzeugung kommen in der Lebensmittelindustrie zum Einsatz, gefolgt von den Sektoren „Kunststoff“ „Metall“ „Brauereien“ und „Chemie“. Die Gegenüberstellung der Rangfolgen zeigt, dass der Kältebedarf der Branchen mit der größten installierten Gesamtkälteleistung primär von verhältnismäßig wenigen Anlagen großer bis sehr großer Leistung je Anlage abgedeckt wird (z.B. Chemieindustrie), wohingegen in einigen anderen Sektoren eine große Zahl von Kältemaschinen eingesetzt wird, die allerdings zumeist im Bereich kleiner bis mittlerer Leistung anzusiedeln sind (z.B. Kunststoffindustrie).

Die Chemiebranche und die Lebensmittelindustrie führen nicht nur je eine der beiden Statistiken an, sondern gehören als einzige Sektoren auch in der jeweils anderen Aufschlüsselung zu den vier bis fünf Branchen mit den größten Anteilen. Das verdeutlicht die zentrale Rolle der Kälteerzeugung in diesen beiden Industriebereichen, wobei im Lebensmittelbereich überwiegend kleineren Anlagengrößen (Institut für Luft- und Kältetechnik (ILK) Dresden) installiert sind, während im Chemiesektor weniger Anlagen, jedoch mit einer größeren Leistung zum Einsatz kommen.

Industrien mit einer Kälteerzeugung mit Niedertemperaturabwärme sind potenziell relevante Sektoren für den Einsatz EE, während Industrien mit einem verhältnismäßig geringen Kältebedarf oder Bedarf auf sehr tiefen Temperaturniveaus – wie beispielsweise die Tieftemperaturtechnik – nicht von Interesse sind.

Nahrungsmittelindustrie:

Eine wichtige Rolle in der Nahrungsmittelherstellung spielt die Erzeugung von gekühlten Produkten und Gefrierkost, ein Bereich, der seit Jahren immer weiter wächst [Voigt 2009b, S. 23]. Die Menge gekühlter Produkte, die bei Temperaturen zwischen -1°C und $+10^{\circ}\text{C}$ gelagert werden, ist dabei um einen Faktor 10 - 12 größer als die der Gefrierprodukte. Meist werden direkt verdampfende Kältesysteme eingesetzt (Kältemittel verdampft am Ort der Kältenutzung); vereinzelt werden indirekte Systeme (Flüssigkeitskühler) genutzt [Forschungszentrum für Kältetechnik und Wärmepumpen GmbH 2002, S. 20; Meyer et al. 2000, S. 97]

Bei der Fleischverarbeitung (hier: Fleischereien und Schlachthöfe) sind die meisten Lagerräume und ein großer Teil der Produktionsräume auf Temperaturniveaus zwischen -20°C und $+15^{\circ}\text{C}$ gekühlt. In einem Betrieb mit rund 140 Mitarbeitern wird rund ein Drittel der gesamten Nutzfläche gekühlt (knapp 40 % bei Temperaturen über $+7^{\circ}\text{C}$). Der jährliche Strombedarf der Kälteerzeugung eines mittleren fleischverarbeitenden Unternehmens liegt zwischen 476 und 1.780 MWh [Bayerisches Landesamt für Umwelt 2001, S. 12, 37; Deutscher Kälte- und Klimatechnischer Verein e.V. 2000, S. 13]

Brauereien benötigen Kälte zur Würzekühlung, CO₂-Verflüssigung, zum Kühlen der Gär- und Biertanks sowie für die Kühllagerung. Hierfür wird das Kältemittel (zum Beispiel Glykol) auf -3°C bis -5°C abgekühlt. Der Kältebedarf beträgt zwischen 5,7 und 10,5 kWh pro erzeugtem Hektoliter Bier.²³

Die Milchwirtschaft besteht zum einen aus den Milch erzeugenden Milchviehbetrieben, zum anderen aus den milchverarbeitenden Unternehmen (Molkereien). Der Kältebedarf Letzterer ist bereits im Sektor Nahrungsmittelherstellung erfasst. Je nach Betriebsgröße und -art sind unterschiedliche Anlagentypen zur Milchkühlung nötig, die generell bei korrekter Wartung eine sehr lange Lebensdauer erreichen können [Voigt 2009a, S. 24 f.]. Die Kälte wird primär zur Abkühlung der Milch auf 4-5°C (oft mit Eiswasser) und zur Kühlung der Reiferäume und Kühllager benötigt. Weitere Verbraucher sind u.a. die Joghurtbereitung, Butterungsanlagen und die Schlagrahmkühlung. Ein Molkereibetrieb mit 170 Mitarbeitern, der jährlich ca. 120 Mio. kg Rohmilch verarbeitet, betreibt Kompressionskältemaschinen mit einer Gesamtantriebsleistung von 355 kW und einer täglichen Laufzeit (im Sommer) von 20 Stunden [Bayerisches Landesamt für Umwelt 2000, S.12, 14].

Chemische Industrie:

Die Chemieindustrie weist nach der Nahrungsmittelindustrie den größten Bedarf an Kälte in Deutschland auf (2001 GWh/a ohne Klimatisierung im Jahr 1999). Ohne die Bereiche Gasverflüssigung und Trockeneissherstellung – beide auf sehr tiefen Temperaturniveaus – hat die „herkömmliche Chemieindustrie“ einen Kältebedarf von 1.085 GWh/a, wobei knapp 40 % dieses Bedarfs bei Temperaturen über 0°C bestehen (vgl. Abbildung 27). Meist wird die Kälte zur Abfuhr von Reaktionswärme und zum Einstellen bestimmter für chemische Prozesse benötigter Temperaturen eingesetzt. Die Anwendungen sind jedoch im Detail sehr verschieden, dementsprechend unterschiedlich sind auch die eingesetzten Anlagen. Es werden allerdings fast ausschließlich Großanlagen mit über 1 MW Kälteleistung eingesetzt (vgl. Abbildung 27), die stark in die jeweiligen Prozesse integriert und energetisch optimiert sind [Institut für Angewandte Thermodynamik und Klimatechnik, Universität Essen 2002, S. 69 f.; Deutscher Kälte- und Klimatechnischer Verein e.V. 2002, S. 24].

²³ Persönliche Auskunft eines Braumeisters einer mittelständischen Brauerei (06.02.2010). Vgl. auch Kunze (2007), S. 979.

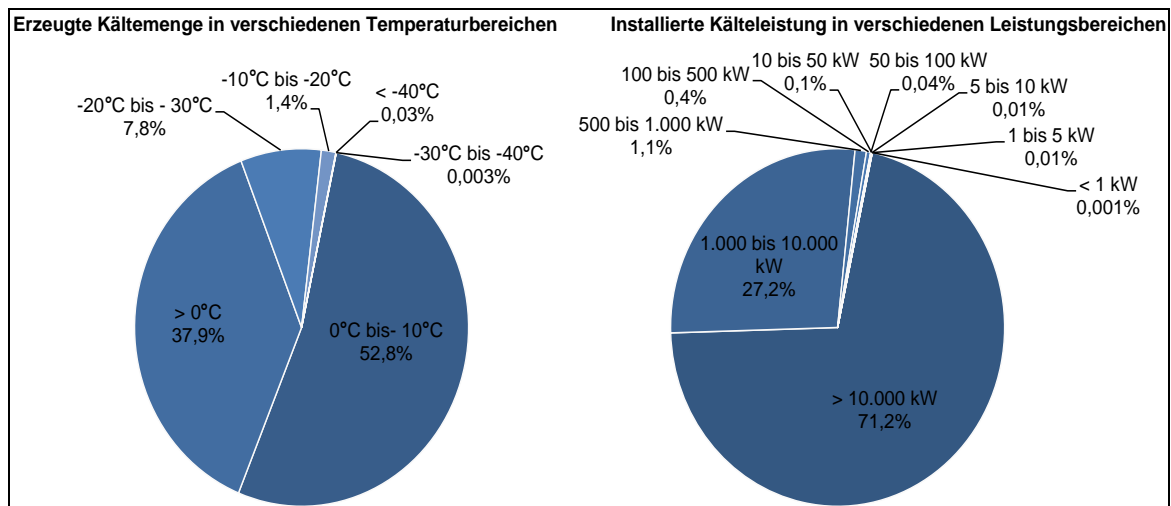


Abbildung 27: Temperaturbereiche und Leistungsklassen in der Chemieindustrie [ebd., S.77, 79]

[eigene Darstellung]

Eine klare Abgrenzung der Kunststoff verarbeitenden Industrie von der chemischen Industrie ist nicht möglich. So wird die Erzeugung von Kunststoff als Rohstoff, teilweise auch die weitere Aufbereitung des Kunststoffes, meist der Chemieindustrie zugeordnet, jedoch werden Kunststoff verarbeitende Betriebe i.d.R. als eigene Branche betrachtet [Trautmann et al. 2002, S. 7; Bayerisches Landesamt für Umwelt 2002a, S. 36]. Der Kältebedarf für die Klimatisierung der Produktionsgebäude sowie für die Werkzeug- und Produktkühlung – überwiegend bei der Nachbehandlung der Kunststoffhalbzeuge und meist auf Temperaturniveaus über 0°C – liegt häufig zwischen 5 und 10 % des Gesamtstrombedarfs im Unternehmen.²⁴ Bei einem Anteil von 61 % des Strombedarfs am gesamten Energiebedarf (Branchendurchschnitt) und einem Endenergiebedarf von 15,2 TWh pro Jahr (2000)²⁵ liegt der jährliche Strombedarf der Kälteerzeugung in der Kunststoff verarbeitenden Industrie zwischen 464 und 927 GWh.

Die industrielle Kälteerzeugung und -nutzung beschränkt sich nicht auf die hier kurz umrissenen Branchen, sondern ist in fast allen Bereichen zu finden. Tabelle 8 gibt einen Überblick über die Anwendungsgebiete mit einem Kältebedarf auf nennenswertem Niveau. Da die einzelnen Sektoren nicht immer eindeutig voneinander abgrenzbar sind und in verschiedenen Quellen unter Umständen unterschiedlich weit oder eng definiert wurden, können die Zahlen nur als Richtwerte gesehen werden. Auch der Klimatisierungsbedarf kann nicht für alle Branchen einheitlich einbezogen bzw. abgegrenzt werden.

²⁴ Vgl. Trautmann et al. (2002), S. 67 und 104.

²⁵ Vgl. ebd., S. 12 und 16.

Tabelle 8: Anwendungsfelder industrieller Kälteerzeugung und –nutzung
[eigene Darstellung]

Lebensmittel-herstellung	-35 bis 10	49.669	17.132	15.000 - 15.256
Fleischverarbeitung	-20 bis 15	1.985	972	1.322
Brauereien	-5 bis -3	1.362	454	1.200 - 1.618
Milchviehbetriebe	4 bis 5	1.080	600	97.000
Gewerbekälte für Verteilung und Lagerung von Nahrungsmitteln	-22 bis 1	19.146	9.805	
Haushaltskälte	- 20 bis 10	26.232	18.630	> 36, 5 Mio. Haushalte
Chemische Industrie	-10 bis > 0	1.085	404	1.700 - 4.700
Kunststoffindustrie	meist > 0	n/a	464 bis 927	4.800 - 6.200
Metallindustrie	6	gering	n/a	2.000
Maschinenbau	>0	gering	n/a	3.800
Textilindustrie	>6	n/a	140 bis 420	n/a
Glasindustrie	0 bis > 30	446	n/a	n/a
Papierindustrie	>0	gering	n/a	1.000
Recycling	>0	n/a	21 bis 63	n/a
Tabakverarbeitung	15	< 201	< 61	n/a
Bergbau	3	1.680	480	200
Pflanzenlagerung/-großhandel	6 bis 10	756	365	9.715

Klimatisierung in Industrie und Gebäuden

Auch unter deutschen Klimabedingungen (gemäßigtes Klima) kann häufig eine aktive Klimatisierung von Gebäuden erforderlich sein, wenn die Kühllasten (sensibel und latent) zu hoch sind, um sie beispielsweise über eine passive Nachtkühlung abzuführen. Insbesondere auch in der Industrie spielt die Klimatisierung – unter anderem zur Abfuhr der Abwärme von Produktionsanlagen – eine wichtige Rolle.

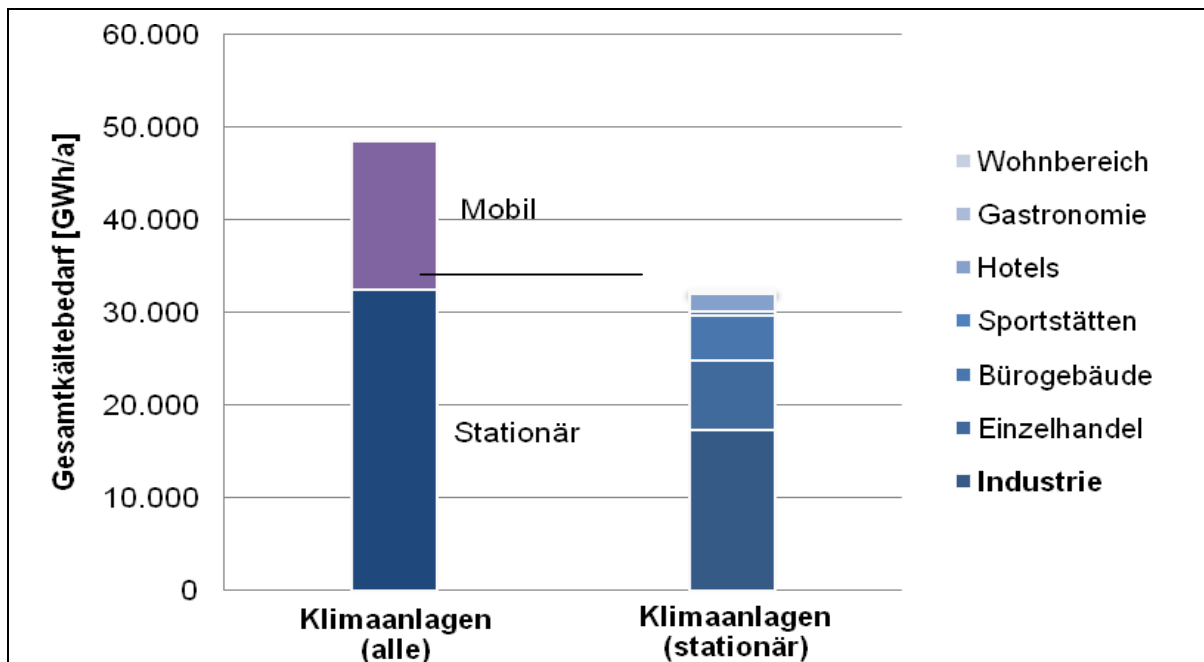


Abbildung 28: Kältebedarf und Anwendungen stationärer Klimaanlagen ²⁶
[eigene Darstellung]

Neben der Erzeugung von Prozesskälte in der Nahrungsmittelindustrie und anderen Branchen hat die Klimatisierung mit knapp 30 % einen großen Anteil am deutschen Gesamtkältebedarf (48.000 GWh/a) (vgl. Abbildung 26). Hiervon entfallen zwei Drittel auf stationäre Klimaanlagen – hauptsächlich in Industrie, Handel sowie Büro- und Verwaltungsgebäuden – und ein Drittel auf mobile Klimatisierung in Fahrzeugen, Flugzeugen und Schiffen.²⁷ Verglichen mit anderen Sektoren zeichnet sich die Industrieklimatisierung durch geringe äußere Lasten (geringer Fensterflächenanteil) und hohe innere Lasten (Abwärmeleistung der Maschinen) aus.²⁸ Die (stationären) Klimaanlagen in der Industrie alleine machen mit einem Kältebedarf von 17.300 GWh/a über 35 % des Kältebedarfs der gesamten Klimatisierung (stationär und mobil) aus (vgl. Abbildung 28), während der Einzelhandel und Bürogebäude eine Gesamtkältebedarf für Klimatisierung von 7.500 und 4.800 GWh/a haben.

Ein Abgleich mit den Angaben zum Energiebedarf (knapp 3.000 GWh/a) von Zentralklimaanlagen in Deutschland in einer Studie der Europäischen Kommission aus dem Jahr 2003²⁹ verdeutlicht, dass die genannten Abschätzungen des DKV eher als obere Werte anzusehen sind, dieser zur Folge wird über die Hälfte des Gesamtenergiebedarfs (17.400 GWh/a) für Klimatisierung für stationäre Klimatisierungsanlagen aufgewandt, davon dürften über 90 % elektrisch (9.600 GWh/a) betrieben sein.

²⁶ Vgl. Deutscher Kälte- und Klimatechnischer Verein e.V. (DKV) (2002), S. 34.

²⁷ Vgl. ebd., S. 33.

²⁸ Vgl. Institut für Angewandte Thermodynamik und Klimatechnik (IATK), Universität Essen (2002), S. 18

²⁹ Vgl. Adnot et al. (2003a), S. 17.

Die branchenübergreifend dominierende Technik sind Kaltwassersätze in Form von Kompressionskältemaschinen. Weniger als 1 % der installierten Leistung entfiel 1999 auf thermisch angetriebene Absorptionskältemaschinen.³⁰ D.h. EE-Träger zur Bereitstellung von Wärme zur Kühlung können max. nur für diesen Anteil eingesetzt werden.

Im Jahr 1999 wurden (geschätzt) 31 % der industriellen Nutzfläche – 62 der 200 Millionen m² Gesamtnutzfläche der Industrie – in Deutschland klimatisiert.³¹ In den letzten Jahren ist der Anteil gekühlter und klimatisierter Nutzflächen von Gebäuden kontinuierlich gestiegen. Nationale und internationale Umfragen deuten darauf hin, dass sich diese Entwicklung fortsetzen wird³². Der Großteil der Steigerung wird allgemein bei Bürogebäuden und im Handel erwartet, dennoch kann man davon ausgehen, dass auch der Klimatisierungsbedarf in der Industrie steigen oder mindestens gleich bleiben wird.³³

Im Gegensatz zu den vielfältigen Anwendungen von Prozesskälte werden Klima-Kälteanlagen bezogen auf das Temperaturniveau insgesamt unter relativ ähnlichen Bedingungen betrieben, meist zwischen 5°C (Abfuhr sensibler und latenter Lasten) und 25°C (nur sensible Lasten).³⁴ Die jährlichen Betriebsstunden hängen hingegen stark von dem spezifischen Anwendungsfall ab. Werden Klimaanlage zur Produktionsklimatisierung in der Industrie eingesetzt, so ergeben sich häufig hohe jährliche Betriebsdauern bis hin zu (idealisiert) 8.760 h bei einem Dreischichtbetrieb an sieben Tagen pro Woche. Im Bereich der Komfortklimatisierung liegen die Werte deutlich darunter, da sich hier der Klimatisierungsbedarf meist auf einen relativ kurzen Zeitraum im Sommer beschränkt.³⁵

Während im Wohnungsbau in Mitteleuropa nur etwa 50 bis 200 Kühlstunden pro Jahr auftreten, sind in Industrie- und Verwaltungsbauten etwa 800 bis 1.000 Volllaststunden erforderlich. Im südlichen Mittelmeerraum sind die jährlichen Betriebsstunden der Komfortklimatisierung aufgrund des wärmeren Klimas deutlich höher (z.B. im Wohnungsbau rund 1000 Stunden).³⁶

Die exakte Zahl der jährlichen Betriebsstunden eines Klimatisierungssystems hängt immer von der geografischen Lage (Temperaturverlauf), dem Gebäude (Fensterfläche, Isolation, Material), den inneren Lasten und den individuell festzulegenden Grenzwerten für Temperatur und Luftfeuchte ab. Anhand der

³⁰ Vgl. Institut für Angewandte Thermodynamik und Klimatechnik (IATK), Universität Essen (2002), S. 6.

³¹ Vgl. Institut für Angewandte Thermodynamik und Klimatechnik (IATK), Universität Essen (2002), S. 33.

³² Vgl. Berliner Energieagentur GmbH (2008), S. 6. Euroheat & Power (2006), S. 4 f.

³³ Vgl. Adnot et al. (2003a), S. 15.

³⁴ Vgl. Deutscher Kälte- und Klimatechnischer Verein e.V. (DKV) (2002), S. 32.

³⁵ Vgl. Simader und Rakos (2005), S. 69 und 86 f.; Institut für Angewandte Thermodynamik und Klimatechnik (IATK), Universität Essen (2002), S. 18 und 23.

³⁶ Vgl. Krottil und Ragossnig (2009), S. 18; U. Jakob (2007), S. 1.

Lufttemperatur/Luftfeuchte-Tabellen für verschiedene deutsche Städte in *DIN 4710* lassen sich die jährlichen Kühlstunden und Kühlgradstunden³⁷ für einen konkreten Anwendungsfall berechnen.³⁸ Die jährlichen Betriebsstunden einer Kälteanlage haben großen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der thermischen Kälteerzeugung, wobei sich grundsätzlich längere Laufzeiten positiv auf die Wirtschaftlichkeit auswirken.

Im Folgenden sind einige Ergebnisse speziell bezüglich der Gebäudeklimatisierung in Deutschland aus der beauftragten Studie des Umweltbundesamtes dargestellt, welche sich momentan noch im Veröffentlichungsprozess befindet: "Bettgenhäuser, K; Offermann M. et. al: Klimaschutz durch Reduzierung des Energiebedarfs für Gebäudeklimatisierung".

Eine Reihe von Studien und Untersuchungen haben Zahlen zum Stromverbrauch (Endenergie) von Klimatisierungssystemen in Wohn- und Nichtwohngebäuden für Deutschland im Jahr 2005 veröffentlicht. Neben dem Baseline-Szenario von PRIMES (E3M-Lab der Universität Athen) sind dies im Wesentlichen eine Studie des „Energieverbrauch der privaten Haushalte und des Sektor GHD“ im Auftrag des BMWI, die Studie „Energy Efficiency and Certification of Central Air Conditioners“ (EECCAC) im Auftrag von DG-TREN und die Ecoheatcool-Studie, Work package 2 von Euroheat&Power.

Abbildung 29 verdeutlicht die Ergebnisse: Im Wohngebäudebereich reichen die Angaben für das Jahr 2005 von ca. 0,07 bis 2,2 TWh aufgewendete elektrische Energie zur Klimatisierung, im Nichtwohngebäudebereich je nach Studie zwischen 15 und 23 TWh. In diesem Zusammenhang bedeutet „sat=y2000“, dass die Durchdringungsrate im Gebäudebestand von Klimatisierungsgeräten für das Jahr 2000 zu Grunde liegt.

³⁷ Produkt aus Kühlstunden und Temperaturdifferenz zwischen der mittleren Außentemperatur und einer bestimmten Zulufttemperatur, wird zur Berechnung der sensiblen Kühllast genutzt, vgl. Recknagel et al. (2003), S. 17.

³⁸ Vgl. Hainbach und Krug (2005), S. 483; Riegel (2004), S. 50 f.

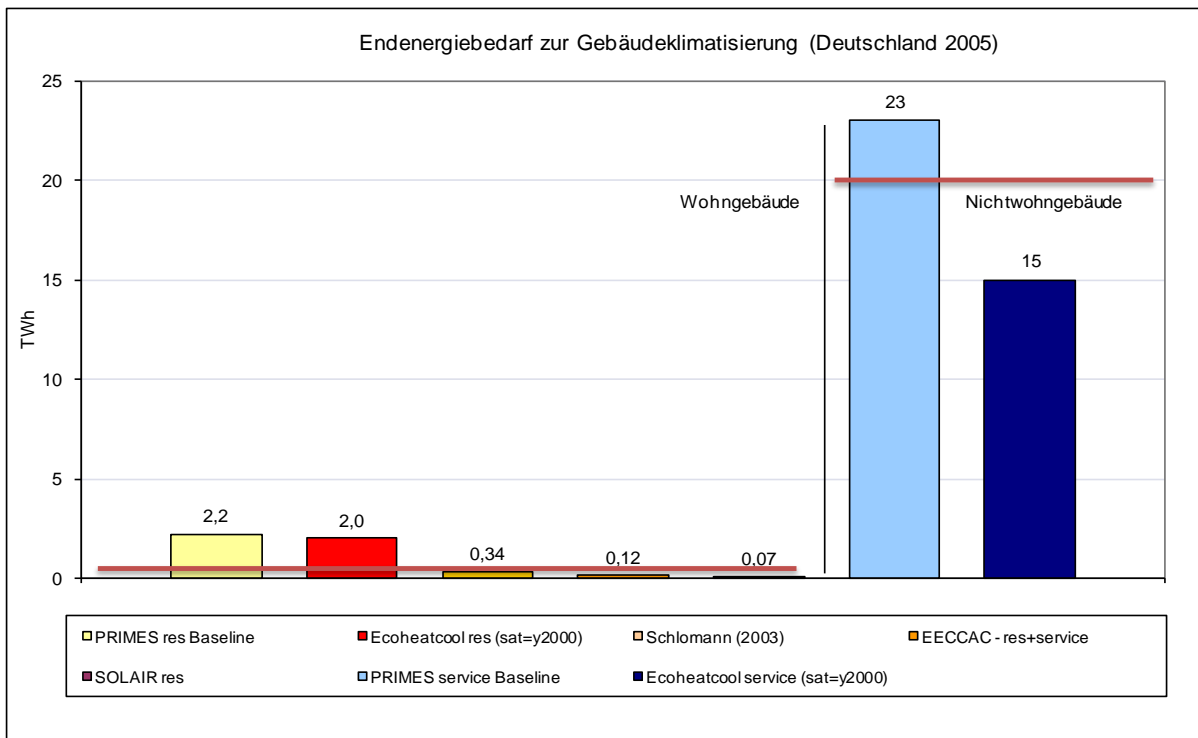


Abbildung 29: Endenergiebedarf der Gebäudeklimatisierung in Deutschland 2005.
 [Eigene Darstellung aus Primes, BMWI, EECCAC, Ecoheatcool, SOLAIR]

Neben den Werten für das Jahr 2005 existieren Szenarien bis 2030 aus der PRIMES-Studie. Die Ergebnisse sind in Abbildung 30 dargestellt.

Die PRIMES-Studie hat ein „Baseline“-Szenario veröffentlicht, welches die Fortführung der gegenwärtigen Aktivitäten in Betracht zieht. Das sog. „BFROZEN“-Szenario unterstellt zukünftige Entwicklungen unter Einbeziehung der prognostizierten Bevölkerungs- und Flächenentwicklung anhand von Indikatoren mit der heute verfügbaren Technologie. Effizienzverbesserungen oder Technologiesprünge finden hier nicht statt. Wie zu erwarten, steigen die Energieverbräuche im „BFROZEN“-Szenario deutlich stärker als im „Baseline“-Szenario, bei dem die geringeren Energiebedarfe vor allem auf Effizienzverbesserungen der Anlagen und Systemoptimierungen zurückzuführen sind. Beide Kurven verlaufen progressiv.

Für den Nichtwohngebäudebereich werden ebenfalls starke Anstiege des Endenergieverbrauchs erwartet, das „Baseline“-Szenario und das „BFROZEN“-Szenario unterscheiden sich entsprechend.

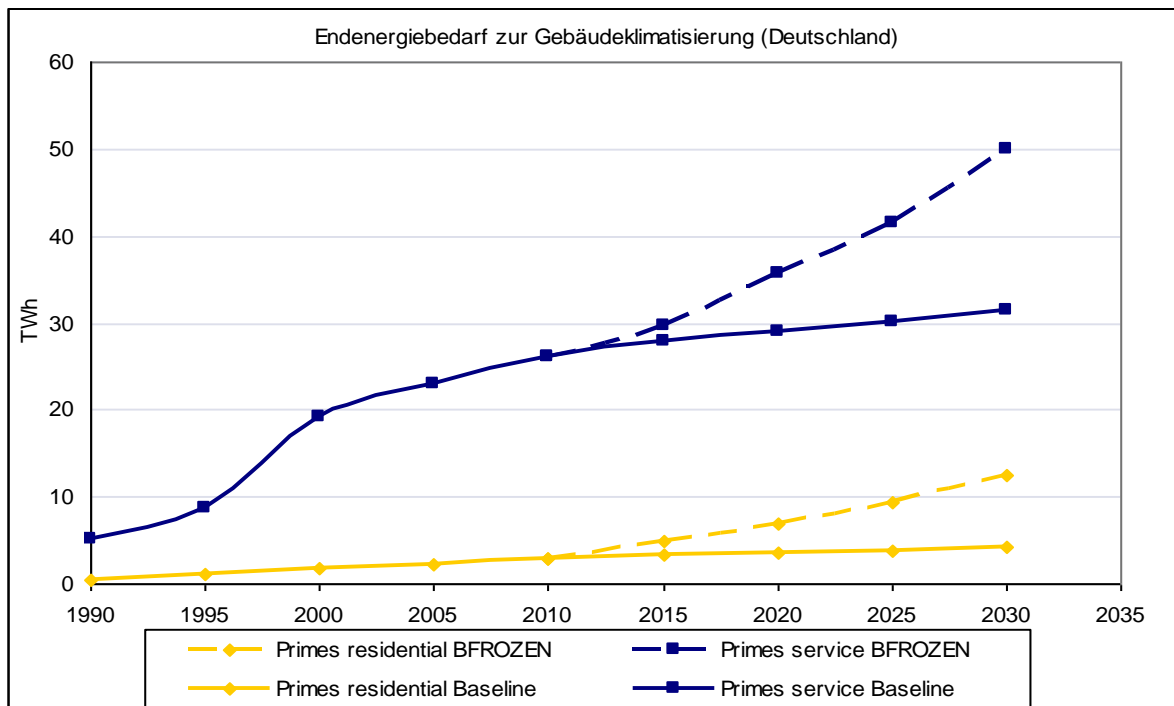


Abbildung 30: Verlauf des Endenergiebedarfs der Gebäudeklimatisierung in Deutschland.

[Eigene Darstellung aus Primes]

Fazit

Die Angaben für den Klimatisierungsenergiebedarf in Wohngebäuden schwanken, anders als beim Nichtwohngebäudebereich, bei einem Vergleich der unterschiedlichen Quellen extrem stark. Der Klimatisierungsenergiebedarf für den Nichtwohngebäudebestand ist aufgrund der vorliegenden bewerteten Zahlen für das Jahr 2005 ca. 100 mal höher als derjenige für Wohngebäude.

Künftig ist mit einer deutlichen Zunahme der durch Gebäudeklimatisierung erzeugten Kohlendioxidemissionen zu rechnen. In Anlehnung an die Ergebnisse der ECODESIGN Studie ist im Wohngebäudebereich in den nächsten 20 Jahren mit etwa einer Verdoppelung zu rechnen. Im Nichtwohngebäudebereich ist der Anstieg geringer, allerdings mit ca. 25 % immer noch erheblich.

Zusammenfassende Aussagen zur Kälteerzeugung und Klimatisierung

Aus den Darstellungen zur Kälteerzeugung und Klimatisierung lassen sich folgende Aussagen mit Blick auf die Nutzung von EE im Kälte- und Kühlbereich ableiten:

- Vor allem im Temperaturbereich bis ca. 6°C kann mit dem Einsatz von Sorptionskältemaschinen ein gewisses Potenzial zur Reduzierung der THG-Emissionen erschlossen werden, sofern die zur Regenerierung erforderliche Wärme durch erneuerbarer Energien bereitgestellt wird. Für den Temperaturbereich unter ca. 6°C ist das Potenzial aufgrund des technisch bedingten Einsatzes von elektrisch betriebenen Kompressionskältemaschinen

derzeit weitestgehend auf die Nutzung von Strom aus erneuerbaren Energien beschränkt. Hierunter fallen u.a. die Schockfrostung im Lebensmittelsektor sowie die Luftverflüssigung bzw. Gasverflüssigung in der chemischen Industrie. Jedoch wird vor allem dem Potenzial im Bereich der Nahrungsmittelindustrie- und Gebäude-Klimatisierung eine große Bedeutung zur Erreichung der CO₂-Minderungsziele in Deutschland beigemessen.

- Die Industrie hat einen hohen Kältebedarf, der sich überwiegend in einem Temperaturbereich von 15 bis -35°C befindet und technisch teilweise durch Sorptionstechnologien bereit gestellt werden könnte, deren Energiebedarf (Anteil Wärme) durch EE gedeckt werden kann.

Für die Klimatisierung können ebenfalls Technologien in Kombination mit EE – insbesondere Solarthermie oder PV – eingesetzt werden, da der Klimatisierungsbedarf häufig mit hoher Intensität der Strahlung korreliert sowie moderate Kühlungstemperaturen benötigt. Derartige Systeme haben sich, vor allem aufgrund des derzeit noch sehr ungünstigen Verhältnisses zwischen Investitionskosten zu erzielbaren Energiekosteneinsparungen, noch nicht am Markt durchgesetzt.

Das Fachinstitut Gebäude-Klima e.V. kommt in seinem Statusbericht Nr. 10 zu dem Schluss, dass mit den heute verfügbaren Technologien zur Nutzung der regenerativen Energien im Kältesektor ca. 9 % des CO₂-Minderungszieles mittelfristig abgedeckt werden kann. Die betrachteten Bereiche umfassen die solare Energie für Klimatisierung, geothermische Energie für Lüftung und Klimatisierung, Wärmerückgewinnung, Systeme der freien Kühlung, Wärmeverschiebung bei Systemen mit gleichzeitigem Wärme- und Kältebedarf in unmittelbarer Nähe und Abwärmennutzung und setzen für das Szenario eine 30 %-Anteil der effizienteren Anlagen an der Gesamtzahl der verkauften Kälteanlagen voraus. Mögliche Effizienzsteigerungen der „klassischen Kälteerzeugung“ für die Klimatisierung werden hierbei nicht betrachtet. Bis zum Jahr 2020 wird ein Einsparpotenzial von knapp 1 Mio. Tonnen CO₂ berechnet. Hierbei entfallen für die reine Kälteerzeugung die größten Beiträge auf die solare Sorptionsklimatisierung, die Kühlung durch indirekte Verdunstungskühlung und die freie Kühlung über Kühltürme.

5. Technologien zur Nutzung von Wärme und Kälte aus Erneuerbaren Energien nach EEWärmeG

5.1 Technologien der solaren Strahlungsenergienutzung

Solarthermische Anlagen werden in Deutschland überwiegend in der dezentralen Wärmeerzeugung für EFH- und ZFH eingesetzt. Die Technologien können nach der Art der Versorgung – lediglich Warmwasserbereitstellung oder Warmwasserbereitstellung mit zusätzlicher Heizungsunterstützung (sog. Kombianlagen) – sowie nach den eingesetzten Kollektoren unterschieden werden. Darüber hinaus kommen die Kollektoren auch in zentrale Solarnahwärmesysteme und solarwärmegetriebene Kältegewinnungssysteme zum Einsatz, deren Anzahl sich jedoch bisher auf wenige Demonstrations- und Pilotanlagen beschränkt. Ebenso ist der Einsatz von Solarkollektoren zur Prozesswärmeerzeugung derzeit auf einzelne Anlagen beschränkt.

Das Prinzip der Wärmegewinnung aus solarer Strahlung ist im Grunde bei allen Kollektorvarianten gleich (siehe Abbildung 31). Der sogenannte Solarabsorber nimmt Sonnenlicht auf, wandelt es in Wärme um und gibt diese an ein Trägermedium ab, das Luft, Wasser, Öl oder ein Salz sein kann [Quaschnig, V. 2008]. Die solare Strahlung kann dabei nicht vollständig genutzt werden, da Wärmeumwandlungs- und Reflexionsverluste auftreten.

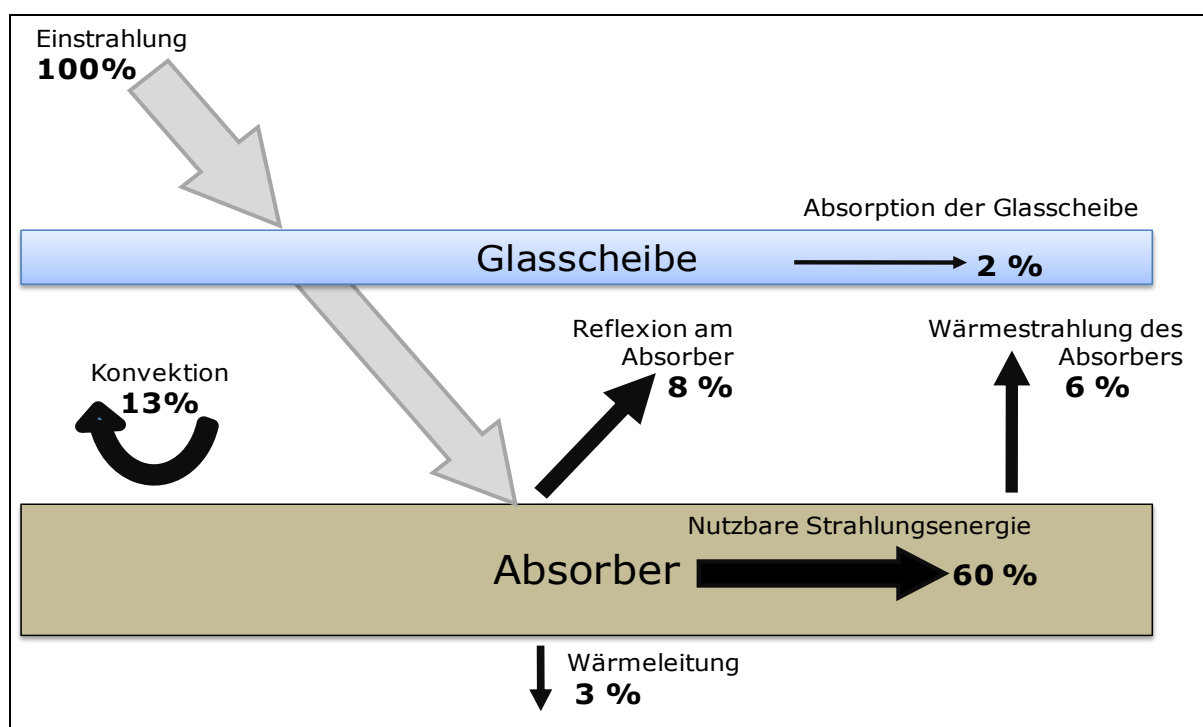


Abbildung 31: Energieumwandlung im Sonnenkollektor und beispielhafte Anteile der Verluste

28.02.2013

[Quaschnig, V. 2007 (eigene Darstellung)]

Die Leistungsfähigkeit eines Solarkollektors bzw. einer Solaranlage wird durch mehrere Kennwerte beschrieben. Auf Ebene des Kollektors ist die Berechnung der Kollektorleistung bzw. des -wirkungsgrades entscheidend. Der optische Wirkungsgrad oder Konversionsfaktor (η_0) entspricht dabei dem maximal möglichen Wirkungsgrad ohne Auftreten von thermischen Verlusten. Damit wird die an der Kollektorfläche auftretende solare Bestrahlungsstärke um die Verluste durch Reflexion an der Frontscheibe und am Absorber korrigiert. Durch die Erwärmung des Kollektors wird jedoch auch Wärme durch Wärmeleitung und -strahlung sowie durch Konvektion an die Umgebung abgegeben. Diese thermischen Verluste nehmen mit zunehmender Differenz zwischen der mittleren Kollektortemperatur und der Umgebungstemperatur (ΔT) sowie mit sinkender Bestrahlungsstärke (E) zu. Auf technologischer Ebene hängen die Verluste von den kollektorspezifischen Verlustfaktoren (k_0 und k_1) ab. Der Kollektorstufenwirkungsgrad gibt damit die Kollektornutzleistung im Verhältnis zu der auf den Kollektor einwirkenden Bestrahlungsstärke an.

Formel 1: Kollektorstufenwirkungsgrad $\eta_k = \eta_0 - \frac{k_1 \cdot \Delta T + k_2 \cdot \Delta T}{E}$

Damit lässt sich der optimale Kollektorstufenarbeitstemperaturbereich bestimmen, mit dem sich eine Aussage über die Einsatzzwecke tätigen lässt.

Ein weiterer wichtiger Kennwert ist der prognostizierte spezifische Solarertrag der Anlage. Dieser gibt die Energiemenge pro Quadratmeter und Jahr unter bestimmten Randbedingungen wieder. Neben den lokalen Gegebenheiten – Einstrahlung und Dachausrichtung – hängt der Wert insbesondere von der Größe und Art der Anlage (Trinkwasser / Kombianlage) und des verwendeten Speichers sowie von der Kollektoranbindung ab. Kombianlagen und große Anlagen zur Speisung von Wärmenetzen weisen in der Regel geringere spezifische Erträge auf als reine Trinkwasseranlagen.

Die Verwendung des spezifischen Solarertrages als Kennwert für den Vergleich verschiedener Kollektoren ist unter Verwendung standardisierter Prüfbedingungen, wie sie im Rahmen des Qualitätslabels "Solar Keymark" von den europäischen Normen DIN EN 12975, DIN EN 12976 und DIN EN V 12977 vorgegeben werden, möglich.

Aufgrund der geringeren thermischen Verluste erreichen Vakuum-Röhrenkollektoren mit 300 bis 650 Kilowattstunden pro Quadratmeter Kollektorfläche und Jahr (kWh/m²a) einen höheren spezifischen Energieertrag als Flachkollektoren, die Energieerträge zwischen 250 bis 500 kWh/m²a erreichen [Khartchenko, N. 2004]. Weitere Varianten sind u.a. der Luftkollektor, der Speicherkollektor und der unverglaste / unabgedeckte (Schwimmbad-) Absorber (Absorbermatten). Im Folgenden werden die verschiedenen Kollektorvarianten näher dargestellt.

5.1.1 Kollektorvarianten

Unverglaste/ unabgedeckte Absorber

Der unabgedeckte Absorber – auch als Schwimmbadabsorber bezeichnet – stellt den einfachsten und kostengünstigsten Kollektortyp dar, welcher üblicherweise zur Wassererwärmung in Freibädern eingesetzt wird. Dabei wird das Beckenwasser durch schwarze Kunststoffrohre gepumpt, die großflächig – beispielsweise auf einer Dachfläche – montiert sind. Aufgrund der fehlenden Abdeckung wird einerseits ein hoher optischer Wirkungsgrad erreicht, andererseits macht die fehlende Wärmedämmung die Kollektorleistung empfindlicher gegenüber der Temperaturdifferenz von Kollektor- zur Umgebungstemperatur, was sich in steil abfallenden Wirkungsgradkennlinien widerspiegelt. Die Kollektorarbeitstemperatur von Schwimmbadabsorbern ist dementsprechend gering und liegt zwischen 30°C und 40°C [DSTTP 2010b].

Flachkollektoren und Vakuum-Flachkollektoren

In Flachkollektoren werden hingegen vornehmlich beschichtete Kupfer- oder Aluminiumrohre als Absorber verwendet [Quaschnig, V. 2008]. Diese werden in einem Kollektorgehäuse befestigt, welches durch eine Frontglasscheibe abgedeckt ist. Damit werden sowohl Wärmeverluste in höheren Temperaturbereichen, wie auch entstehende Verluste durch Reflektion des einstrahlenden Sonnenlichtes reduziert. Weiterhin ist eine rückseitige Wärmedämmung wichtiger Bestandteil des Flachkollektors, um Verluste infolge von Wärmeleitung zu vermindern. Der Großteil der Wirkungsgradeinbußen lässt sich jedoch auf konvektive Wärmeverluste zurückführen, verursacht durch eingeschlossene Luft zwischen Absorber und Glasscheibe. Kollektoren, bei denen diese Konvektionsverluste durch ein Vakuum im Innenraum zwischen Absorber und Abdeckung weiter reduziert wurden, werden als Vakuum-Flachkollektoren bezeichnet. Da sich das Vakuum jedoch über eine längere Zeit – aufgrund von Lufteintrag zwischen Gehäuse und Abdeckung – nicht vollständig aufrechterhalten lässt, muss der Kollektor in gewissen Zeitabständen nachevakuiert werden.

Während die Kollektorarbeitstemperatur herkömmlicher Flachkollektoren zwischen 30°C und 80°C beträgt, liegt diese bei Vakuum-Flachkollektoren bei 60°C bis 100°C [Gordon, J. 2001].

Luft- und Speicherkollektoren

Der Luftkollektor stellt eine Variante des Flachkollektors dar, der anstelle einer Flüssigkeit Luft als Wärmeträger verwendet. Nachteilig ist dabei die geringere Wärmekapazität von Luft, womit sich ein Einsatz zur Trinkwassererwärmung in der Regel zwar nicht eignet, jedoch prinzipiell möglich ist. Verwendung findet dieser Kollektortyp zur Gebäudeheizungsunterstützung bei Vorhandensein von kontrollierten Raumlufsystemen, wie es derzeit insbesondere in Nichtwohngebäuden der Fall ist. Ein weiteres Einsatzgebiet liegt in der Landwirtschaft bei der Getreidetrocknung [DSTTP 2010b].

28.02.2013

Bei Speicherkollektoren ist der Brauchwasserspeicher bereits im Kollektor integriert. Der als Röhre ausgeführte selektiv beschichtete Edeltank befindet sich in einem Kollektorgehäuse, in dem das einfallende Licht durch Reflektoren auf den Speicher gelenkt wird [Quaschnig, V. 2007]. Um gleichzeitig einen hohen Transmissionsgrad der solaren Strahlung in den Kollektor bei noch akzeptablen Wärmeverlusten des Speichers zu erreichen, ist die Abdeckung mit einer transparenten Wärmedämmung versehen.

Vakuum-Röhrenkollektor

Beim Vakuum-Röhrenkollektor ist eine nachträgliche Evakuierung, wie es beim Vakuum-Flachkollektor der Fall ist, nicht nötig. Konvektionsverluste werden vermieden, indem die Absorber in Glasröhren unter Hochvakuum eingeschlossen sind. Der Absorber besteht aus einem flachen Blech mit einem mittig eingelassenen Wärmerohr, in dem entweder die Wärmeträgerflüssigkeit fließt oder ein leicht verdampfbares Medium, beispielsweise Methanol, eingeschlossen ist. Bei letzterem wird das Medium durch die Solarstrahlung verdampft und an einem Kondensator am oberen Ende des Wärmerohrs kondensiert, wodurch die Energie über Wärmetauscher an die Wärmeträgerflüssigkeit abgegeben wird. In der Variante mit direkt durchströmter Wärmeträgerflüssigkeit ist ein Kondensator nicht nötig [Quaschnig 2007]. Die Kollektorarbeitstemperatur von Vakuum-Röhrenkollektoren liegt zwischen 50°C und 190°C [Gordon, J. 2001].

Eine neuere Variante stellt die sogenannte "Sydney" Vakuumröhre dar, die aus zwei ineinandergeschobenen Glasröhren besteht, wobei der Absorber auf die innere Glasröhre aufgedampft ist. Durch einen auf der Röhrenrückseite angebrachten Reflektor wird auch die von der Sonne abgewandte Seite des runden Absorbers nutzbar gemacht und damit die Effizienz des Kollektors insgesamt weiter erhöht. [DSTTP 2010c].

Compound Parabolic Concentrator (CPC)-Kollektoren

Diese Art von Kollektoren konzentriert das einfallende Sonnenlicht mit Hilfe von Reflektoren bis auf das zweifache, wodurch sich ein großer Teil der diffusen Strahlung nutzen lässt und eine geringere Absorberfläche als beispielsweise beim Flachkollektor nötig ist [Schmitt et al. 2009]. Letzteres führt zu geringeren Verlusten durch Reflexion und Wärmeabstrahlung an der Absorberoberfläche. Dadurch wird eine fast gleichbleibende Effizienz auch in höheren Temperaturbereichen ermöglicht. Die Kollektorarbeitstemperatur liegt mit 70°C bis 290°C – in Abhängigkeit der Einstrahlungsintensität – in Bereichen, die sich für die Erzeugung von Prozesswärme eignet [Gordon, J. 2001]. Dieser Kollektortyp ist neben der Ausführung als Vakuum-Röhrenkollektor auch als Flachkollektor am Markt erhältlich.

Parabolrinnen- und Fresnelkollektoren

Einen noch höheren Konzentrationsfaktor erreichen Parabolrinnen- und Fresnelkollektoren, die optimal für einen Temperaturbereich von 150°C bis 250°C ausgelegt sind [Weiss, W. und Rommel, M. 2008]. Der Betrieb dieser Kollektoren erfordert

28.02.2013

einen hohen Anteil an direkter Solarstrahlung, was im Gegensatz zu den vorher beschriebenen Systemen eine mechanische Nachführung der Reflektoren nach dem Sonnenstand erfordert.

Parabolrinnen- und Fresnelkollektoren sind als Linienkonzentratoren ausgeführt, welche die einfallende Solarstrahlung über parabolische Reflektoren bzw. mehrere axiale Spiegel auf ein Absorberrohr konzentrieren. Hierbei werden hohe Temperaturen erreicht, da die Energie aufnehmende Fläche (Aperturfläche) im Vergleich zur Absorberfläche – hier können Wärmeverluste an die Umgebung auftreten – groß ist. Die bekannteste Anwendung dieser Technologie findet sich bei großen Systemen, die als Wärme-Kraftmaschine zur Elektrizitätserzeugung eingesetzt werden. Auf deren Grundlage sind in den letzten Jahren kleine Parabolrinnenkollektoren mit Aperturflächen zwischen 0,5 und 2 Quadratmetern entwickelt worden, welche sich für die Bereitstellung von dezentraler Prozesswärme eignen [Weiss, W. und Rommel, M. 2008]. Als Wärmeträgerflüssigkeit wird dabei sowohl Wasser als auch Thermolöl eingesetzt. Eine Direktverdampfung von Wasser wird derzeit in weiteren Forschungsaktivitäten entwickelt [Schmitt et al. 2009]. Aufgrund des im Vergleich zu südlichen Region geringen Anteils an direkter Solareinstrahlung ist jedoch fraglich, ob diese Kollektorvarianten zur Erzeugung von Prozesswärme in Deutschland wirtschaftlich betrieben werden können [Schmitt et al. 2009].

5.1.2 Wärmeversorgungssysteme

Dezentrale Niedertemperaturheizwärme und Warmwasser

Für die Erzeugung von Niedertemperaturwärme zur Beheizung von Gebäuden und zur Warmwasserbereitstellung eignen sich insbesondere Flach- und Vakuumkollektoren, die für einen Kollektorarbeitstemperaturbereich bis 80°C ausgelegt sind. Die Systemintegration der Kollektoren wird in südlichen Ländern mit konstant hoher Außentemperatur überwiegend an sogenannte Schwerkraftsysteme zur Warmwasserversorgung gekoppelt, bei denen der Wärmespeicher direkt über dem Kollektor angebracht ist [Quaschnig, V. 2008]. In Deutschland werden hingegen fast ausschließlich Systeme mit Zwangsumlauf und separatem Solar- und Wasserkreislauf eingesetzt. Die Solaranlage wird dabei in Kombination mit einem fossil oder EE befeuerten Grundlastwärmeerzeuger und einem Wärmespeicher betrieben, da Wärmeerzeugung und -verbrauch voneinander unabhängig sind.

Kombinierte Anlagen zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung werden üblicherweise mit einem Kombispeicher zur Wärme- und Brauchwasserspeicherung betrieben. Mit der Kollektor- und Speichergröße steigt zwar der solare Deckungsanteil, aber auch der Anteil an ungenützter Überschussenergie, womit der spezifische Solarertrag sinkt. Bei einer wirtschaftlichen Auslegung decken Anlagen zur Warmwasserbereitung 60 bis 70 % des Wasserwärmebedarfs, bei zusätzlicher Heizungsunterstützung liegt die ökonomische solare Deckungsrate am gesamten Wärmebedarf zwischen 15 und 25 % [Quaschnig, V. 2007].

Solare Nahwärme

Neben der direkten Versorgung von einzelnen Gebäuden ist auch eine solare Nahwärmeversorgung möglich. Die Kollektoren werden über ein Nahwärmenetz mit einer Heizzentrale und einem zentralen Langzeit-Wärmespeicher (saisonalen Wärmespeicher) verbunden, in den im Falle eines Überangebotes die solare Wärme eingespeist wird. Die gespeicherte Wärme kann bei hohen Wärmelasten im Winter in das Nahwärmenetz eingespielt werden. Die Systeme werden zudem mit einem konventionellen Heizkessel kombiniert, der bei Bedarf nachheizen kann. Mit der solaren Nahwärmeversorgung in Kombination mit einem Langzeit-Wärmespeicher kann so eine Deckung von 40 bis 60 % des Gesamtwärmebedarfs der angeschlossenen Gebäude erreicht werden [Raab, S. 2005]. Eine weitere Möglichkeit ist der Betrieb solarer Nahwärme mit einem Kurzzeit-Wärmespeicher, bei dem mehrere Gebäude oder kleine Siedlungen über ein Wärmenetz an einer großen Solaranlage angeschlossen sind, womit solare Deckungsanteile am Wärmebedarf der Gebäude von bis zu 30 % erreicht werden können [Stryi-Hipp et al. 2007]. Aufgrund der niedrigen Rücklauftemperaturen stellt die solare Nahwärme besondere Herausforderung an die technische Umsetzung der entsprechenden Niedertemperaturwärmenetze, was für viele Akteure ein Neuland darstellt und dementsprechend Mehrkosten gegenüber konventionellen Wärmenetzen verursacht [Stryi-Hipp et al. 2007].

Systemkonzepte für solarunterstützte Prozesswärme

Für Niedertemperaturprozesse bis 80°C eignen sich dieselben Kollektorvarianten, die auch zur Gebäudeheizung eingesetzt werden. Für Prozesse mit Temperaturniveaus zwischen 100°C und 250°C können Hochleistungsflach- und Vakuum-Röhrenkollektoren sowie CPC-Kollektoren und kleine Parabolrinnen-/Fresnelkollektoren eingesetzt werden [Schmitt et al. 2009]. Solarkollektoren können dabei unterstützend in ein konventionelles Prozesswärmeversorgungssystem eingebunden werden und somit zur Senkung des Primärenergiebedarfs beitragen. Die Integration eines Solarsystems in einen industriellen Prozess erfordert eine individuelle verfahrenstechnische Analyse der entsprechenden Prozesse sowie der vorhandenen Energieversorgung und ist aufgrund der Heterogenität der jeweiligen Projekte weitaus komplexer als die Einbindung in ein Gebäudeversorgungssystem. Die Systemintegration der Solaranlage wird allgemein nach Art der Wärmeabgabe – direkte Beheizung eines Prozesses oder indirekte Beheizung über einen Heizkreis (Wärmetauscher) – unterschieden [Müller, T. et al. 2004]. Des Weiteren sind bei der indirekten Methode die Einkopplungspunkte der Solarenergie entscheidend für das benötigte Temperaturniveau und damit die in Frage kommende Kolleorteknik. Die Solaranlage kann sowohl zur Anhebung der Vor- oder Rücklauftemperatur eingesetzt werden, als auch zum Vorwärmen des Kesselspeicherwassers. Bei letzterem ist auch ein niedriges Temperaturniveau ausreichend, welches durch einfache Flachkollektoren erreicht werden kann. Die Einspeisung solarer Wärme in Heizwassernetze, die mitunter Vorlauftemperaturen von 130°C aufweisen, erfordert hingegen oftmals ein höheres Temperaturniveau als eine direkte Beheizung des Prozesses, bei der idealerweise die eingespeiste Solarwärme nicht oberhalb der

28.02.2013

Prozesstemperatur liegen muss [Schmitt et al. 2009]. Bei einer direkten Integration sind jedoch viele weitere relevante Parameter zu beachten. Während bei einer indirekten Einspeisung über den Heizkreis nur die Heizlast die entscheidende Randbedingung darstellt, hängt die Möglichkeit, einen Prozess direkt mit Solarenergie zu versorgen, neben der Prozesstemperatur u.a. auch von der zeitlichen Verteilung des Wärmebedarfs, den nötigen Aufheizraten sowie den verwendeten Heiz- und Prozessmedien ab.

Solarwärmegetriebene Kälteerzeugung

Für die solarwärmegetriebene Kälteerzeugung können im Wesentlichen Flachkollektoren und Vakuum-Röhrenkollektoren, teilweise auch Luftkollektoren eingesetzt werden [Clausen, J. 2007]. Die Kälteerzeugung erfolgt dabei über eine thermische angetriebene Kältemaschine.

5.1.3 Technologie- und Marktentwicklung

Solarthermische Anlagen werden in Deutschland bisher fast ausschließlich in der dezentralen Niedertemperaturwärmebereitstellung für Gebäudeheizung und Warmwassererzeugung - insbesondere in EFH und ZFH - eingesetzt. Solare Nahwärme sowie die solare Kühlung sind ebenso wie die solare Prozesswärme auf wenige Anlagen beschränkt, die oftmals im Rahmen von Forschungsprojekten als Demonstrations- und Pilotsysteme installiert worden sind.

Entwicklung der Solaranlagen im Niedertemperaturwärmebereich

Aufgrund des großen Marktes im Temperaturbereich bis 80°C sind eine Vielzahl von Flach- und Vakuum-Röhrenkollektoren auf dem Markt verfügbar. Die positive Marktentwicklung wird dabei maßgeblich durch das Marktanreizprogramm getragen. Insgesamt sind seit dem Beginn des Programmes im Jahr 1999 bis Ende 2011 über 1.028.000XXX Anlagen mit einer kumulierten Kollektorfläche von rund XX9,4 Mio. m² gefördert worden [BAFA 2010a, BAFA 2012]. Abbildung 32 zeigt die Entwicklung des gesamten Zubaus an Solarkollektorflächen sowie den jährlichen durch das MAP geförderten Zubau. Damit sind seit dem Jahr 2000 rund 77 % des Kollektorflächenzubaus durch das MAP gefördert worden, was zudem knapp 66 % der insgesamt in Deutschland installierten Fläche ausmacht [BAFA 2010a; BSW-Solar 2010].

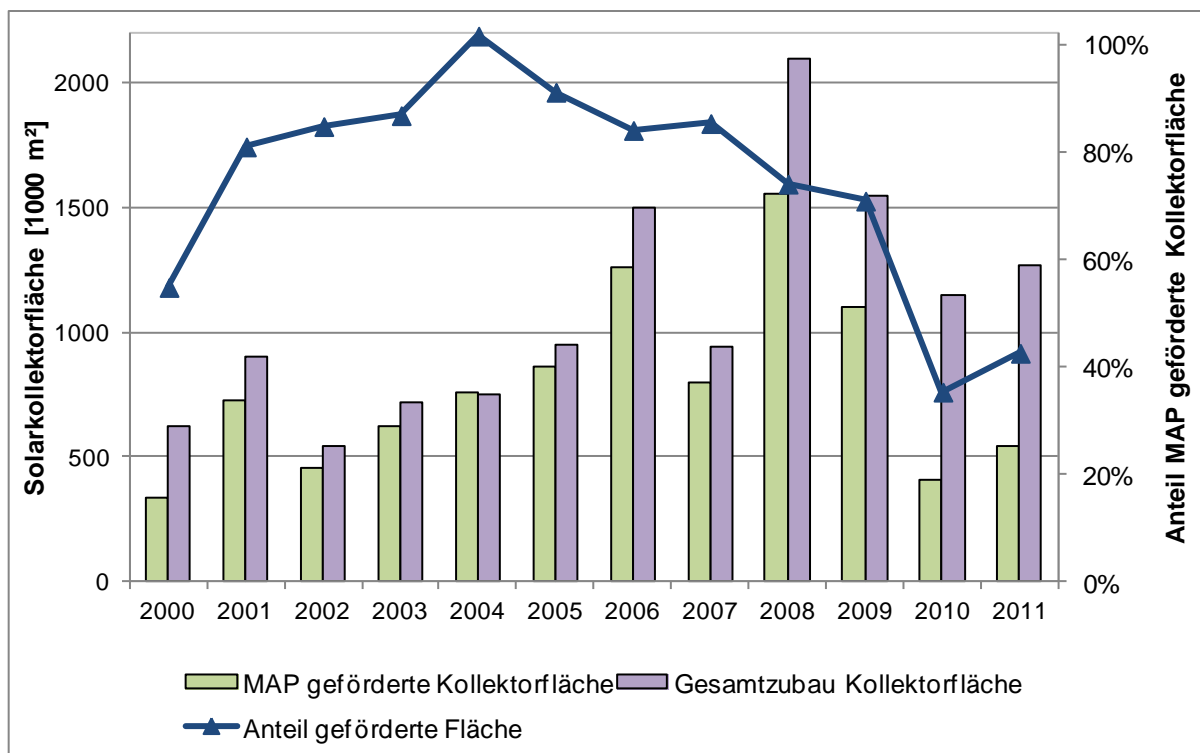


Abbildung 32: Vergleich des MAP geförderten Solarkollektorzubaus mit dem gesamten Zubau an Solarkollektoren

[BAFA 2010a; BSW-Solar 2010; eigene Darstellung ISI]

Aufgrund der hohen Förderquote der solarthermischen Anlagen am Gesamtmarkt können die im Rahmen der MAP-Förderung erhobenen Daten für repräsentative Marktanalysen verwendet werden.

Bei Betrachtung der Verteilung der Kollektortypen zeigt sich die konstante Dominanz der Flachkollektoren. Deren Anteil an neu installierten Anlagen betrug in den letzten zehn Jahren mindestens 80 %, während der Anteil von Vakuum-Röhrenkollektoren zwischen 15 und 20 % lag. In 2011 stieg dieser innerhalb des MAP-BAFA-Programmteils auf 21%. Luft- und Speicherkollektoren sind mit unter 1 % weiterhin ein Nischenprodukt.

Bei den installierten Wärmeversorgungsvarianten hat sich hingegen ein Wandel vollzogen, der sich ebenfalls aus den Förderdaten des MAP ableiten lässt. Während in den ersten Jahren der Förderung Solarsysteme zur reinen Warmwasserversorgung über drei Viertel der installierten Anlagen ausmachten, geht der Trend in den letzten sechs Jahren hin zu Kombianlagen mit Heizungsunterstützung. Erstmals im Jahr 2008 wurden mehr Kombianlagen als reine Warmwassersysteme geförderte. Dieser Trend ist auch für die nachfolgenden Jahre anhaltend, zumal die Förderung für reine Warmwasseraufbereitung zurückgenommen wurde.

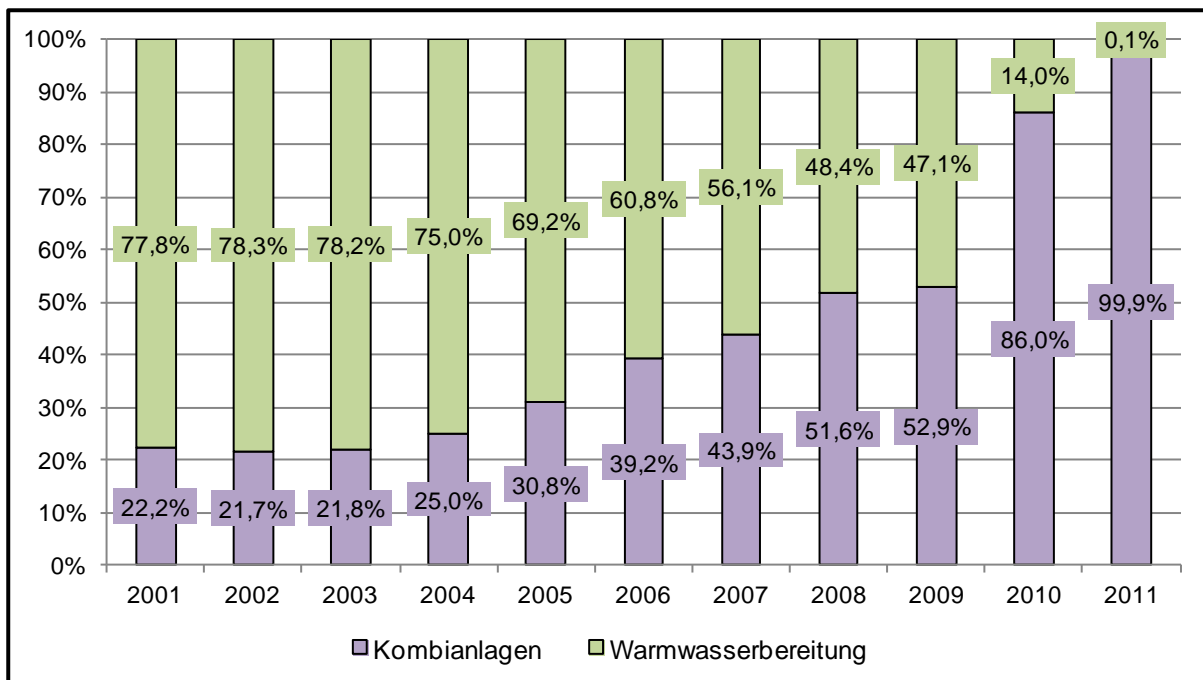


Abbildung 33: Entwicklung der im MAP geförderten solaren Warmwasser und Kombianlagen

[Solaratlas 2010 (eigene Darstellung)]

Bei der Analyse der Kostenentwicklung zeigt sich, dass die durchschnittlichen spezifischen Investitionen (Anlagekosten und Installation) über die letzten zehn Jahre real gestiegen sind, was zum Teil durch den gestiegenen Anteil an Kombianlagen zu erklären ist (siehe Abbildung 33). Hierbei lassen sich einerseits durch die größere Kollektorfläche Kostendegressionen erreichen, andererseits stellt die Einbindung in das Heizungssystem jedoch auch eine komplexere Montage dar. Derartige Systeme erfordern zudem zusätzliche Peripheriebauteile und in der Regel den Einbau eines Wärmespeichers, dessen Kosten mit in den spezifischen Investitionen der über das MAP geförderten Anlagen enthalten ist. So sind zwischen 2001 und 2004 bei ungefähr gleichbleibendem Anteil an Kombianlagen die spezifischen Investitionen im Durchschnitt gesunken. Von 2004 bis 2006 sind jedoch mit der Zunahme an Kombianlagen die spezifischen Investitionen entsprechend gestiegen. Der starke Rückgang der Kosten im Jahr 2007 ist auf den Nachfragerückgang zurückzuführen. Dieser ließe sich wiederum durch Vorzieheffekte aufgrund der Mehrwertsteuererhöhung zum 1. Januar 2007 erklären, was in einer deutlich höheren Nachfrage in 2006 erkennbar wird (siehe Abbildung 34). Der Anstieg der spezifischen Investitionen nach 2007 ist mit der seit 2008 bestehenden Bonusförderung (z.B. Kesselaustauschbonus) zu erklären, da auch der spezifische Förderbetrag entsprechend gestiegen ist. Dabei sind die höheren Kosten, beispielsweise für einen Austausch eines alten Heizkessels, ebenfalls in den Förderanträgen aufgenommen und fließen dementsprechend in die Kostenauswertung ein. Über alle MAP geförderten EE-Anlagen ist der Anteil mit Bonusförderung von 35 % in 2008 auf 49 % in 2009 gestiegen [Fichtner et al. 2010]. Bei den Solarthermieanlagen haben 54 % eine Bonusförderung erhalten. Knapp ein Drittel der insgesamt geförderten Anlagen haben dabei einen Kesselaustauschbonus

28.02.2013

erhalten, womit sich die angestiegenen spezifischen Investitionen anhand der hier verwendeten Datengrundlage erklären lassen.

Die seit Anfang 2009 geltende geringere Förderung für Neubauten hat sich mit Blick auf die gesamte Anzahl installierter Anlagen nicht bemerkbar gemacht, da weniger als 10 % der geförderten Anlagen im Neubau installiert wurden [BAFA 2010a] .

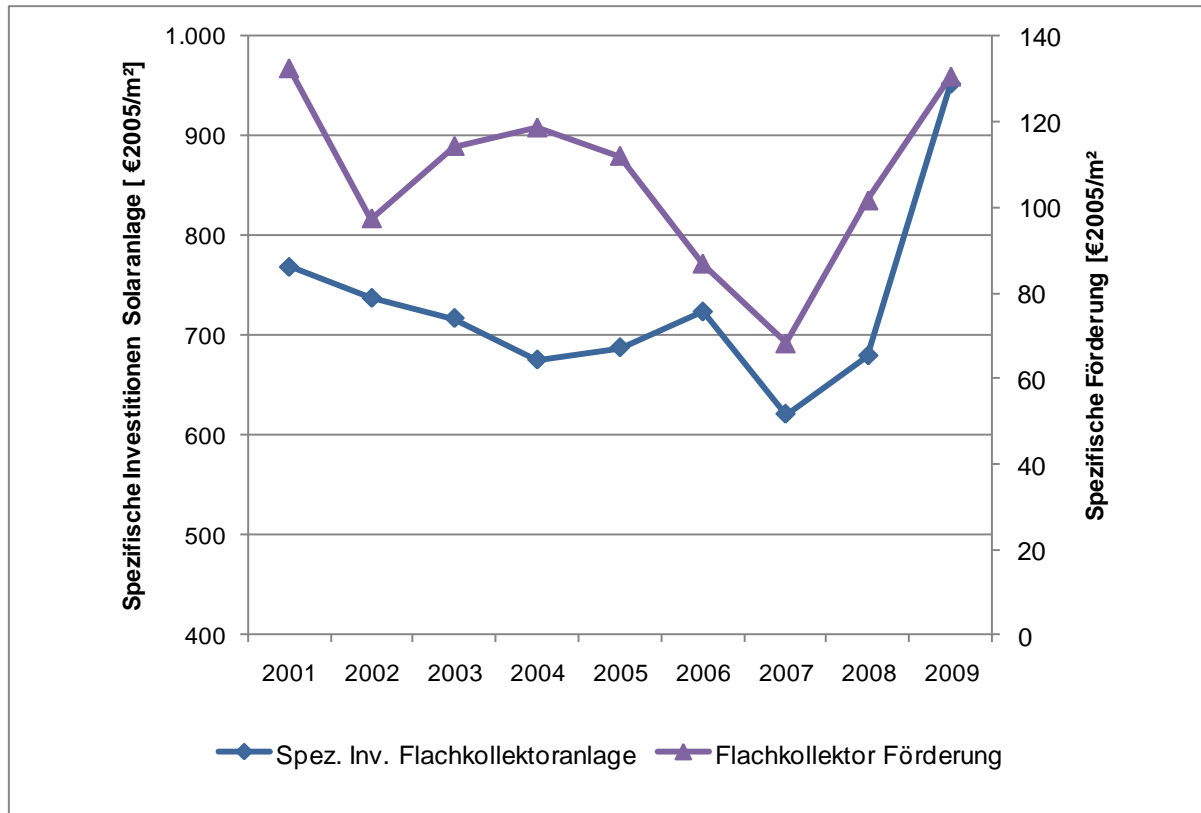


Abbildung 34: Reale Kostenentwicklung Solaranlagen mit Flachkollektor anhand der geförderten Fläche und der ausgelösten Investitionen
[Solaratlas 2010 (eigene Darstellung)]

Die Anbieterseite von Solarkollektoren lässt sich in Systemkomponentenherstellern, Hersteller von kompletten Kollektorsystemen, Original Equipment Manufactures (OEMs) und Endmonteure [Handke, V. und Kamburow, C. 2009] unterscheiden. Zu dem Komponentenbereich zählen die „Beschichter“, die ausschließlich Absorberbleche liefern sowie Spezialanbieter für bestimmte Baugruppen oder Verbindungstechniken.

Insgesamt ist der deutsche Solarkollektormarkt weiterhin stark fragmentiert, wobei die Anbieter aus der etablierten Heizungstechnikindustrie (Bosch, Viessmann, Wolf, Brötje etc.) ihren Marktanteil an der in Deutschland installierten Fläche in den letzten Jahren ausbauen konnten [Meyer, J.P. 2009]. Im Jahr 2008 betrug deren Anteil 46 %, während der Marktanteil von reinen Solarkollektoranbietern 25 % betrug. 17 % Marktanteil entfällt auf Anbieter, die zu einer größeren Unternehmensgruppe gehören oder bei denen Solarkollektoren eines von mehreren Geschäftsfelder ist.

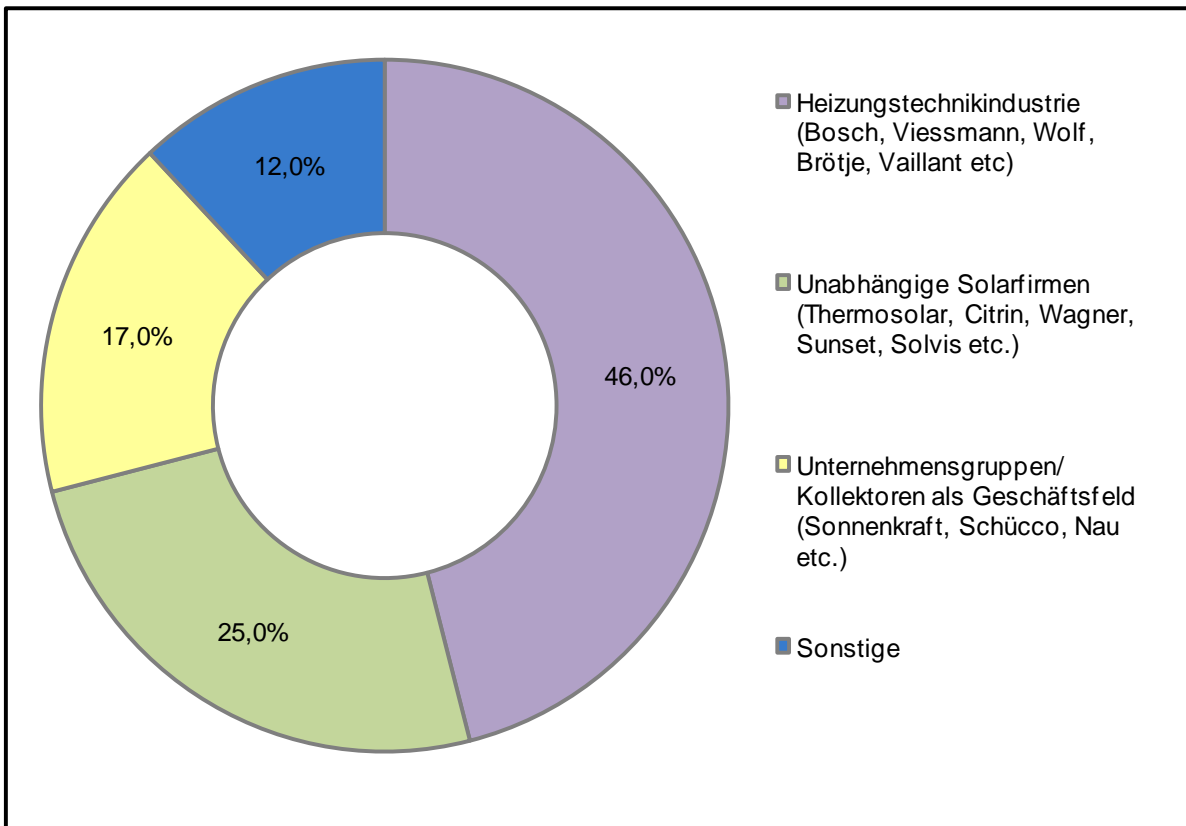


Abbildung 35: Marktanteile an der in Deutschland installierter Solarkollektorfläche 2008

[Meyer, J.P. 2009 (eigene Darstellung ISI)]

Entwicklung der solaren Nahwärme

Im Rahmen der Forschungsprogramme *Solarthermie2000* und *Solarthermie2000+* kamen zehn solare Nahwärmesysteme mit Langzeit-Speicher gefördert. Mit diesen wurde insgesamt eine Kollektorfläche von 26.500 m² realisiert [Stryi-Hipp et al. 2007]. Darüber hinaus sind im Rahmen der Programme fünf Anlagen mit Kurzzeit-Speicher entstanden und weitere Systeme ohne Forschungsmittel realisiert worden. Stryi-Hipp et al. (2007) schätzen (Stand 2007), dass insgesamt 30 solare Nahwärmesysteme mit Kurzzeit-Speicher betrieben werden, die eine installierte Kollektorfläche von insgesamt 7.000 m² besitzen. Aufgrund der geringen Anzahl an Anlagen sowie der Tatsache, dass diese bundesweit von nur fünf unterschiedlichen Planungsgesellschaften realisiert wurden und damit das verfügbare Fachwissen noch nicht überall vorhanden ist, befindet sich die solare Nahwärme noch in einem Entwicklungsstadium.

Entwicklung der solaren Prozesswärmeerzeugung

Die solare Prozesswärmeerzeugung ist trotz vorhandener Technologie nicht nur in Deutschland ein Nischenmarkt. Nach Schmitt et al. (2009) wurden weltweit lediglich rund 90 Anlagen mit einer Leistung von ungefähr 25 MW_{th} errichtet, wovon in Deutschland fünf Anlagen mit einer installierten Kollektorfläche von insgesamt 1.490 m² in Betrieb sind. Hierbei wird sich jedoch auf die solare Wärmeerzeugung für rein industrielle Prozesse bezogen. Die Anlagen liefern entsprechend Wärme für

28.02.2013

Galvanik- und Entfettungsbäder, eine Lackier- und Trockenkammern, sowie für zwei Brauereiprozesse.

Wird der Begriff der solaren Prozesswärme weiter gefasst und werden auch vorhandene Anlagen in GHD-Prozesse wie Autowaschanlagen, Großküchen sowie in Fernwärmenetzen [Schmitt et al. 2009] hinzugezählt, so wurden bis heute im Rahmen des Marktanzreizprogramms insgesamt 797 Anlagen mit rund 10.800 m² Kollektorfläche zur Erzeugung von Prozesswärme gefördert.

Solare Kühlung

Der Energiebedarf der technischen Kälteerzeugung in Deutschland wird nach Franzke (2005) auf ungefähr 79 TWh beziffert, wovon die Gebäudeklimatisierung einen Anteil von rund 21 TWh einnimmt. Über 90 % der gesamten Kälteerzeugung wird dabei durch strombetriebene Kompressionskältemaschinen bereitgestellt [Feddeck, P. 2002]. Bei der thermischen Kälteerzeugung finden vor allem Absorptionskältemaschinen Anwendung und nur in wenigen Fällen DEC- und Adsorptionsanlagen. Diese Anlagen werden überwiegend durch Wärme aus KWK-Anlagen, Fern- und Abwärme betrieben, so dass sich der derzeitige Einsatz solarer Kühlung auf Forschungs- und wenige kommerzielle Anlagen beschränkt. Im Rahmen des europäischen Projektes *Climasol* sind in Deutschland 20 kommerziell betriebenen Anlagen (Stand 2005) mit einer Kollektorfläche von insgesamt 4.400 m² und einer installierten Kälteleistung von zusammen 1,35 MW identifiziert worden, die zwischen 1996 und 2001 in Betrieb genommen worden sind [RAEE 2010].

Im Rahmen des MAP wurden in den Jahren 2008 und 2009 insgesamt nur 7 Solaranlagen zur Kälteerzeugung mit einer Kollektorfläche von 62 m² gefördert [BAFA 2010a].

5.2 Technologien zur energetischen Biomassenutzung

Die Biomasseressourcen in Deutschland sind begrenzt und werden für unterschiedlichste Anwendungen verwendet: Zur Bereitstellung von Nahrungs- und Futtermitteln, Baustoffen und Grundstoffen für die chemische Industrie, aber auch zunehmend für Strom- und Wärmeerzeugung sowie Kraftstoffnutzung. In diesem Bericht wird nur auf die energetische Nutzung von Biomasse eingegangen.

Aufgrund begrenzter Potentiale bei hohen Nutzungskonkurrenzen sollte jegliche Bioenergienutzung in der effizientesten Art und Weise Anwendung finden. Für Biomasse ist dies in der Regel die Verwendung in Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen, denen auf Basis der Anforderungen von Hocheffizienz primärenergetisch eine bessere energetische Ausnutzung unterstellt werden kann, als es die getrennte Erzeugung im Brennwertkessel und Kraftwerkspark derzeit ermöglichen. Daher ist aus ökologischer und energetischer Sicht die Anwendung von beispielsweise Biogas in KWK-Anlagen anzustreben (geringste CO₂-Emissionen und Flächenbelegung pro Nutzenergie).

Durch die konkurrierende Nutzung der Biomasse als Kraftstoff ergibt sich ein zusätzlicher Konflikt, da auch für den Kraftstoffsektor eine spezielle Mindestquote Erneuerbarer Energien durch die Bundesregierung festgelegt wurde. Da es dafür aber bisher keine kurzfristige, praxisnahe Alternative zum Biomasseeinsatz als Kraftstoff gibt, sollte der Einsatz von flüssiger Biomasse tendentiell im Kraftstoffsektor und weniger im Wärmemarkt erfolgen.

Zusätzliche, spezifisch relevante Aspekte sind den Kapiteln 5.2 und 10.4.2 zu entnehmen.

Im Folgenden werden einzelne Technologien vorgestellt, die im Rahmen der Nutzungspflichterfüllung anrechenbar sind. Nicht anrechenbare Technologien, wie zum Beispiel Biogas in Brennwertkesseln, werden dementsprechend nicht weiter fokussiert.

5.2.1 Nutzung fester Biomasse für Heizzwecke

Technologie zur energetischen Holznutzung

Bei der energetischen Holznutzung für Heizzwecke kann zwischen drei unterschiedlichen generellen Verfahren unterschieden werden: Pyrolyse, Vergasung und Verbrennung. Die Pyrolyse läuft unter Sauerstoffausschluss bei hohem Druck ab, wird aber kaum für Biomasse eingesetzt. Bei der thermischen Vergasung entsteht ein Gemisch aus Kohlenmonoxid und Wasserstoff, welches zur weiteren Verbrennung genutzt wird, aber vor allem für großtechnische Anlagen relevant ist [Zahoransky, 2007]. Die direkte Verbrennung von Biomasse wird in großen und kleinen, also für den Gebäudebereich relevanten, Holzfeuerungsanlagen angewandt.

Mit nahezu 80 % stellen Holzfeuerungen den größten Anteil an aus erneuerbaren Energiequellen erzeugter Wärme dar [FNR, 2010a]. Im Bereich der Wärmeversorgung von Gebäuden kommen dabei vornehmlich Holzsplit, Hackschnitzel und Holzpellets zum Einsatz. Den weitaus größten Anteil machten in 2010 Stückholzfeuerungen aus, insbesondere Kaminöfen. Pelletsheizungen kamen auf einen Anteil von 1 % und Hackschnitzelheizungen auf 0,2 % [FNR 2010a].

Für die Evaluierung des EEWärmeG sind in erster Linie neuere Entwicklungen für den Neubau relevant. Die Pflichterfüllung nach EEWärmeG verlangt einen Kesselwirkungsgrad von mindestens 86 % (bis 50 kW thermische Leistung) oder 88 % (Kessel mit einer thermischen Leistung größer als 50 kW). Klassische Kaminöfen können dementsprechend nicht einkalkuliert werden.

Hinsichtlich der eingesetzten Technologien kann im Wesentlichen zwischen im Gebäude zentralen und dezentralen Feuerstätten sowie in automatische Beschickung und Handbeschickung unterschieden werden. Zentralheizungen sorgen in aller Regel sowohl für Warmwasser, als auch für Raumheizungswärme. Dezentrale Öfen oder Kamine dienen in erster Linie – mit einigen Ausnahmen – der direkten Raumbeheizung.

Ganz generell gibt es Rostfeuerung, Unterschubfeuerung und Querschubfeuerung, wobei erstere am häufigsten eingesetzt wird. Bei dieser Feuerung verbrennt die Biomasse auf einem Rost, wobei die Verbrennungsluft von unten zugeführt wird. Rostfeuerungen erlauben die zuverlässige Verbrennung von Biomassen unterschiedlicher Feuchte und schwankender Heizwerte [Zahoransky, 2007]. Ungefähr zwei Drittel der produzierten Hackschnitzelanlagen basieren auf dieser Technologie.

Bei der Unterschub- und Querschubfeuerung wird der Brennstoff (Pellets, Holzsplit) per Förderschnecke von unten oder der Seite in einen Brennteller gedrückt und verbrennt dort. [FNR, 2010b]

Bei dem Einbau und der Anwendung von Holzbefeuerungen sollte berücksichtigt werden, dass diese nicht emissionsfrei sind. Wie bei allen Verbrennungen entstehen kleine Partikel und Staub, welche vor allem aus Ruß und polyzyklischen aromatischen Verbindungen bestehen. Das kommt vor allem bei handbeschickten Feuerungen vor, die aufgrund falscher Bedienung wie z.B. eine zu große Holzmenge im noch kalten Feuerraum, zu starke Drosselung der Luftzufuhr oder durch Verwendung von nassem Holz entstehen. Bei sehr schlechter Verbrennung kann es zudem zur Emission von gasförmigen organischen Substanzen kommen, die bei der Abkühlung des Abgasstroms in der Atmosphäre kondensieren. Durch richtige Handhabung und Anwendung können diese Emissionen verhindert werden.

Bei automatischen Befeuerungsanlagen gibt es nur sehr geringe Rußemissionen, wobei es hier zu erhöhten Werten von Salzen kommen kann. Diese Salze entstehen

28.02.2013

bei der vollständigen Verbrennung und sind lungengängig. Neben Ruß und Salz, welche bei der Verbrennung unvermeidbar sind, treten bei der Verbrennung von Abfallholz zusätzliche Schadstoffe wie Dioxine und Schwermetalle auf. Diese sind vermeidbar, indem vor der Verbrennung Kontrollen des Holzes durchgeführt werden [BAFU, 2006].

Einzelne Anbieter von Kleinf Feuerungen wie z.B. die Firma Rüegg Cheminee AG haben Partikelabscheider für Anlagen bis zu 35 kW konstruiert, mit welchem die Feinstaubemissionen bis zu 50% reduziert werden. Weitere Möglichkeiten zur Vermeidung sind interne Abgaskondensatoren und Abgasreinigungsanlagen. Bei größeren Anlagen werden die Emissionen von Feinstaub mit Gewebefilter oder Elektrofilter reduziert. Außerdem gilt seit dem 22. März 2010 die novellierte erste Verordnung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (1.BImSchV), welche neue Grenzwerte für Emissionen aus kleinen und mittleren Heizungsanlagen festlegt.

Neue Pelletszentralheizungen müssen dann beispielsweise für die Staubemission einen Grenzwert von 0,06 g/m³ Abluft einhalten. Für Anlagen die ab 2015 errichtet werden gilt die Stufe 2 mit einem Staubgrenzwert von 0,02 g/m³ Abluft. Für Pelletsöfen gelten abweichende Grenzwerte.

Die Nutzung von Pellets in Gebäuden erfolgt entweder in Einzelöfen, in Zentralheizungskesseln oder in größeren Pelletsheizanlagen. Pellets-Einzelöfen werden ähnlich wie Kaminöfen zur Beheizung einzelner Räume oder in Kombination mit anderen Systemen wie z.B. Solarthermie auch für die Warmwasserversorgung eingesetzt. Handelsüblich besitzen sie eine Leistung von bis zu 15 kW_{th} [DEPV 2010; DCTI 2010]. Pelletsöfen können sowohl automatisch als auch manuell beschickt werden.

Pellets-Zentralheizungen und Pelletsheizanlagen werden dagegen in der Regel automatisch beschickt und dienen der kompletten Beheizung eines Gebäudes. Pelletsheizanlagen werden derzeit in Deutschland mit einer Leistung von bis zu 1.000 kW_{th} installiert und dienen insbesondere der Beheizung größerer Gebäude, wie z.B. Erlebnisschwimmbad, Schule, Seniorenzentrum etc. [C.A.R.M.E.N. 2010].

Eine wichtige für die Förderung relevante Unterscheidung bei Pelletsfeuerungsanlagen, ist die zwischen Pelletsöfen und –kesseln mit und ohne Wassertasche. Pelletsöfen dienen der Beheizung einzelner Räume durch Konvektion und Strahlung. Sie erreichen eine höhere Effizienz, wenn sie mit einer sogenannten Wassertasche ausgeführt werden. Die Wassertasche kann zum Beispiel an eine zentrale Heizungsanlage angeschlossen oder als Speicher genutzt werden. Bei Pelletskesseln erhitzt die Verbrennung des Energieträgers im Kessel das Wasser, das als Wärmeüberträger eines Heiz- und / oder Warmwassersystems dient und die Wärmeenergie über Pumpen und Rohrleitungen an den Ort des Verbrauchs transportiert. [DEPV 2010]

Hackschnitzelanlagen werden wie Pelletszentralheizungen oder -heizanlagen automatisch beschickt und sind in den Größen von 15 kW bis in den 2-stelligen

28.02.2013

Megawatt- Bereich verfügbar. Vorwiegend werden sie im Leistungsbereich über 100 kW z.B. zur Beheizung von Bürogebäuden oder öffentlichen Einrichtungen eingesetzt [DCTI 2010]. Während sie als Heizwerke bzw. Heizkraftwerke seit längerem etabliert sind, finden sie nun auch zunehmend in Wohngebäuden Einsatz [FNR, 2010a].

Die Nutzung von Holz in Form von Holzscheiten stellt, wie zuvor bereits dargestellt, noch immer den größten Holzeinsatz da. Neben den manuell beschickt Kaminen, Kaminöfen und Kachelöfen, die zumeist nur als Ergänzung zum Heizungssystem dienen, haben sich auch Scheitholzkessel etabliert. Bei Scheitholzkesseln findet der Abbrand im Gegensatz zu Kaminen unterhalb oder seitlich zum Wärmetauscher statt. So werden eine längere Brenndauer, niedrigere Emissionen und Spitzenwirkungsgrade von über 90 % erreicht [DCTI 2010; Quaschnig, V. 2008; Energieagentur NRW 2010]. Scheitholzvergaserkessel³⁹ im Leistungsbereich von 14 bis 100 kW_{th} werden häufig in Ein- oder Mehrfamilienhäusern eingesetzt. Darüber hinaus gibt es auch größere Anwendungen im Leistungsbereich von etwa 250 bis 800 kW_{th}; diese kommen jedoch zumeist nur in der Holzverarbeitenden Industrie zum Einsatz.

Nachfolgend sind die Wirkungsgrade verschiedener Feuerungsarten nochmals dargestellt (Deutsches Pelletinstitut und FNR 2010b):

- Automatischer Pelletskessel: 85 – 96 %
- Automatischer Hackschnitzelkessel: 80 – 92 %
- Kachel- und Einzelöfen: 40 – 75 %
- Kaminöfen: 15 – 60 %
- Offene Kamine: 10 – 30 %
- Offene Feuerstellen: 5 – 10 %

Pelletsöfen und Pellets-Zentralheizungen haben einen technologisch sehr hohen Entwicklungsstand erreicht. Durch die Weiterentwicklung der Holzfeuerungen wurde in den vergangenen 25 Jahren eine Wirkungsgradsteigerung um gut 30 % erreicht (Siehe Abbildung 36).

³⁹ Gemeint ist kein Vergaser sondern eine Verbrennungstechnik bei der die Verbrennungszone und die Vergasungszone räumlich getrennt voneinander stattfinden. Dadurch wird eine kontinuierliche Beschickung möglich.

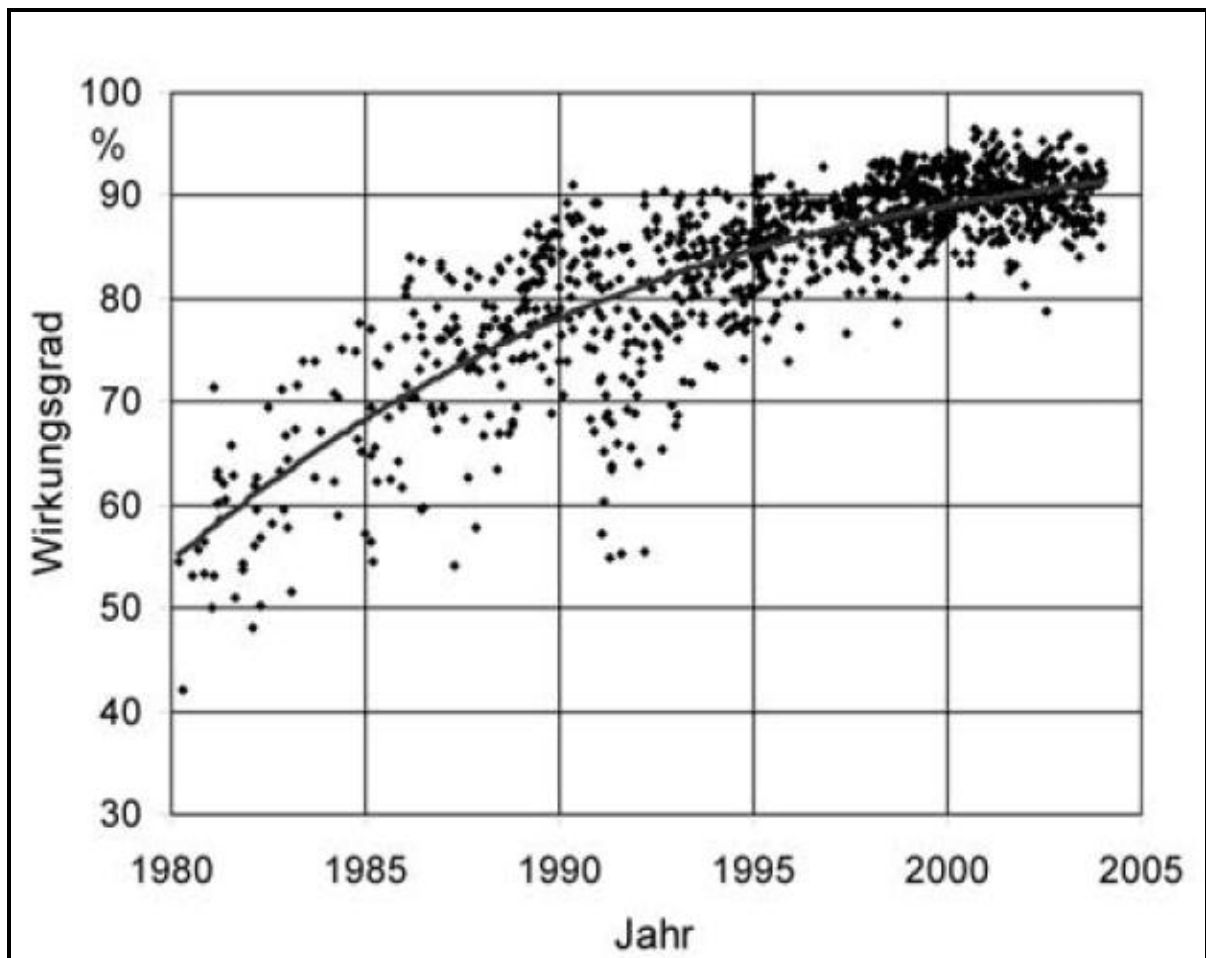


Abbildung 36: Entwicklung der Kesselwirkungsgrade von hand- und automatisch beschickten Holzfeuerungen kleinerer Leistung seit 1980

[Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe: Marktübersicht Pelletsheizungen, 6. Auflage 2010]

Marktentwicklung

Der derzeitige Einsatz von fester Biomasse als Brennstoff für die Raumwärme- sowie Warmwasserbereitung zeigt eine klare Dominanz der Scheitholzanlagen. Die aktuellsten Zahlen sind durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) zum Jahr 2010 veröffentlicht worden und zeigen, dass Holz in etwa 94 % der Kleinfeuerungsanlagen als Scheitholz eingesetzt wird, der Anteil an Pellets bzw. Hackgut beträgt nur 4 respektive 2 %.

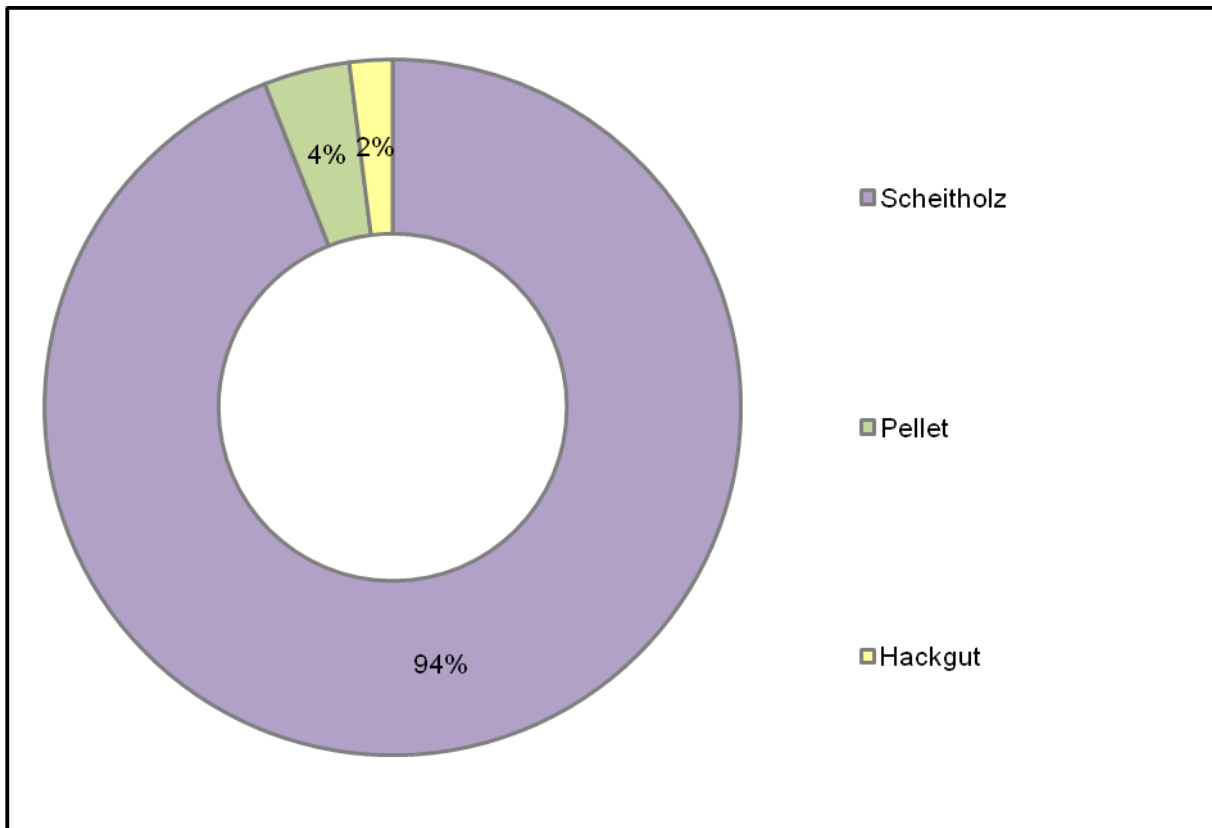


Abbildung 37: Energieholzverwendung in privaten Haushalten. Stand 2010
[Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe 2010]; eigene Darstellung

Detaillierte Marktdaten zu der Anzahl der Anlagen im Bestand steht für Pelletsheizungen zur Verfügung. Die nachfolgende Abbildung zeigt die Entwicklung der installierten Pelletsheizungen und wassergeführten Öfen bis 100kW_{th} seit dem Jahr 2000 sowie die Abschätzung des Marktsegmentes für das Jahr 2011 [DEPI 2011].

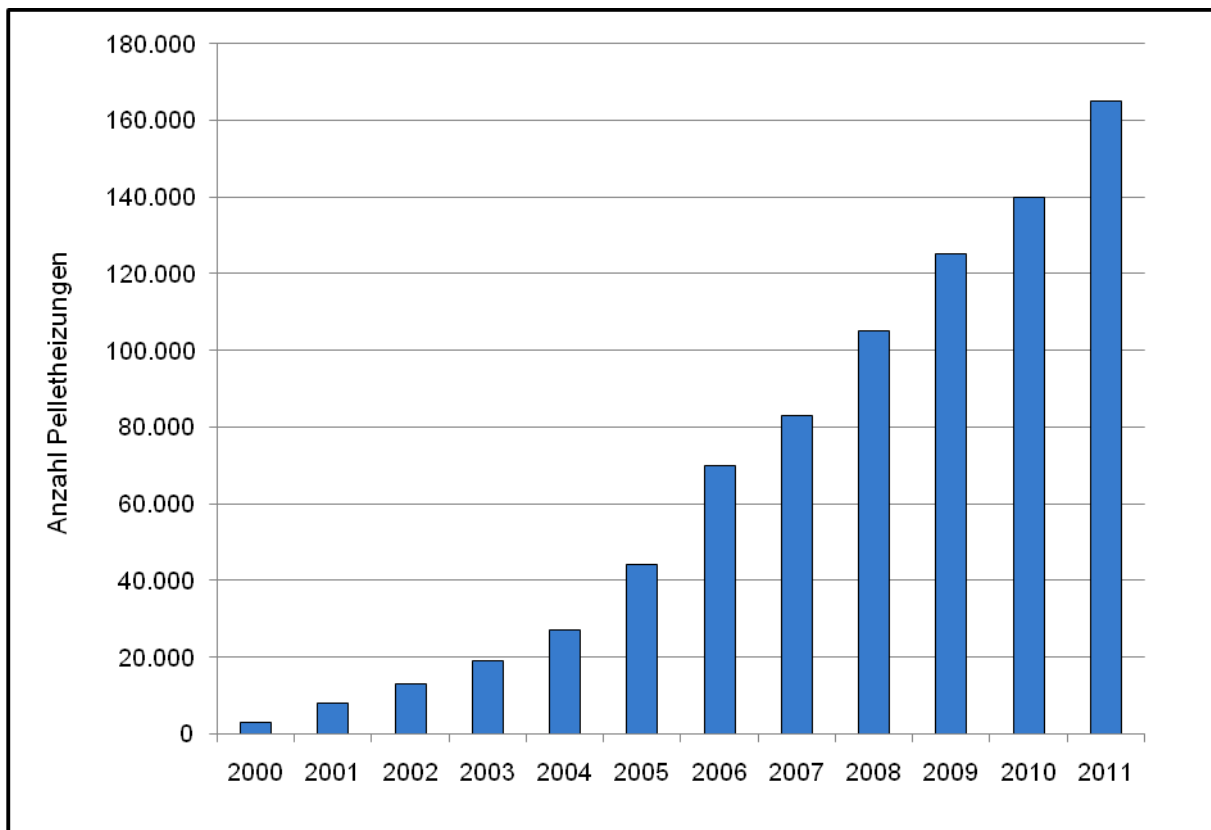


Abbildung 38: Gesamtbestand an Pelletsheizungen in Deutschland
 [DEPI auf Basis der Zahlen von BAFA und BDH; Stand 2011]

Wesentliche Zubauten ergaben sich im Jahr 2006 insbesondere durch die Mehrwertsteuerhöhung in 2007, was zu einem Vorziehen von Investitionen führte.

Der Bestand an Hackschnitzelheizungen und Scheitholz(vergaser-)kesseln kann abgeschätzt werden indem man von der Gesamtzahl der installierten Biomasse-Heizkessel im Bestand die soeben dargestellte Anzahl der Pelletsheizung abzieht. Laut den dargestellten Daten in der integrierten Wärme- und Kältestrategie (AP1). Lag die Gesamtzahl der installierten Biomasse-Heizkessel im Jahr 2010 bei etwa 700.000 Anlagen, somit kann von etwa 560.000 Hackschnitzel- und Scheitholz-kesseln ausgegangen werden, wobei die Scheitholz-kessel sicherlich stark dominieren.

Die nachfolgenden Abbildung 39 und 42 zeigen die Entwicklung des Zubaus der Hackschnitzelheizungen bis 100 kW_{th} sowie der Scheitholz(vergaser-)kessel seit dem Jahr 2005. Die Zahlen basieren auf dem MAP und beinhalten auch die Anlagen, die nicht gefördert wurden. Der Anteil der nicht geförderten Anlagen wurde vom ZSW mit 10 % angenommen [ZSW 2010].

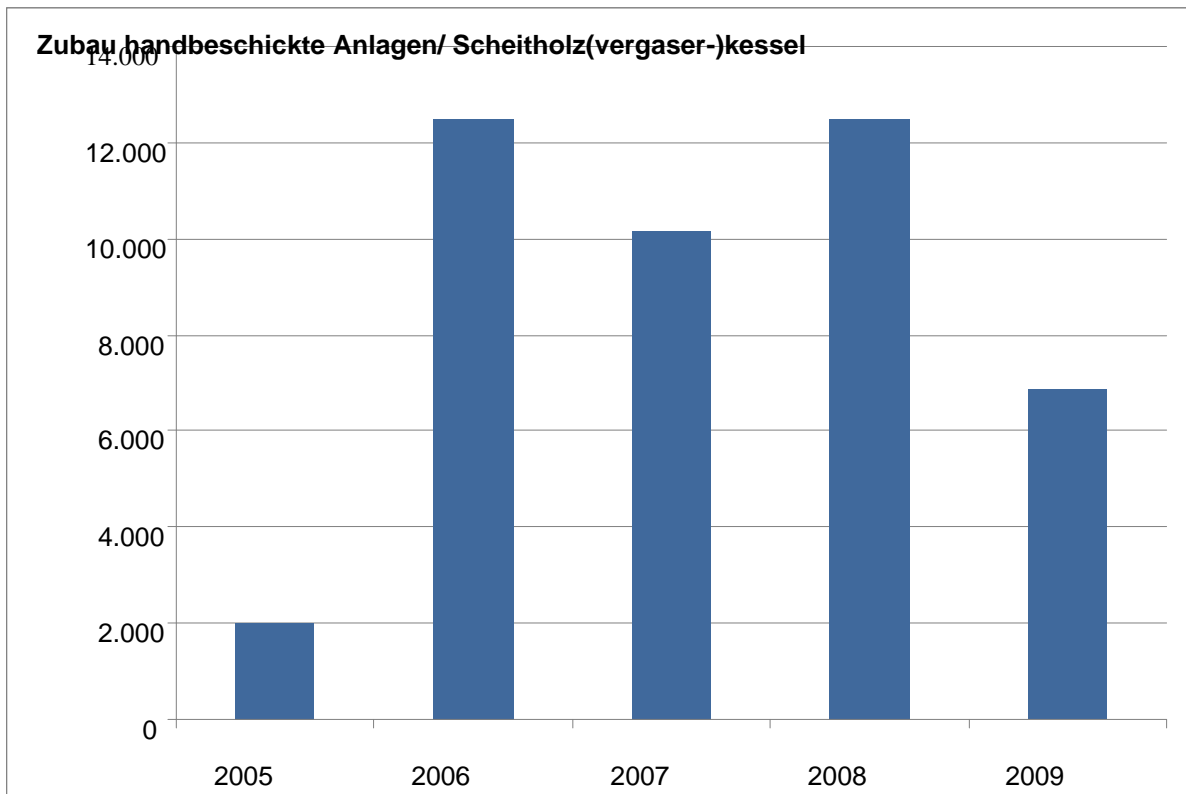


Abbildung 39: Zubau handbeschickte Anlagen/ Scheitholz(vergaser-) kessel
[MAP/BDH nach ZSW 2010]

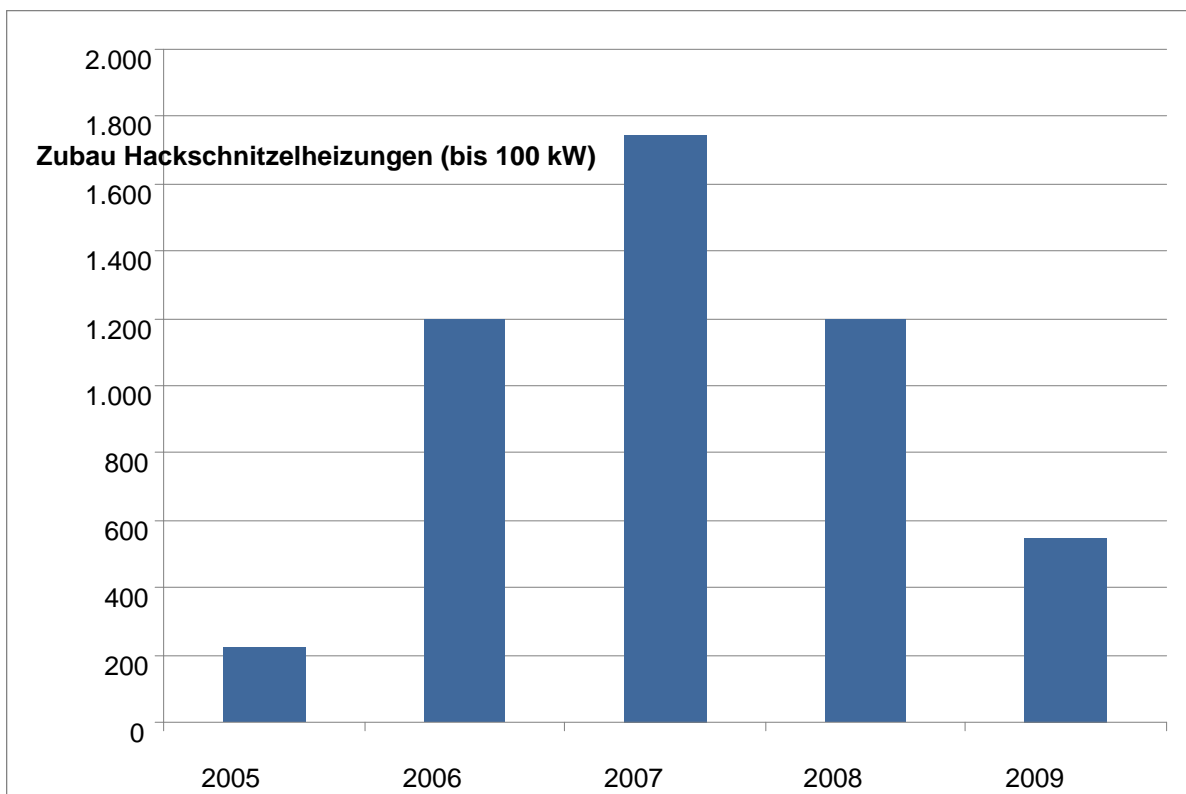


Abbildung 40: Zubau Hackschnitzelheizungen bis 100 kW
[MAP/BDH, nach ZSW 2010]

Förderung von Technologien zur Nutzung fester Biomasse im Wärmebereich

Pelletszentralheizungen und Pelletsöfen, Hackschnitzelheizungen und Scheitholzvergaserkessel können, wenn sie gewissen Effizienzanforderungen genügen, eine Förderung nach dem Marktanzreizprogramm erhalten [DCTI 2010].

Die Anzahl der geförderten Anlagen im Marktanzreizprogramm im Zeitraum 2008-2011 sowie die Aufteilung nach Anlagenart kann der folgenden Abbildung entnommen werden.

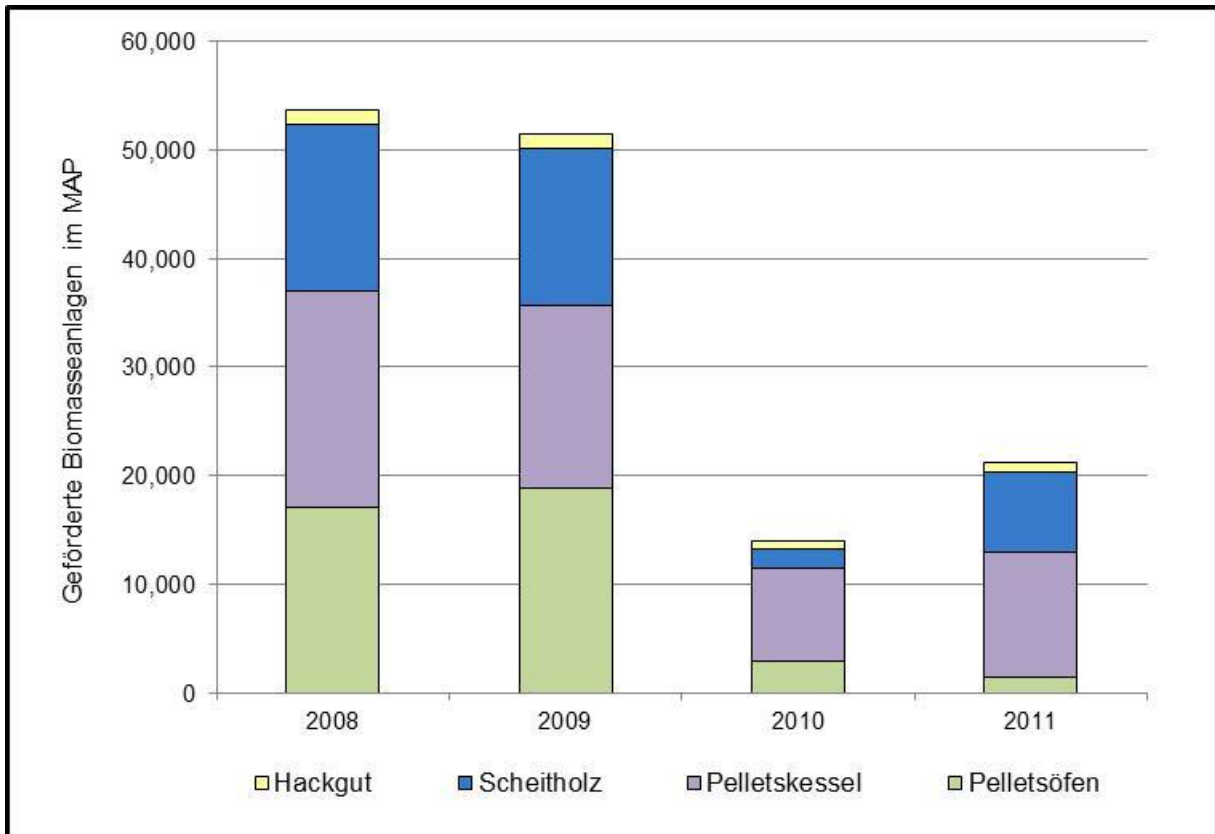


Abbildung 41: Geförderte Biomasseanlagen im MAP im Zeitraum 2008-2011 aufgeteilt nach Pelletsöfen, Pelletskessel, Scheitholz- und Hackgutanlagen [MAP (eigene Darstellung)]

Spezifische Investitionskosten

Basierend auf dem Zwischenbericht von Juni 2011 zur Evaluierung von Einzelmaßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt (Marktanzreizprogramm) für den Zeitraum 2009 bis 2011 [Langniß et al. 2011], zeigen die spezifischen Investitionskosten im Zeitraum von 2004 bis 2010 keine klare Tendenz. Zwar kam es einheitlich bei allen Heizkesselgattungen (Scheitholz, Hackschnitzel, Pellets) bis 2007 zu einem Anstieg der Kesselpreise, danach jedoch blieben die Scheitholzkesselpreise konstant, während die automatisch beschickten Kessel zunächst im Preis sanken, um dann mit den deutlich zunehmenden Anlagenverkäufen in 2009 (bundesweit 11.318 Erstmessungen an automatisch beschickten Anlagen in 2009 gegenüber 8.959 Erstmessungen in 2007) erneut wieder anzusteigen. In 2010 kam es dann aufgrund der eingebrochenen

28.02.2013

Anlagenverkäufe (bundesweit nur noch 19.006 Erstmessungen bei Holzheizkesseln in 2010 gegenüber 27.812 Holzheizkesseln in 2009) sogar zu einer Verbilligung der Preise für Scheitholz- und Pelletskessel, während die Kosten für Hackschnitzelkessel weiter zunahmen. Pellets- und Scheitholzvergaserkessel waren demnach im Jahr 2010 um 7 % günstiger als im Jahr 2009, während Pelletsöfen um 13 % teurer wurden. Diese Preisveränderungen können zu einem großen Teil auf den jeweiligen Auslastungsgrad bei den Herstellern zurückgeführt werden.

Laut Langniß et al. (2011) ist eine direkte Wirkung des MAP dagegen weniger zu vermuten. Bei den Hackschnitzelfeuerungen sollten die Preissteigerungen zudem nicht überbewertet werden, da hier die statistische Unschärfe wegen der geringen Stichprobe besonders hoch ist. Bei Pelletsöfen kam es von 2008 bis 2009 zu einer Verbilligung, die jedoch bereits in 2010 durch den Wegfall der Förderung für luftgeführte Pelletsöfen wieder vollständig kompensiert wurde. Anders als bei den Holzzentralheizungsanlagen kann die Marktzunahme in 2009 ursächlich der Förderung zugeschrieben werden, da bis Juli 2010 auch luftgeführte Pelletsöfen gefördert wurden. Dadurch ist bei Pelletsöfen davon auszugehen, dass die Preissenkung in 2009 eher durch die vom Endkunden vorgenommene Produktauswahl (verstärkter Einsatz von Billigprodukten bzw. kostengünstiger luftgeführter Geräte gegenüber teurer wassergeführter Pelletsöfen) als durch echte Preissenkungen für ein und dieselbe Feuerung eingetreten ist.

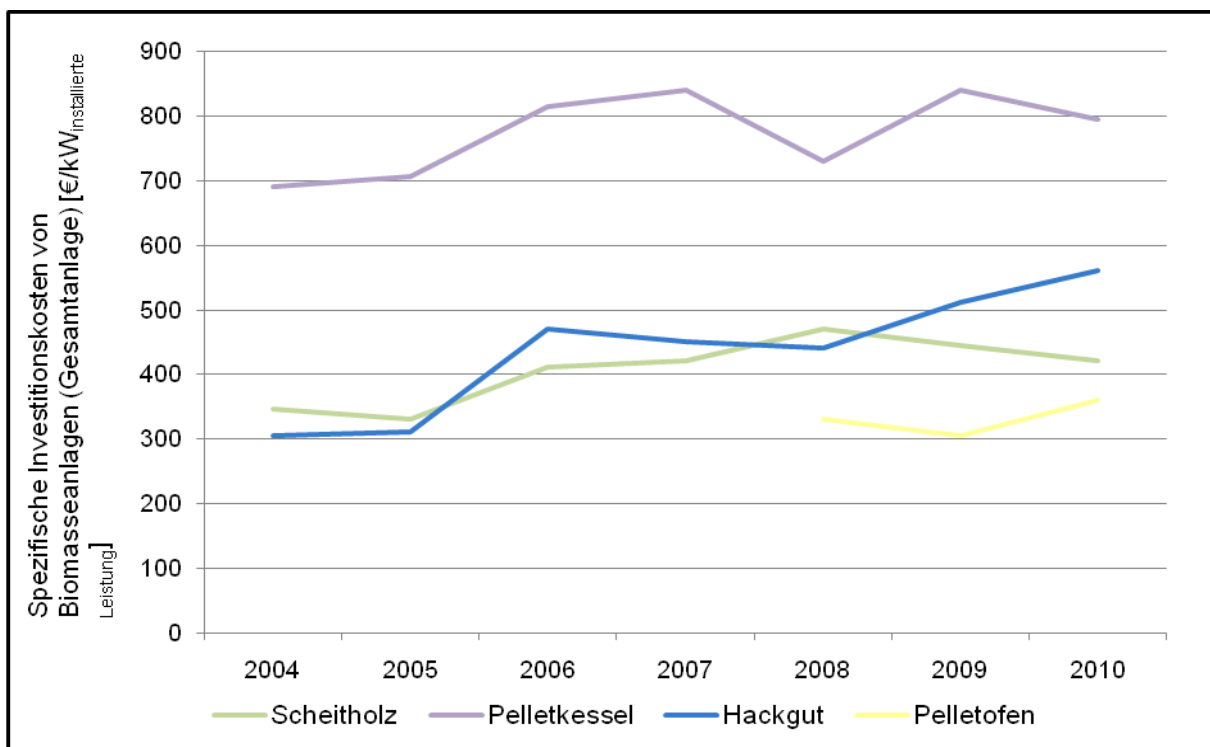


Abbildung 42: Entwicklung der spezifischen Investitionskosten von Biomasseanlagen 2004 – 2010 (Zahlen von [Langniß et al., 2011], eigene Darstellung)

Laut Langniß et al. (2011) gilt generell, dass bei Biomassefeuerungen ohnehin (zumindest mittelfristig) weniger mit Kostensenkungen durch Massenfertigung zu

rechnen ist, da es sich bei den Herstellern überwiegend um mittelständige Unternehmen mit relativ geringen Fertigungskapazitäten handelt, die weitgehend ihre eigene Produktpalette in Eigenregie fertigen und es sich hierbei zudem um bereits jahrzehntelang etablierte Produkte mit gleichbleibend hohem Materialaufwand handelt (ähnlich wie bei Öl- und Gaskesseln). Kurzfristig ausgelöste Steigerungen der Nachfrage (z. B. durch einen sprunghaften Anstieg der Heizölpreise oder durch ein Wiedereinsetzen der staatlichen Förderung) führen daher wegen der langsamen Anpassung der Fertigungskapazitäten eher zu Preiserhöhungen. Umgekehrt kommt es auch zu Preissenkungen bei Nachfrageeinbruch (z. B. durch Aussetzen der Förderung).

5.2.2 Nutzung flüssiger Biomasse für Heizzwecke

Technologie zur flüssigen Biomassenutzung im Wärmebereich

Zur flüssigen Biomasse, welche für Heizzwecke genutzt werden kann, gehören Pflanzenölmethylester (Biodiesel), Pflanzenöle, Biomass-to-liquid (BtL)-Kraftstoffe, Gas-to-liquid (GtL) sowie aus Pflanzen gewonnenes Methanol und Ethanol.

Prinzipiell kann flüssige Biomasse in bestehende, fossile Ölheizungssysteme zugemischt oder als eigenständiges Heizungssystem mit 100 % flüssiger Biomasse verwendet werden. Praxisrelevanz hat dabei zurzeit nur die Zumischung von Biodiesel zum fossilen Ölheizungsbetrieb.

Biodiesel ist in seinen physikalischen und chemischen Eigenschaften dem fossilen Heizöl im Vergleich zu den anderen flüssigen Bioenergieträgern am ähnlichsten. Er unterscheidet sich aber vor allem in Hinsicht korrosiver und hygroskopischer Eigenschaften von Heizöl (zur technischen Limitierung der Zumischungsanteile siehe Text weiter unten). Pflanzenöle könnten theoretisch zugemischt werden. Da ihre Eigenschaften aber zum Teil erheblich vom Heizöl abweichen (Viskosität, anderes Molekül mit drei Sauerstoffatomen) sind Beimischungen wenig praxisrelevant.

BtL und GtL kann eine zukünftige interessante Alternative darstellen. Es lassen sich dem Heizöl sehr ähnliche Qualitäten des BtL und GtL erreichen. Da diese Technologien noch in der Entwicklung sind (wenige Pilotanlagen) und BtL sowie GtL zurzeit nicht zu marktrelevanten Preisen angeboten wird, ist abzuwarten, wie sich die Technologie weiter entwickelt.

Methanol und Ethanol sind von ihren Qualitäten dem Heizöl am weitesten entfernt. Eine Zumischung ist technisch theoretisch möglich, aber im Anteil der Zumischung technisch stark limitiert. Als eigenständiges Alkohol-Heizungssystem hat diese Form der Bioenergie keinerlei Marktrelevanz.

Im Rahmen des EEWärmeG sind Beimischungen von Biodiesel zu Heizöl am ehesten praxisrelevant, sofern die Nutzung in einer Anlage (Heizkessel oder KWK-Anlage) erfolgt, welche der besten verfügbaren Technik (bei Kessel heute üblicherweise Brennwertkessel) entspricht. Als weitere Voraussetzung wird ein

28.02.2013

Nachweis der Einhaltung der Biomassestrom- oder Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung verlangt (EEWärmeG, Anlage II, 2.)⁴⁰. Die Verwendung von Palm- und Sojaöl als Brennstoff – ob raffiniert oder unraffiniert – wurde anfänglich explizit ausgenommen, ist jedoch mittlerweile bei Einhaltung der Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung zulässig.

Im Vergleich zu konventionellen Heizkesseln sind Brennwertgeräte mit einem zusätzlichen Wärmeübertrager ausgestattet. Die vom Brenner erwärmte Luft wird auf das den Heizkreisen zurückfließende Wasser übertragen. Im Ergebnis erfolgt die Ausnutzung auch der Kondensationswärme.

Die Nutzungsgrade von typischen Öl-Geräten im Haushaltsgebrauch liegen in folgender Größenordnung:

- Niedertemperaturtechnik 87 %, (Abgastemperatur ca. 160°C, nicht genutzte Kondensationswärme 6 %, Abgasverlust 7 %).
- Brennwerttechnik (97 %, (Abgastemperatur ca. 40°C, nicht genutzte Kondensationswärme 2 %, Abgasverlust 1 %).

Wenn flüssige Biomasse zur Pflichterfüllung nach EEWärmeG anerkannt werden soll, muss der Wärme- und Kältebedarf mindestens 50 % betragen. Aufgrund der korrosiven Eigenschaften von Biodiesel sind bei dem Einsatz technische Grenzen zu beachten: Biodiesel kann bis zu einem Anteil von 5 % in vielen Ölgeräten eingesetzt werden. Einige Hersteller haben für neue Brennwertgeräte bis zu 10 % Biodiesel freigegeben [IWO 2010b]. Technische Grenzen können sich aber vor allem auch bei der Lagerung ergeben. Biodiesel ist chemisch deutlich korrosiver und hygroskopischer als fossile Öle. Alle Komponenten des Heizungssystems wie Tanks, Zuleitungen und Geräte sollten auf die Bioölzumischung ausgelegt sein. Dieses ist besonders im Einsatz von Bestandsgebäuden relevant, weil dort oftmals wesentliche Informationen nicht vorliegen (z.B. Qualität der Tank-Innen-Beschichtung). Beimischungsgrenzen sind dementsprechend individuell zu prüfen.

Zur Beimischung von Biodiesel liegen noch keine bzw. wenige Langzeiterfahrungen vor. Bei einer Beimischung von 5 % Biodiesel in Heizölsysteme sollte folgendes überprüft werden:

- Tankanlage: Eignung der Beschichtung. Beispielsweise können Fließmittelbeschichtungen ungeeignet sein.

⁴⁰ Es existieren zwei Nachhaltigkeitsverordnungen: zum einen für die Stromerzeugung die Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung, die zugleich durch den Verweis im Nummer II.2 der Anlage zum EEWärmeG für die zur Wärmeerzeugung genutzte flüssige Biomasse gilt, und zum anderen für Biokraftstoffe die Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung.

- Brenner: Einstrangsysteme sind geeigneter als Zweistrangsysteme. Verdampfungsbrenner (sogenannte Blau- und Gelbbrenner) sind derzeit nicht für den Betrieb mit Biodiesel zugelassen.

Durch die hygroskopischen Eigenschaften erhöht sich der Wassergehalt im Tank und somit die Gefahr zur Ausbildung von Bakterien. Eventuell muss eine Zugabe von stabilisierenden Additiven und Antioxidantien von Seiten der Brennstofflieferanten ab einem bestimmten Mischungsverhältniss erfolgen.

Biodieselumischungen um 10 % sind nur bei geeigneten Brenner- und Tanksystemen möglich [IWO 2010b]. Bezüglich höherer Beimischungen liegen noch keine Langzeiterfahrungen vor. Ein Mischungsanteil von 50 % zur Nutzungspflichterfüllung ist mit dem Einsatz von Biodiesel technisch nicht empfehlenswert.

Reines Pflanzenöl sowie Mischungen mit Heizöl benötigen aufgrund der sich verändernden Viskosität der Flüssigkeit speziell angepasste Brenner. Je nach Anteil des Pflanzenöls müssen auch die Lagerbehältnisse, Zufuhrleitungen zum Brenner, Filter, Dichtungen und Pumpen gegenüber einem Heizölsystem technisch angepasst werden. Je nach Außentemperatur und Anteil an unraffiniertem Pflanzenöl gehören hierzu insbesondere die Beheizung von Tank und Zuleitung, damit das Öl nicht bei niedrigen Außentemperaturen verklumpt.

Marktentwicklung

Derzeit existieren keine gesicherten Daten zum Einsatz von flüssiger Biomasse zur Wärmeversorgung mit Ausnahme von EEG-Anlagen (die im Falle der Nutzung flüssiger Biomasse KWK-Anlagen sein können). Ab 2012 wird die Verwendung flüssiger Biomasse nicht mehr im Rahmen des EEG vergütet. Der Einsatz von flüssiger Biomasse zur Wärmeerzeugung und Verteilung in Fernwärmenetzen wird in diesem Kapitel nicht weiter betrachtet, sondern im eigens dafür vorgesehenen Kapitel 5.7(Wärmenetze) berücksichtigt.

Nach Einschätzung von Experten⁴¹ liegt der Anteil von Pflanzenölen im Vergleich zu Heizöl deutlich unter 1 % und stellt damit ein derzeit wenig relevantes Marktsegment dar. Jedoch gibt es große regionale Unterschiede. Da beispielsweise Baden-Württemberg auch für Bestandsgebäude den Einsatz von EE im Wärmebereich fordert (z.B. erfüllbar mit 10 % Bioenergieanteil), kann die Zumischung von Pflanzenölen zu bestehenden Öl-Heizungssysteme durchaus attraktiv sein, falls nur sehr geringe Zusatzinvestitionen anfallen.

Im Jahr 2009 wurden auf dem Markt rund 150.000 (fossile) Öl-Heiz-Geräte abgesetzt, davon etwa 72.000 Öl-Brennwert-Geräte. Die Tendenz, Brennwertgeräte zu verwenden, ist über die Jahre deutlich angestiegen.

⁴¹ Herr Lucks, Institut für wirtschaftliche Ölheizungen e.V. (IWO) und Dr. Winkler Mineralölwirtschaftsverband (MWV), persönliches Gespräch am 14.7.2010

Förderung von Technologien zur Nutzung flüssiger Biomasse im Wärmebereich

Zurzeit gibt es keine explizite staatliche Förderung für die Pflanzenöl-Brenner-Technologie. Lediglich die Pflanzenöle selbst haben steuerrechtliche Vorteile bei der Energie- und Umsatzsteuer (ermäßigter Steuersatz).

KWK-Anlagen, die flüssige Biomasse nutzen, werden über das EEG gefördert (Änderung ab 2012). Die Förderung bei Wärmeauskopplung erhöht sich um den KWK-Bonus. Voraussetzung ist allerdings, wie auch beim Einsatz flüssiger Biomasse in Öl-Brennwertkesseln, die Einhaltung der Nachhaltigkeitsanforderungen der Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung (BioSt-NachV).

5.2.3 Nutzung gasförmiger Biomasse für Heizzwecke

Technologie zur gasförmigen Biomassenutzung im Wärmebereich

Der Einsatz gasförmiger Biomasse ist im Rahmen des EEWärmeG nur in Kraft-Wärme-Kopplung pflichterfüllend, entweder in dezentralen Anlagen oder in Anlagen, die in Gasnetze einspeisen. Der Bezug von Erdgas mit Biogasanteil im privaten Haushalt (Gaskunden können bei verschiedenen Anbietern auf Erdgasqualität aufbereitetes Biogas (Biomethan) kaufen) ist im Sinne des EEWärmeG bei Verwendung in Kesselanlagen / Gasthermen nicht anrechenbar (siehe EEWärmeG, Anlage II Biomasse, 1. Gasförmige Biomasse). Eine Verwertung in (Mini-)KWK-Anlagen ist zwar möglich, sofern die Anlagen die Effizienzforderungen einhalten, aber in der Praxisanwendung bisher nicht relevant.

Der Einsatz von KWK-Anlagen wird im Kapitel 5.5 und das Thema Wärmenetze in Kapitel 5.7 näher betrachtet und soll hier daher nicht vertieft werden. An dieser Stelle wird nur darauf hingewiesen, dass 2011 in Deutschland ca. 7.200 Biogasanlagen mit ca. 2.850 MW_{el}-Leistung und einer Gesamt-Wärmeauskoppelung von ca. 7,3 – 8,3 TWh_{th}, im Betrieb waren [DBFZ 2012]. Somit ist der Biogasmarkt stark am Wachsen. Die weitere Marktentwicklung ist aber sehr stark von der neuen EEG-Vergütungsstruktur, welche ab 2012 in Kraft trat, abhängig. Studien zur Entwicklung 2012 liegen bisher noch nicht vor. Marktteilnehmer (DBFZ, Fachverband Biogas, diverse Firmen) berichten aber übereinstimmend, dass sich die Zubauraten im Jahr 2012 im Vergleich zu den Vorjahren deutlich verringern wird.

Förderung von Technologien zur Nutzung gasförmiger Biomasse im Wärmebereich

Zur Verwendung von Biogas zur direkten Wärmenutzung existieren keine staatlichen Fördersysteme. Die Verwendung eines Anteils von Biogas im Gasbezug des Haushaltes ist eine private Entscheidung ohne Anrechenbarkeit gemäß EEWärmeG. Das Angebot zum Bezug von Biogas in Privathaushalten besteht erst seit 2009. Der

Absatz dürfte zukünftig steigen, ist aber stark von den politischen Rahmenbedingungen abhängig. Ende 2011 waren in Deutschland 83 Biogas-Aufbereitungsanlagen im Betrieb, die überwiegend als KWK-Anlage betrieben wurden. Die Wärmemenge, die in privaten Haushalten in direkter Verbrennung (ohne KWK) genutzt wurde ist anteilmäßig sehr gering (wenige Prozent). Konkrete Prognosen der weiteren Entwicklung sind zur Zeit nicht möglich.

5.3 Technologie zur Nutzung von Geothermie und Umweltwärme

5.3.1 Wärmepumpen

Technologien zur Nutzung von oberflächennaher Geothermie und Umweltwärme

Wärmepumpentypen

Die genutzten Wärmequellen können natürlichen (Umgebungsluft, oberflächennahe Geothermie, Grund- oder Flusswasser) sowie künstlichen Ursprungs (z.B. Abwärme von technischen Anlagen) sein. In Deutschland kommen überwiegend die natürlichen Wärmequellen zum Einsatz, die auch im Folgenden primär betrachtet werden. Die Differenzierung der Gerätetypen erfolgt in diesen drei Gruppen, analog zur Handhabung in Handel und Industrie. WP zur Nutzung künstlicher Wärmequellen in Form von Abwärme werden in einem gesonderten Kapitel betrachtet.

Eine Wärmepumpe hat zumeist einen Primär- und einen Sekundärkreis, nach denen sie benannt wird. Der Primärkreis bezeichnet das Medium auf der Wärmequellenseite; der Sekundärkreis das im Heizkreis verwendete Arbeitsmedium. Als Arbeitsmedium kommt in den verwendeten Heizsystemen in der Regel Wasser zur Anwendung. Bei Erdwärmepumpen wird auf Seiten der Wärmequelle vorwiegend ein als Sole bezeichnetes Gemisch aus Wasser und Frostschutzmittel verwendet, weshalb diese WP als Sole-Wasser-WP bezeichnet werden. Die unterschiedlichen Wärmepumpentypen werden im Folgenden kurz beschrieben. Alternative Varianten, die z.B. andere Arbeitsmedien nutzen, werden ebenfalls kurz angerissen, sollen aber aufgrund ihrer geringen Marktrelevanz in diesem Bericht nicht weiter betrachtet werden.

Tabelle 9 zeigt die Bezeichnung der Wärmepumpentypen mit entsprechender Angabe der Wärmequelle und des Arbeitsmediums.

Tabelle 9: Bezeichnung der unterschiedlichen Wärmepumpentypen

[BDH 2005]

Wärmequelle	Arbeitsmedium	Bezeichnung der Wärmepumpe
Erdreich	Wasser	Sole/Wasser-Wärmepumpe (S/W-WP)
Umgebungsluft	Wasser	Luft/Wasser-Wärmepumpe (L/W-WP)
Grundwasser	Wasser	Wasser/Wasser-Wärmepumpe (W/W-WP)
Erdreich	Sole	Direktverdampfer (DV)
Umgebungsluft	Luft	Luft/Luft-Wärmepumpe (L/L-WP)

Sole/Wasser-Wärmepumpen (S/W-WP)

Mit einem Anteil von 54 % am Anlagenbestand (Stand 2010) stellt die oberflächennahe Geothermie die in Deutschland am häufigsten genutzte Wärmequelle für Wärmepumpen dar. Die hier eingesetzten Sole-Wasser-WP greifen auf der Seite der Wärmequelle in der Regel auf zwei Wärmetauschertechnologien zurück, auf Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren.

In beiden Fällen entnimmt ein als Sole bezeichnetes Gemisch aus Wasser und Frostschutzmittel mithilfe von Wärmetauschern die Wärmeenergie aus dem Erdreich und gibt dies im Verdampfer der Wärmepumpe an den Heizkreis ab.

Bei Erdwärmesonden wird der Wärmetauscher in Form einer Sonde senkrecht in den Boden, in Tiefen zwischen 40 und 100 m, verlegt. Somit steht zum Betrieb eine ganzjährig konstante Bodentemperatur von etwa 10°C zur Verfügung. Dem Vorteil des geringen Flächenbedarfs stehen die in jedem Fall anfallenden Kosten für Bohrung und Sondenverlegung sowie für Bodenuntersuchungen gegenüber. Da in der Regel Grundwasser führende Schichten durchdrungen werden, muss zum Betrieb eine wasserrechtliche Erlaubnis eingeholt werden.

Bei Erdwärmekollektoren sind keine Bodenuntersuchungen und wasserrechtliche Genehmigungen erforderlich, denn im Gegensatz zu den Erdsonden, erfolgt die Installation der Wärmetauscher waagrecht im Boden. Die Kollektoren werden in Form von Schlaufen, flachen Spiralen oder Kapillarmatten in einer Tiefe von 1 bis 2 m verlegt, wodurch umfangreiche Erdschiebearbeiten notwendig werden. Bei Neubauten kann ein Großteil der dadurch entstehenden Kosten jedoch in den Kosten der ohnehin anfallenden Erdarbeiten zur Grundstückserschließung aufgehen, wodurch die Installation von Flächenkollektoren in der Regel günstiger als die Verwendung von Erdwärmesonden ausfällt. Besondere Varianten der Erdwärmekollektoren sind Kollektorkörbe und Grabenkollektoren, die senkrecht in Tiefen von 2 bis 4 m verbaut werden und für die entsprechende Gruben oder Gräben ausgehoben werden müssen. Sie kommen insbesondere dann zum Einsatz, wenn für die anderen Kollektortypen keine ausreichende Verlegefläche zur Verfügung steht. Bei der Verwendung von Kollektorkörben kann je nach Bundesland eine wasserrechtliche Genehmigung erforderlich werden.

Wasser/Wasser-Wärmepumpen (W/W-WP)

10 % aller in Deutschland betriebenen Wärmepumpen nutzen das Grundwasser als Wärmequelle, dessen Temperatur sich ganzjährig zwischen 7 und 10°C bewegt. Mithilfe eines Förderbrunnens wird dabei das Grundwasser zum Verdampfer der Wärmepumpe geführt und danach 3 bis 5 Grad kälter über einen Schluckbrunnen dem Erdreich zurückgeführt.

Sofern die Nutzung des Grundwassers nicht grundsätzlich verboten ist (z.B. in Wasserschutzgebieten), bedarf es der Genehmigung durch das Wasserwirtschaftsamt und die Gemeinde sowie im Einzelfall der Einhaltung zusätzlicher Auflagen. Ist die Wasserqualität nicht ausreichend genug, kann die Anlage verrockern oder korrodieren; ein zu hoher Partikelgehalt im Wasser kann zudem zum Verschleiß der Pumpe führen. Im Vergleich zu den anderen Wärmepumpentypen ist daher der Aufwand für Erschließungs- und Wartungsaufgaben bei Wasser-WP am Größten. Weiterhin kann zur Beförderung des Wassers aufgrund eines schwankenden Grundwasserspiegels eine höhere Pumpenleistung im Vergleich zu den Sole-Wasser-WP erforderlich sein, die einen stets konstanten Widerstand im SONDENSYSTEM überbrücken müssen.

Eine Wirtschaftlichkeit ist somit nur bei optimalen Bedingungen und bei der Versorgung größerer Objekte gegeben, was der Grund dafür ist, warum sich der Marktanteil der W/W-WP bisher nicht vergrößern konnte.

Luft/Wasser-Wärmepumpen (L/W-WP)

L/W-WP saugen über einen Ventilator Außenluft an und leiten diese an den Verdampfer der Anlage weiter. Sie können je nach Ausführung innerhalb oder außerhalb des zu versorgenden Gebäudes aufgestellt werden. Sogenannte Split-Systeme haben Komponenten, die sowohl innen als auch außen platziert werden.

Im Vergleich zu den beiden oben genannten Wärmepumpensystemen ist der Installationsaufwand bei L/W-WP gering. Da weder Erdarbeiten sowie Boden- und Grundwasseruntersuchungen noch Genehmigungsverfahren anfallen, beschränken sich Installationsaufwand und -kosten auf das Aufstellen bzw. das Montieren des Gerätes und den Anschluss an den Heizkreislauf. Auch die Grundstücksgröße spielt eine untergeordnete Rolle.

So positiv die Kostenbilanz von L/W-WP auf der Investitionsseite ausfällt, umso schlechter fällt sie hinsichtlich der Effizienz aus. Da der Wirkungsgrad von Wärmepumpen umso höher ist, je niedriger das Temperaturgefälle zwischen Wärmequelle und Heizkreis ausfällt, ist die Effizienz bei einer Luft-Wärmepumpe gerade dann am niedrigsten, wenn der Wärmebedarf am Größten ist: bei niedrigen Außentemperaturen. Je höher der Wärmebedarf aufgrund niedriger Außentemperaturen ist, umso mehr muss die Wärmepumpe daher per Heizstab elektrisch nachheizen, was sich sowohl auf der Kostenseite als auch auf Seiten der CO₂-Bilanz negativ niederschlägt. Die schlechte CO₂-Bilanz wird noch durch den Umstand verstärkt, dass der Strom in der kalten Jahreszeit überwiegend in Kohlekraftwerken erzeugt wird, wodurch er einen höheren CO₂-Faktor besitzt als zu anderen Zeiträumen.

Die Entwicklung und der aktuelle Stand der Wirkungsgrade der einzelnen Wärmepumpentypen werden im nachfolgenden Kapitel behandelt.

Sonstige WP-Typen

- Direktverdampfer (DV)

Die zu der Gruppe der Erdwärmepumpen gehörenden sogenannten Direktverdampfer verwenden ebenfalls Erdwärmekollektoren (meist aus Kupfer) als primäre Energiequelle. Der Unterschied zu den S/W-WP besteht darin, dass ein gemeinsames Medium sowohl auf Seite der Wärmequelle als auch auf Seiten des Arbeitsmediums genutzt wird. Das verwendete Kältemittel verdampft in den Erdreichkollektoren und wird im Kompressor wieder verdichtet. Durch die Verwendung nur eines Mediums entfallen die in herkömmlichen Systemen verbauten Wärmetauscher sowie die Umwälzpumpe für das Solemedium. DV sind daher in der Regel effizienter, aufgrund des großen Kältekreislaufs aber auch störanfälliger [Hoffmann 2010]. Bei einer Leckage im Erdreich kann

28.02.2013

Kältemittel direkt in den Naturkreislauf gelangen. Aufgrund ihrer geringen Marktrelevanz von unter 2 % [BWP 2010a] werden die DV in diesem Bericht nicht weiter berücksichtigt.

- Luft/Luft-WP (L/L-WP)

L/L-WP sind Klein-Wärmepumpen, die in Gebäuden mit sog. kontrollierter Wohnungslüftung, also Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung (WRG, siehe Kapitel 5.4.2), integriert sind. Sie kommen in der Regel bei Gebäuden mit einem Wärmebedarf von unter 10 W/m², also Niedrigenergie- und Passivhäusern, zum Einsatz. L/L-WP sind den Wärmetauschern der WRG nachgelagert, entziehen der Abluft des Wärmetauschers nochmals etwas Energie und führen diese der Zuluft zu. Auf diese Weise wird die Effizienz der WRG nochmals gesteigert.

Eine JAZ über 3 wird dennoch nur mit zusätzlichem technischem Aufwand wie z. B. einem Erkwärme Kollektor, durch den die Außenluft vorgewärmt wird, erreicht [Auer, F. 2008]. L/L-WP sind (neben Lüftungsanlagen mit reiner WRG) bisher die einzige Lösung am Markt, die sich für den geringen Wärmebedarf von Niedrigenergie- und Passivhäusern eignet. Mit einer steigenden Nachfrage nach Alternativen mit einer Maximalheizleistung unter 4 kW ist daher in den kommenden Jahren unserer Einschätzung nach zu rechnen.

Technologieentwicklung

Der entscheidende Faktor für Wirtschaftlichkeit und klimarelevante Auswirkung des Betriebs einer Wärmepumpe ist ihre Effizienz, also ihre Fähigkeit, mit dem Einsatz von möglichst wenig Strom oder Gas möglichst viel Wärme zu produzieren. Es existieren zwei Kennzahlen, um die Effizienz einer WP messtechnisch zu ermitteln:

- Leistungszahl (engl. „coefficient of performance“) (COP)
- Arbeitszahl (AZ) / Jahresarbeitszahl (JAZ)

Beide Zahlen beschreiben das Verhältnis zwischen nutzbarer, an den Heizkreis abgegebener Wärmeenergie und eingesetzter Leistung bei unterschiedlichen Bedingungen. Der COP bewertet die Effizienz einer Wärmepumpe unter normierten Prüfbedingungen und ermöglicht es daher die Effizienz von WP-Geräten, unabhängig von Randparametern, wie Heizungssystem, Aufstellungsort oder Außentemperatur direkt miteinander zu vergleichen. Will man Aussagen über die Effizienz eines Heizungssystems unter Realbedingungen, also unter Beeinflussung der Aufstellungsort-spezifischen Randbedingungen treffen, muss man die AZ betrachten. Die AZ beschreibt das Effizienzverhalten unter Realbedingungen über einen bestimmten Zeitraum. Umfasst dieser Zeitraum ein Jahr spricht man von der Jahresarbeitszahl (JAZ).

COP

Die Ermittlung des COP für die jeweiligen Geräte erfolgt in speziellen Testzentren, die sich auf die Prüfung von WP spezialisiert haben. Eines davon ist das

Wärmepumpentestzentrum (WPZ) an der Interstaatlichen Hochschule für Technik NTB in Buchs in der Schweiz (CH), das die Entwicklung der COP von Sole- und Luft-Wasser-WP seit 1992 anhand der dort geprüften Anlagen in einem jährlichen Bericht veröffentlicht. In der folgenden Abbildung sind die Mittelwerte der dort gemessenen Anlagen seit 1993 dargestellt. Seit 2005 erfolgt die Geräteprüfung nach der neuen Norm EN 14511, welche einen anderen Normpunkt gegenüber der bis dahin geltenden EN 255 zugrunde legt. Um die Vergleichbarkeit der Daten im Sinne einer Betrachtung der Effizienzentwicklung zu gewährleisten, wurden die COP-Messwerte für die oben dargestellte Vergleichsgrafik nach der alten EN ermittelt.

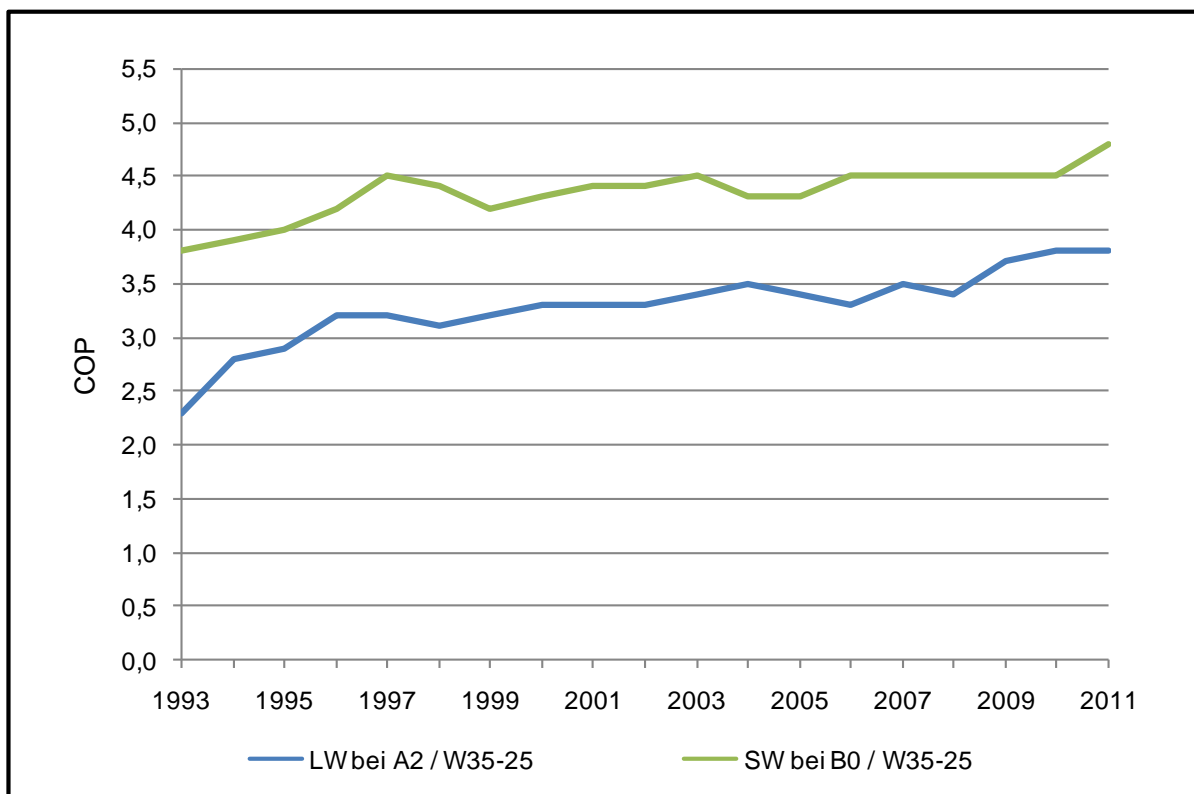


Abbildung 43: COP-Entwicklung beim Normpunkt 1993 bis 2011

[BfE 2009, BfE 2011]

Bei S/W-WP ist eine stetige Effizienzverbesserung von einem COP im Mittel von 3,8 in 1993 bis 4,5 in 2003 zu erkennen. Seitdem ist keine Verbesserung mehr festzustellen. L/W-WP verzeichnen demgegenüber in 2009 ein Anstieg von rund 6 % zum Vorjahr. Von 1993 bis 2004 haben sie sich kontinuierlich von 2,3 auf 3,4 verbessert und stagnierten bis 2008 annähernd bei diesem Wert. 2009 ist wieder ein Effizienzanstieg zu verzeichnen. Es wurde erstmals eine mittlere Leistungszahl von 3,6 erreicht.

Zudem wurde von zwei Geräten erstmals ein COP von 4 überschritten, kein Gerät lag unter 3. Die höchste erreichte Leistungszahl war 4,4, die niedrigste 3,2. 2010 ist nochmals ein leichter Anstieg zu erkennen. Die mittlere Leistungszahl lag 2010 bei 3,7. Zwei Geräte konnten einen COP von 4,4 überschreiten, keine L/W-WP lag unter 3,2. Der erkennbare leichte Effizienzanstieg könnte als ein Indiz für eine erste

28.02.2013

Reaktion der Branche auf die geforderten JAZ in Gesetz und MAP gewertet werden. Das Jahr 2011 zeichnet sich vor allem durch eine Effizienzverbesserung bei den Erdwärmepumpen ab: Der mittlere COP lag bei 4,9. Besonders erwähnenswert ist hier, dass die Streuung der Messwerte deutlich geringer ausfiel als in den Vorjahren. Die Messwerte verteilen sich auf den Bereiche zwischen 4,5 und 5,1. Keine erkennbare Verbesserung gab es hingegen bei den L/W-WP. Hier liefern die Messungen ebenso wie im Vorjahr einen mittleren COP von 3,8 bei einer vergleichbaren Streuung.

JAZ

Die JAZ einer WP ist ausschlaggebend dafür, ob das Gerät durch das EEWärmeG anerkannt wird und ob es im Rahmen des Marktanzreizprogramms gefördert werden darf. Die JAZ-Grenzwerte für das EEWärmeG sind in der folgenden Tabelle 10 aufgelistet.

Tabelle 10: JAZ-Grenzwerte des EEWärmeG
[eigene Darstellung]

L/W-WP und L/L-WP*		Alle anderen WP*	
Ohne Warmwasser-Bereitun- g	Mit Warmwasser- Bereitung durch die WP oder wesentlich durch andere erneuerbare Energie	Ohne Warm- wasser- Bereitung	Mit Warmwasser-Bereitung durch die WP oder wesentlich durch andere erneuerbare Energie
3,5	3,3	4	3,8

* bei Einsatz der Wärmepumpe aufgrund einer Nutzungspflicht des EEWärmeG in einem grundlegend renovierten öffentlichen Gebäude gilt eine um jeweils 0,2 ermäßigte JAZ.

Um aussagekräftige Zahlen zur Entwicklung der JAZ sowie deren aktuellen Stand zu erhalten, muss auf die Ergebnisse verschiedener Feldtests zurückgegriffen werden.

Eine Untersuchung im Auftrag des Schweizer Bundesamtes für Energie BfE von 48 Luft-Wasser- sowie 80 Sole-Wasser-Wärmepumpen in den Jahren 1995 bis 2005 hat für Luft-Wasser-WP eine durchschnittliche JAZ von 2,7 im besten Fall (2007) und für Sole- Wärmepumpen einen in den letzten Jahren konstanten JAZ-Verlauf zwischen 3,6 und 3,8 ergeben. Weitere Feldtests von E.ON, dem Hessischen Wirtschaftsministerium, dem Infozentrum Wärmepumpen und Kältetechnik und der Gruppe „Lokale Agenda 21 Lahr“ haben ergeben, dass keine Luft-WP eine JAZ von 3 und keine Sole-WP den JAZ-Wert 3,7 übertroffen hat. Aktuelle Untersuchungen des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme (ISE) an rund 150 Wärmepumpen im Zeitraum Juli 2007 bis Juni 2009 bestätigen diese Werte und zeigen den deutlichen Unterschied zwischen Neubau und Bestand. Mittlerweile liegen für den

Neubaubereich aktuellere Zahlen für 2010 vor, die sich jedoch von den unten dargestellten nicht unterscheiden.

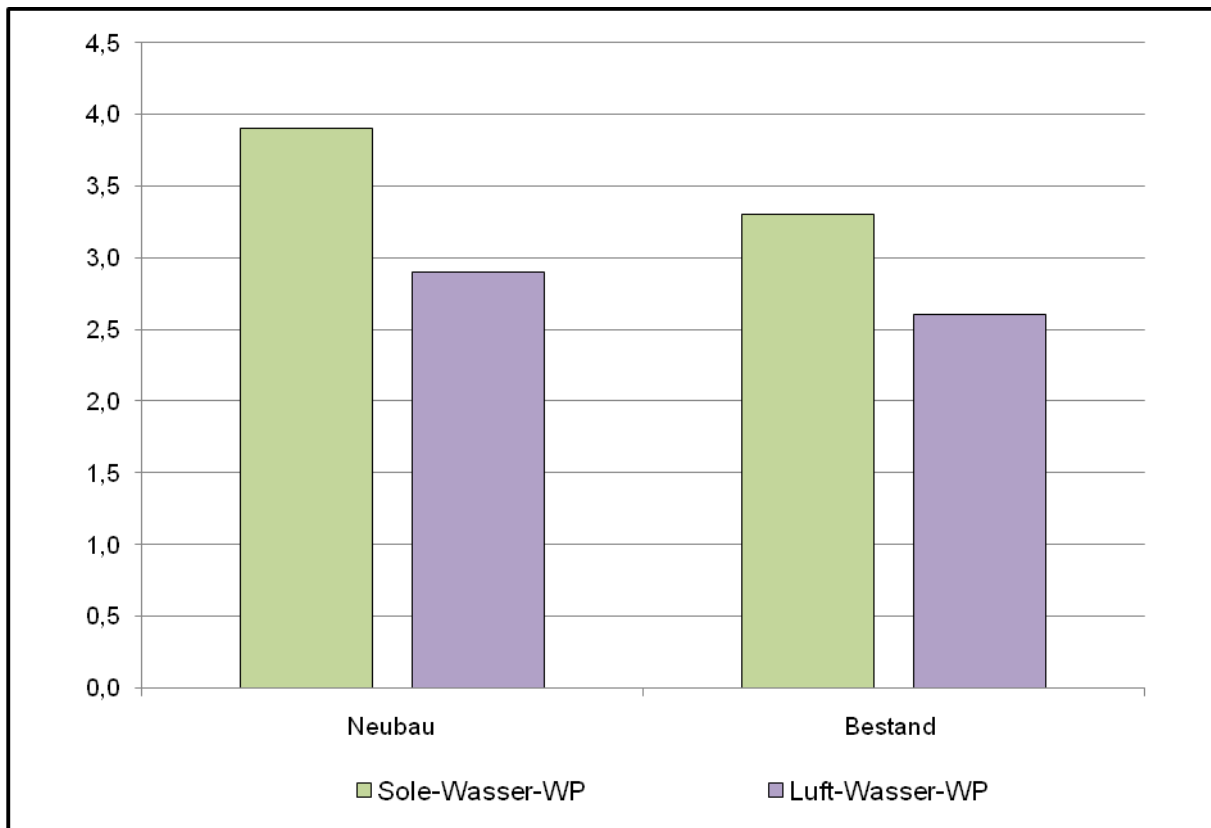


Abbildung 44: Gemessene JAZ des Fraunhofer-ISE 07/2007 bis 06/2009
[ISE 2010/ISE 2011a]

2011 ist nur eine leichte Effizienzsteigerung bei beiden WP-Systemen um 0,1 bzw. 0,2 zu erkennen: Bei 25 ausgewerteten L/W-WP lag die mittlere JAZ bei 3,1; bei 28 ausgewerteten S/W-WP bei 4,0 [ISE 2012].

Marktentwicklung

Der Wärmepumpenmarkt in Deutschland wird durch sechs Firmen geprägt, deren Anteile sich jedoch in den verschiedenen Handwerksbereichen unterschiedlich darstellen. Insbesondere im Sanitär-, Heizungs- und Klimahandwerk existiert eine Vielzahl kleinerer Unternehmen mit regionalen Vertriebsstrukturen, während sich der Markt im Elektrohandwerk zu über drei Viertel auf drei Firmen konzentriert. Die Anteile der einzelnen Marktakteure ist in Abbildung 45 dargestellt.

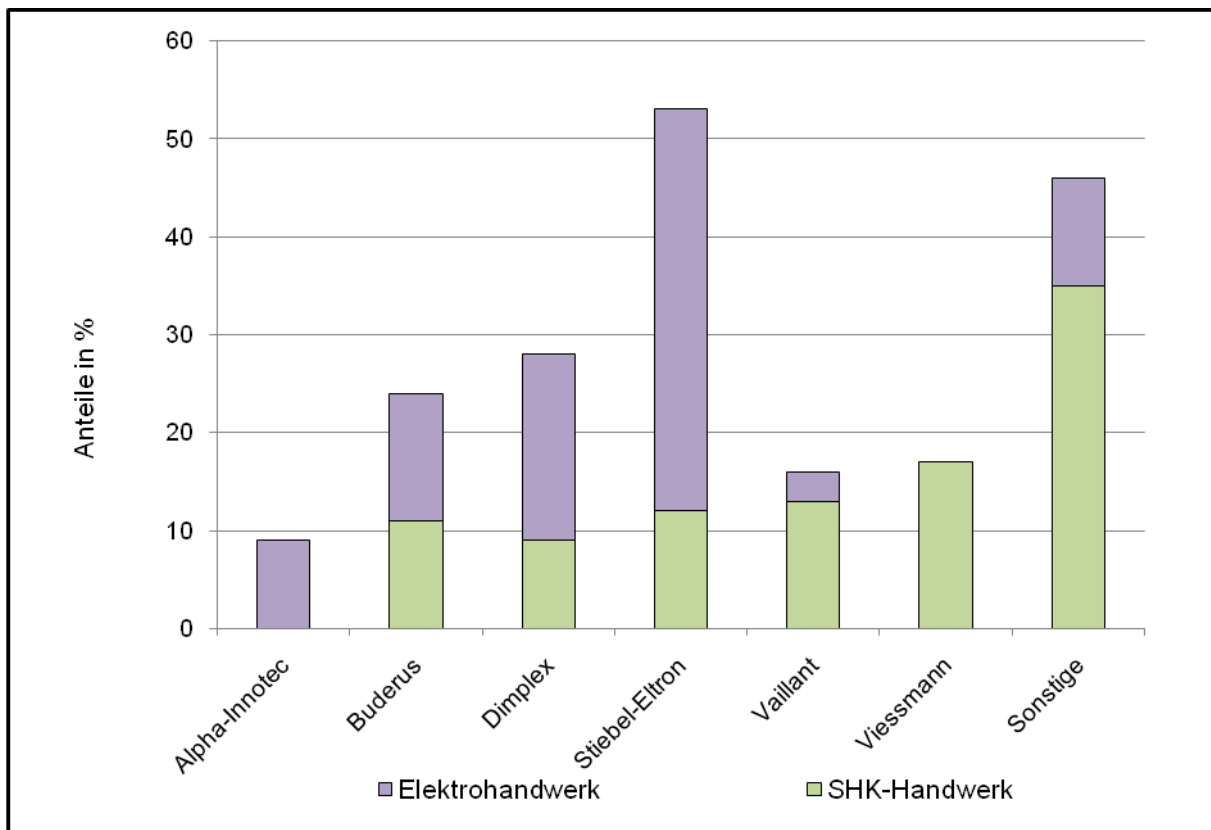


Abbildung 45: Marktanteile der Hersteller im Wärmepumpenmarkt 2008
[GZB 2010]

Aus der Verteilung der Anteile ist zu erkennen, dass die Fachhandwerker der jeweiligen Handwerksbereiche auf die Anbieter zurückgreifen, die dort als Anbieter von traditionellen Wärmeerzeugern (Öl- und Gas- bzw. Elektroheizungen) etabliert sind [GZB 2010].

Ein Großteil der WP-Anbieter ist im Bundesverband Wärmepumpe organisiert (650 Mitglieder [BWP 2011e]). Zahlen über deutsche WP-Anbieter außerhalb des BWP liegen uns nicht vor.

Im Bereich der Großwärmepumpen $100 \text{ kW}_{\text{th}}$ bis $1.500 \text{ kW}_{\text{th}}$ sind momentan 14 Firmen aktiv (Stand 2008). Hauptwärmequelle ist hier überwiegend industrielle Abwärme (siehe Kapitel 5.4.1) bis max 35°C . Abwasser gewinnt als Wärmequelle zunehmend an Bedeutung. Die maximal bereitzustellende Nutzttemperatur von Großwärmepumpen liegt bei 75°C . Großtechnische WP-Anlagen sind in der Regel individuell geplant und ausgelegt. Standardisierte Anlagen werden zunehmend angeboten, müssen aber ebenfalls individuell in bestehende Prozesse integriert werden [Lambauer et al. 2008].

Die Investitionskosten für Wärmepumpen halten sich im Betrachtungszeitraum 2007 bis 2011 in der Gesamtbetrachtung auf etwa gleichem Niveau. Betrachtet man die einzelnen Typen, so ist zu erkennen, dass die stark nachgefragten Luft-Wasser-WP in den Investitionskosten real angestiegen sind. Sole-Wasser- und Wasser-Wasser-

WP sind dagegen über die Jahre günstiger geworden oder haben das Niveau gehalten (siehe folgende Tabelle).

Tabelle 11: Preisentwicklung der elektrischen Wärmepumpentypen 2000 bis 2011 (Mittlere Investitionskosten in € pro kW)

[eigene Darstellung]

WP-Typ	2000	2007	2008	2009	2010	2011
L/W	1.757	1.743	1.729	1.865	1.925	2.093
S/W	2.049	2.137	2.032	2.121	2.061	1.676
W/W	1.701	1.715	1.670	1.783	1.735	1.111

Bei den nachfolgend nicht aufgeführten Gas-Wärmepumpen sind bei allen Typen deutliche Preissenkungen zu verzeichnen.

Förderung

Aktuell gibt es in Deutschland zwei bundesweit wirksame Fördermaßnahmen, durch die Investitionsanreize für WP forciert werden sollen:

1. Das Marktanreizprogramm für Erneuerbare Energien im Wärmemarkt des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU); verwaltet vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA).
2. Zuschüsse und Darlehen zur energetischen Gebäudesanierung im Rahmen der Förderprogramme der KfW-Bank.

Zusätzliche Förderprogramme einzelner Bundesländer, Kommunen und Energieversorger werden in diesem Bericht nicht betrachtet.

Marktanreizprogramm (MAP)

In 2008 wurden von etwa 35.000 Anträgen insgesamt 17.504 Anlagen nach dem MAP gefördert. Davon waren 57 % aller geförderten Anlagen Sole-Wasser-WP. Der Anteil der L/W-WP lag bei 33 %, der der Wasser-Wasser-WP bei 10 %. 70 % der geförderten S/W-WP, jedoch nur 30 % der Luft-Wasser-WP wurden im Neubau installiert. Bei W/W-WP waren es 50 %. Insgesamt wurden 28 % aller verkauften Anlagen durch das MAP gefördert. Der Anteil der nicht geförderten L/W-WP war dabei mit 79 % deutlich höher als der der S/W- und W/W-WP mit 67 % und 61 %. Das Gesamtfördervolumen für WP durch das MAP lag 2008 bei rund 52,5 Mio. Euro [BAFA 2009b].

In 2009 wurden vom BAFA insgesamt 28.305 WP zur Förderung durch das MAP genehmigt. Dies entspricht einer Steigerung von über 60 % gegenüber dem Vorjahr. Über 50 % aller verkauften Geräte sind somit in diesem Jahr durch das MAP gefördert worden. Der Anteil der Sole-WP lag bei knapp 52 % der geförderten WP. L/W- und W/W-WP lagen bei 39 % bzw. 9 %. 62 % aller geförderten L/W-WP kamen im Bestand zum Einsatz, während bei den Sole-WP ein fast gleicher Anteil (64 %) im 28.02.2013

Neubau installiert wurde. Bei W/W-WP lag die Verteilung Neubau zu Bestand bei annähernd 40:60. Weiterhin wurden insgesamt 62 G-WP gefördert, wovon 33 im Neubau und 29 im Bestand zum Einsatz kamen. Gefördert wurden zudem 45 nicht näher definierte WP der Klassifizierung „Sonstige“. Das Gesamtfördervolumen für WP durch das MAP lag 2009 bei rund 70,3 Mio. Euro [BAFA 2010b].

Die Verteilung der in den Anträgen angegebenen JAZ ergab sich wie in Tabelle 12 dargestellt:

Tabelle 12: Durchschnittliche JAZ in MAP-Anträgen 2009 [BAFA 2010b]

	Bestand	Neubau
Sole-Wasser-WP	4,33	4,49
Wasser-Wasser-WP	4,72	4,98
Luft-Wasser-WP	3,54	3,68

2010 wurde das MAP zeitweise ausgesetzt (03. Mai bis 12. Juli 2010) und danach mit veränderten Konditionen weitergeführt. Seit der Aussetzung wurden keine WP im Neubau mehr gefördert. Insgesamt wurden in 2010 22.496 WP mit insgesamt 53,4 Mio. Euro durch das MAP gefördert. 44 % aller verkauften WP haben somit eine Förderung erhalten. Der durchschnittliche Förderbetrag lag bei annähernd 2.400 Euro. 54 % der geförderten Anlagen waren S/W-WP; 37 % L/W-WP und 9 % W/W-WP. Erstmals wurden mehr L/W-WP (56 %) im Neubau als im Bestand gefördert, trotz Förderstopp für den Neubau ab Mai 2010. 71 % der geförderten S/W-WP kamen im Neubau zum Einsatz; bei den W/W-WP waren es 46 %. Weiterhin wurden 140 WP der Klasse "Sonstige" sowie 28 Gas-WP durch einen Förderbetrag unterstützt. Die Verteilung von Gas-WP in Neubau und Bestand lag bei bei 64:36 [BWP 2011c].

Aufgrund der seit Mai 2010 ausgesetzten Förderung im Neubaubereich fällt die Anzahl der Förderanträge in 2011 deutlich geringer aus als in den Vorjahren.

Im Jahr 2011 wurden nach Angaben des BAFA rund 5.750 Wärmepumpen mit rund 14,2 Mio. Euro im Rahmen des MAP gefördert. Die Förderung hat ein Investitionsvolumen von 111,3 Mio. Euro ausgelöst [BMU 2012]. Dies entspricht einem geförderten Anteil von annähernd 10% aller verkauften WP. Der durchschnittliche Förderbetrag lag dabei bei rund 2.500 Euro.

Die Anzahl der in 2011 geförderten WP im Neubau beläuft sich auf rund 940 Geräte, darunter fallen aber auch Anträge die bereits vor Mai 2010 gestellt wurden. 46 % aller geförderten Anlagen waren S/W-WP; 41 % L/W-WP und 13 % W/W-WP. Zusätzlich wurden 19 Geräte in der Klasse „Sonstige“ sowie 37 Geräte der Klasse

Direktverdampfer gefördert. Die Anzahl der geförderten Gas-WP beträgt 22 [BAfA 2012].

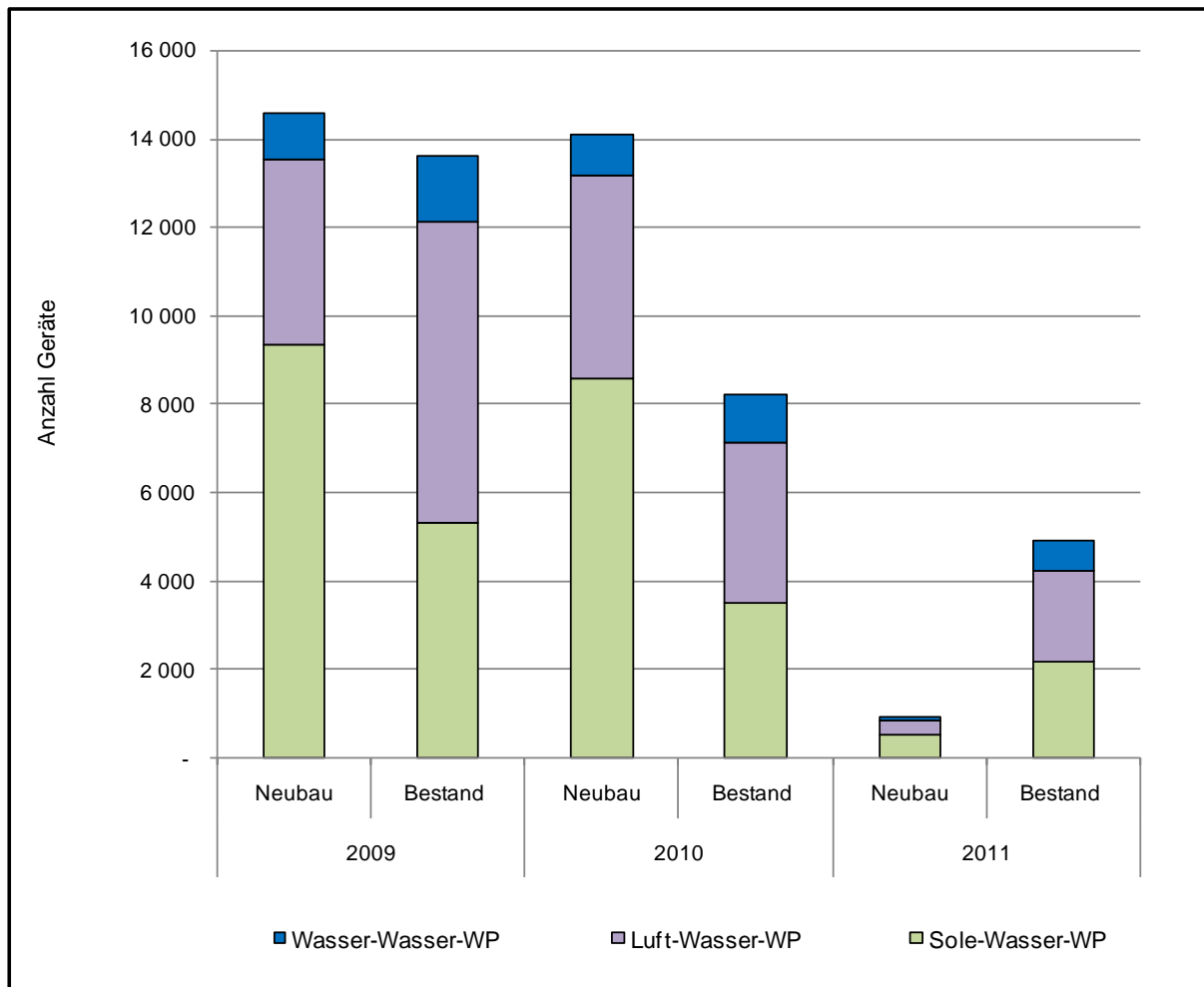


Abbildung 46: Verteilung der geförderten Elektro-Wärmepumpen 2009-2011 [BAFA 2010b / BWP 2011c / BAfA 2012]

KfW – Förderprogramme für Wärmepumpen

Der Einsatz von Wärmepumpen wird derzeit auch durch verschiedene KfW-Programme gefördert. Diese Programme richten sich an Träger von Investitionsmaßnahmen, an selbstgenutzten und vermieteten Wohngebäuden sowie Ersterwerb von neu sanierten Wohngebäuden / Eigentumswohnungen.

Das KfW-Programm „Energieeffizient Sanieren“ z.B. fördert die Altbausanierung (Wärmedämmung, neue Fenster, Heizung) auf Neubau-Niveau nach der EnEV oder einem effizienteren Standard im Rahmen von frei wählbaren Maßnahmen, wie u.a. die Installation einer Wärmepumpe mit einem Kredit oder einem Zuschuss.

Mit dem Programm „Energieeffizient Bauen“ wird die Errichtung, Herstellung oder der Ersterwerb von KfW Energieeffizienzhäusern 55 und -70 und von Passivhäusern in Form eines Kredites gefördert. Dies kann auch die Wärmepumpe beinhalten.

Desweiteren besteht eine Fördermöglichkeit in Form eines Darlehens von WP im Rahmen des Programms „Wohnraum Modernisieren“, welches einzelne Modernisierungs- und Instandsetzungsarbeiten an Wohngebäuden sowie altersgerechte Umbaumaßnahmen umfasst.

Im Rahmen der finanziellen Unterstützung durch die KfW-Förderprogramme wurden von 1990 bis August 2009 rund 28.700 Maßnahmen mit dem Verwendungszweck „Wärmepumpe“ gefördert, wobei davon der Großteil mit rund 25.700 WP nach 2004 gefördert wurde. Dabei lagen die durchschnittlichen Fördermittel (einschließlich Darlehenssumme) pro Maßnahme bei ca. 20.500 Euro [GZB 2010].

5.3.2 Tiefengeothermie Technologieentwicklung

Während die oberflächennahe Geothermie in Bereich der Erde bis maximal 400 m Tiefe vordringt und weiterhin den Einsatz von WP für die energetische Nutzung der Wärme benötigt, umfasst die Tiefengeothermie Systeme, bei denen die geothermische Energie über Tiefbohrungen erschlossen wird und deren Energie direkt (d.h. ohne Niveauanhebung) genutzt werden kann [BMU 2009d]. Allgemein üblich sind allerdings Bohrungen von mehr 1.000 Meter Tiefe und Temperaturniveaus von deutlich größer 60°C. Einen Sonderfall stellen Bereiche mit aufsteigenden Thermalwässern dar.

Die nachfolgenden drei Systeme sind der Tiefengeothermie zuzuordnen und werden über ihre Enthalpie (den Wärmeinhalt) klassifiziert [BMU 2009d]:

Hydrothermale Systeme mit niedriger Enthalpie:

- Überwiegend Nutzung des im Untergrund vorhandenen Wassers;
- erfolgt meist direkt (ggf. über Wärmetauscher), zur Speisung von Nah- und Fernwärmenetzen, zur landwirtschaftlichen bzw. industriellen Nutzung oder für balneologische Zwecke;
- ab ca. 100°C ist eine Verstromung möglich.

Hydrothermale Systeme mit hoher Enthalpie:

- Nutzung von Dampf- oder Zweiphasensystemen zur Stromerzeugung;
- in Deutschland nicht vorhanden.

Petrothermale Systeme:

- Überwiegend Nutzung der im Gestein gespeicherten Energie
- Beispiele für diese Nutzungssysteme sind:
 - Hot-Dry-Rock-Systeme (HDR): Es handelt sich hierbei um eine Energiegewinnung aus dem Gestein selbst, die somit also weitgehend unabhängig von Wasser führenden Strukturen ist. Das heiße Gestein wird dabei als Wärmetauscher genutzt. HDR-Systeme werden primär zur Stromerzeugung eingesetzt.

- Tiefe Erdwärmesonden (EWS): Hierunter wird die Energienutzung aus einer beliebigen Gesteinsabfolge mit geschlossenem Kreislauf des Wärmeträgermediums in der Sonde verstanden. Sie dient lediglich der Wärmeversorgung.
- Ein weiterer Bereich der tiefen Geothermie ist die Nutzung der geothermischen Energie aus Bergwerken, Kavernen, Tunneln sowie die Speicherung von Energie in hydro- oder petrothermalen Systemen.

Die Entwicklung der Technologie in Bezug auf Fernwärmenutzung ist nachfolgend in einem Abriss unter Nennung wesentlicher Entwicklungen gelistet:

1984	Erstes geothermisches Heizwerk zur Fernwärmeversorgung in Waren / Müritz (DDR)
1994	Erstes geothermisches Heizwerk der Bundesrepublik (Neustadt-Glewe)
1994	Erste Tiefe Erdwärmesonde (Prenzlau)
1995ff	Erfolgreicher Aufbau eines unterirdischen Wärmetauschers und erfolgreiche Zirkulationstests in der HDR-Technologie (Europäisches HDR-Projekt, Soultz-sous-Forêts)
1997	Erstmals abgelenkte Bohrung in einem deutschen Geothermieprojekt (Straubing)
1998	Erstes geothermisches Heizwerk in der süddeutschen Molasse (Erding)
1999	Erste Dublette in der süddeutschen Molasse (Straubing)
2003	Erstes deutsches Niedertemperatur-Heizkraftwerk (Neustadt-Glewe), Geothermie, Einbindung der Erzeugung in eine bestehende Fernwärmeversorgung
2007	Inbetriebnahme erstes geothermisches Heizkraftwerk mit neugeschaffenem untertägigen System (Landau / Pfalz)
2009	Baubeginn am ersten petrothermalen Einbohrloch-Hochtemperatur-Wärmeversorgungssystems „GeneSys“ (BGR, Hannover)
2009	Pilotbetrieb des ersten Niedrigtemperatur-Kraftwerks im deutsch-österreichischen Fernwärmeprojekt Simbach/Braunau

Marktentwicklung

Der Zubau an Tiefengeothermieanlagen ist stark von den Förderrahmenbedingungen abhängig, da die Kosten für Testbohrungen (Fündigkeitsrisiko) und die Exploration recht hoch sind. So sind die Investitionskosten mitunter für die Wirtschaftlichkeit der Anlage wesentlich, nicht aber für den Absatzpreis. Da Fernwärme (und damit die Wärme aus Tiefengeothermieanlagen) keine der später diskutierten Vergleichsoptionen in der Wirtschaftlichkeitsrechnung darstellt, wird an dieser Stelle kurz auf die Kosten einer Tiefengeothermieanlage eingegangen, um den Rahmen für künftige Marktentwicklungspotenziale zu umreißen.

Tiefengeothermieanlagen setzen sich aus mehreren Hauptkomponenten zusammen, die jeweils wieder unterschiedlich stark die Kosten einer Anlage bestimmen.

28.02.2013

Nachfolgend sind für die Komponenten Bohrung, Wärmenetz und Kraftwerk jeweils aktuelle Kostenrahmen genannt. Letztere hängen von einer Vielzahl von Parametern ab.

Für Tiefen von 3.000 bis 5.000 Metern, in denen sich die heutigen Projekte der Tiefengeothermie gewöhnlich abspielen, liegen die Preise nach Erfahrungen bei etwa 1.600 € bis 2.000 € pro Meter Bohrung.

Geothermische Wärmenetze werden auf unterschiedlichen Temperaturniveaus betrieben. Die Kosten für Wärmenetze sind dabei abhängig von der Anschlussdichte der Verbraucher und der Komplexität der Errichtung (z.B. Verlegung in komplett neuer Trasse oder im Bestand). Die Bandbreite der Kosten liegt hier bei 400 bis 700 Euro je Meter Trassenlänge für eine heutige Anlage.

Gesamtkosten einer Tiefengeothermieanlage

Aus den der Literatur entnommenen Daten für Anlagen mit mindestens zwei Tiefbohrungen (Dublette) lassen sich folgende Kosten erschließen:

- Exploration: 1 – 3.5 Mio. EUR
- Bohrungen: 12 – 33 Mio. EUR
- Versicherung: 0.5 – 7 Mio. EUR
- Obertätiges Kraftwerk 3 – 5 MW: 10 – 16 Mio. EUR
- Obertägige Heizzentrale: 5 – 12 Mio. EUR
- Fernwärmenetz: 15 – 40 Mio. EUR

Die Gesamtkosten für eine KWK-Anlage mit 4 MW_{el} beginnen bei

- hydrothermalen Anlagen ab ca. 50 Mio. EUR und
 - petrothermalen Anlagen ab ca. 60 Mio. EUR
- zuzüglich dem Wärmenetz.

Die Kosten für den End-Wärmeverbraucher beziehen sich jedoch nur auf die Übergabestation und die mit der Installation in Bezug stehenden Kosten sowie die laufenden Kosten aus Grund- und Arbeitspreis, entsprechend anderen Fernwärmeversorgungen. Grund- und Arbeitspreis sind dabei aber nicht von den Erschließungs- und Betriebskosten der Tiefengeothermieanlage abhängig, sondern entsprechen den spezifischen Kosten einer im Versorgungsgebiet bisher üblichen Anwendung, wie z.B. Ölheizung. Entsprechend schwanken die Preise zwischen den Versorgungsgebieten.

Mitunter ist aufgrund dieser ökonomischen Rahmenbedingungen der Ausbau größerer Anlagen oft nur in Verbindung mit der EEG-Förderung wirtschaftlich interessant. Demnach sind es gerade KWK-Anlagen, die vorrangig Strom erzeugen und lediglich die restliche Wärme über ein Wärmenetz verkaufen, die zugebaut werden. Eine Darstellung der Entwicklung des Zubaus an thermischer Leistung ist in Abbildung 10 zu finden.

28.02.2013

Förderung

Für die Endverbraucher bezieht sich die Förderung lediglich auf die Übergabestation. Die Wirtschaftlichkeit der Wärmeversorgung ergibt sich jedoch durch die Investitions- und Betriebskosten bezogen auf die absetzbare Wärme gegenüber einer im Versorgungsgebiet üblichen Versorgung. Nur wirtschaftlich rentable Projekte werden in Angriff genommen. Förderungen in diesem Segment können entsprechend die Gestehungskosten beeinflussen, weshalb sie nachfolgend kurz dargestellt sind.

Der Ausbau von Geothermieranlagen wird derzeit wesentlich durch drei Instrumente gefördert:

Im Rahmen des EEG wird der Strom aus Geothermie mit einer Einspeisevergütung von 25 ct/kWh gefördert und liegt damit teils deutlich höher, als die bisherige Vergütung. Bisherige Technologieboni oder Wärmeauspeisungsboni wurden dafür mit der EEG-Novelle nicht mehr übernommen oder weiterentwickelt.

Da das EEG das hohe Fündigkeitsrisiko nicht ausgleichen kann, wurden über das MAP ergänzende Förderungen initiiert.

Seit 1999 werden Geothermieranlagen mittels zinsgünstigen Darlehen und Tilgungszuschüssen im MAP gefördert. Bis Ende 2011 wurden 28 Vorhaben mit Darlehnszusagen in Höhe von rund 78 Mio. Euro unterstützt [KfW 2011, BMU 2012]. Gefördert werden:

- Die Errichtung der Tiefengeothermieranlage („Anlagenförderung“) Die Realisierung der Förder- und Injektionsbohrung („Bohrkostenförderung“) sowie unvorhergesehene Mehrkosten gegenüber der Bohrplanung („Mehraufwendungen“)
- Die Reduzierung des Fündigkeitsrisikos durch Haftungsfreistellungen für bis zu 80 % der Bohrkosten („Kreditprogramm Fündigkeitsrisiko“)

Im Rahmen des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG) wird über die Nutzungspflicht von Erneuerbaren Energien im Neubau der Ausbau angestoßen bzw. beschleunigt. Inwieweit hierdurch bereits Anreize zum Ausbau initiiert wurden, kann derzeit noch nicht bewertet werden, da diese Anlagen im Wettbewerb mit den übrigen Optionen zur Erfüllung der Nutzungspflicht des EEWärmeG stehen und aufgrund der langen Vorlaufzeiten bei Geothermievorhaben bisher Erfahrungen fehlen.

5.4 Abwärmenutzung

5.4.1 Abwärme-Wärmepumpen

Technologie

Wärmepumpen, welche Abwärme aus Abluft, Abwasser oder von Prozessen (Wasser/Wasser oder Luft/Wasser) nutzen, entsprechen in ihrer Arbeitsweise und im Aufbau den unter Kapitel 5.3.1 beschriebenen Wärmepumpen. Je nach Temperaturniveau sind u. U. jedoch andere Kältemittel im Einsatz.

Marktentwicklung

Im privaten Bereich spielt Abwärme – mit Ausnahme bei der Wohnungslüftung (siehe Folgekapitel) - keine große Rolle. Die Nutzung erfolgt vornehmlich in der Industrie (Kraftwerken, Kühlanlagen, Druckluft), Gewerbe (Nutzung der Abwärme von Servern), öffentlichen Bereichen (Schwimmbädern) oder in der Landwirtschaft (Abwärme aus Zucht- und Stallanlagen).

Abwasserwärmepumpen finden nur in großen Gebäuden oder bei der Nutzung des Abwassers der Kanalisation einer Gemeinde Anwendung, da ansonsten die Wärmemengen zu gering sind und die Wirtschaftlichkeit nicht gegeben ist. Die Abwassertemperatur bewegt sich dabei im Jahr zwischen 10°C bis 20°C und stellt daher eine geeignete Quelle für den effizienten Betrieb einer Wärmepumpe dar. Gemäß dem BWP gilt die Technik als erprobt [BWP 2005].

Als Beispiele werden u. a. genannt:

- Versorgung des Rathauses und anderer öffentlicher Gebäude der Stadt Waiblingen aus der Abwärme der Kläranlage bereits seit 1986,
- seit 2003 Versorgung des Gründerzentrums in Singen durch Abwasserenergie,
- Vattenfall versorgt innerhalb eines Pilotprojekts seit 2006 eine Schul- und Vereinssporthalle in Berlin Kreuzberg mit Wärmeenergie aus dem Abwasser,
- Siedlung Wässerwiesen in Winterthur [SGT 2009],
- Baden-Württemberg setzt derzeit Anreize, um den Ausbau im Land voran zu treiben: über das Klimaschutz-Plus-Förderprogramm werden je eingesparter Tonne CO₂ ein Betrag von 50 Euro ausgezahlt [EUWID 2010].

Abwasser-WP können sowohl für die Brauchwassererwärmung als auch für die Gebäudeheizung von großen Gebäuden oder Siedlungen eingesetzt werden. Häufig versorgen sie über einen Nahwärmeverbund gleich mehrere Gebäude. Die WP erreichen dabei Nutzttemperaturen von bis zu 70 °C und können in Kombination mit einem Heizkessel selbst dort eingesetzt werden, wo höhere Temperaturen gefragt sind.

Für die Nutzung von Abwasser aus den Kanälen wird dabei ein Wärmetauscher in Form einer Rinne in den Kanal integriert oder bei einer Kläranlage aus der Wärme des gereinigten Abwassers gewonnen.

Für die Energiegewinnung aus Abwasser kommen drei Standorte in Frage [BWP 2005]:

- Gebäude, die einen hohen und konstanten Abwasseranfall aufweisen (beispielsweise Krankenhäuser, Industriebetriebe, Hallenbäder) können die Abwasserwärme innerhalb des Gebäudes zurückgewinnen.
- Kanalisation: Die Wärmeabgewinnung aus Rohabwasser in größeren Abwasserkanälen oder Abwasser-Druckleitungen bringt den Vorteil, dass ausreichende und kontinuierliche Wassermengen zur Verfügung stehen. Diese Art der Abwasserwärmenutzung weist das größte Potenzial auf, da sich die meisten größeren Bauten inmitten von Siedlungsgebieten befinden, die mit einem dichten Kanalisationsnetz überzogen sind.
- Kläranlage: Bei diesem System wird die Energie aus gereinigtem Abwasser gewonnen. Dies vereinfacht die technische Konzeption der Wärmeentnahme. Der Anwendung sind allerdings räumliche Grenzen gesetzt, weil die Kläranlagen oft vom Siedlungsgebiet und damit von den Energienutzern zu weit entfernt liegen.

Statistiken zu Anzahl und Preisen liegen bis dato nicht vor.

Förderungen

Derzeit sind keine Förderprogramme speziell für große Abwärme-WP in der Industrie oder für Abwasser-WP bekannt. Jedoch bietet u.U. das ERP-Umwelt- und Energieeffizienzprogramm für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) eine Möglichkeit auf zinsgünstige Darlehen. Außerdem sind seit dem 15. März 2011 im Rahmen des MAP größere WP ab 100 kW thermischer Leistung förderfähig; darunter fallen auch solche, die Abwärme nutzen.

5.4.2 Raumluftechnische Anlagen mit Wärmerückgewinnung

Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung (WRG) helfen Energie zu sparen und erhöhen zugleich den Wohnkomfort. Reine Lüftungsanlagen ohne WRG sorgen für den notwendigen Luftwechsel in neuen oder renovierten Gebäuden, die aufgrund von Energiestandards weitestgehend luftdicht ausgeführt werden.

Technologie

Bei einer WRG-Anlage wird die frische Außenluft vor der Verteilung in die Wohnräume über einen Wärmetauscher geleitet. Dabei wird die Außenluft durch die Abluft vorgewärmt bzw. im Sommer gekühlt. Beispielsweise kann die Wärmerückgewinnung bei einer Außentemperatur von -12°C und 22°C Innenraumtemperatur bis zu 95 % der Wärme der Abluft betragen [Läge, F.-K. 2010]. Die so temperierte Zuluft wird dann in die einzelnen Wohnräume geleitet. Um den Kreislauf zu schließen wird die Abluft dann über einen Überstrombereich im Flur abgesaugt und über den Wärmetauscher (z.B. im Keller oder Dachboden) geleitet.

WRG-Systeme für raumluftechnische Anlagen werden nach Typ und Kategorie gemäß VDI 2071 in vier Kategorien eingeteilt [Brunner, R., Kyburz, V., 1993].

Tabelle 13: Einteilung der WRG-Systeme für RLT-Anlagen nach Typ und Kategorie gemäß VDI 2071

[VDI, eigene Darstellung]

System	Typ	Kategorie
Platten-, Rohr- und Wabentauscher	Rekuperator	I
Kreislaufverbund, Wärmerohr	Regenerator	II
Rotor-Wärmetauscher	Regenerator	III
Wärmepumpe und andere		IV

Wärmetauscher werden eingesetzt, wenn die Quelltemperatur über der Verbrauchstemperatur liegt, Wärmepumpen werden im umgekehrten Fall eingesetzt. Bei Rekuperatoren erfolgt der Wärmetausch direkt über Trennflächen, während bei dem Regenerator die Wärme in einem Medium zwischengespeichert wird.

Kategorie I: Der Wärmetausch erfolgt direkt über feste Trennflächen.

Kategorie II: Flüssige oder gasförmige Speichermassen nehmen Wärme während des Austauschvorgangs auf und geben sie wieder ab. Der Wärmeaustausch erfolgt über Trennflächen.

Kategorie III: Feste Speichermedien nehmen Wärme und/oder Feuchte auf und geben sie wieder ab. Der Wärmeaustausch erfolgt über Kontaktflächen.

Kategorie IV: Bei Wärmepumpen überträgt ein Arbeitsmittel Wärme unter Energiezufuhr.

Beispielhaft soll hier die Funktionsweise des Plattenwärmetauschers kurz erläutert werden, da diese in Reihenschaltung die höchsten Effizienzen erreichen können.

Plattenwärmetauscher können entweder als Kreuzstrom-, Gegenstrom- oder Kreuz-Gegenstrom Wärmetauscher ausgeführt werden. In Plattenwärmetauschern wird die Luft in parallelen Schichten übereinander geführt: jeweils eine Lage Abluft und eine Zuluft. Die Energie aus der Luft wird so von der warmen an die kalte Schicht weitergegeben. In einem Gegenstromwärmetauscher werden Zu- und Ablauf parallel geführt, in entgegengesetzter Strömungsrichtung, bei einem Kreuzwärmetauscher über Kreuz. Bei dem Gegenstromwärmetauscher stimmen die Temperaturniveaus besser überein, so dass eine höhere Effizienz erreicht wird (Energiesparhaus Österreich, undatiert).

Laut Herrn Professor C. Kaup der Fachhochschule Trier⁴² haben sich im Gebäudebestand die durchschnittlichen Temperaturübertragungsgrade von Wärmerückgewinnungsanlagen in den Jahren 2005 bis 2010 von etwa 58 % auf 67 % erhöht. Dies reflektiert die stetige Effizienzverbesserung bei WRG Anlagen.

⁴² Siehe ISH Vortrag 2011 (Klima Forum)

Marktentwicklung

Lüftungsanlagen mit WRG werden heute standardmäßig in Passivhäusern und KfW-Effizienzhäusern 40 sowie 55 (EnEV 2009) eingesetzt. Auch in den KfW Effizienzhäusern 70 kann von einem Anteil von mindestens 60 % ausgegangen werden. Demzufolge gibt es einen gut entwickelten Markt für Hersteller, Planer und installierende Fachbetriebe. Für Neubauten mit niedrigen Energieeffizienzanforderungen, die auch eine zusätzliche wassergeführte Heizungsanlage benötigen, haben sich Lüftungsanlagen mit WRG allerdings kaum durchgesetzt, da sie sich in solchen Fällen wirtschaftlich erst spät amortisieren.

Die Europäische Kommission hat 2009 entschieden, dass alle neuen europäischen Gebäude ab dem 01.01.2021 nahezu Nullenergiehausstandard haben sollen [Europäische Kommission, 2009]. Diese Gebäude werden in Deutschland vermutlich ähnlich hohe Anforderungen wie das heutige Passivhaus haben, so dass spätestens in 2021 Lüftungsanlagen mit WRG im Neubau zum Standard werden dürften.

Förderung

Für Lüftungsanlagen mit oder ohne WRG kann für die Renovierung von Bestandsgebäuden ein zinsverbilligtes Darlehen oder ein Zuschuss bei der KfW beantragt werden. Zusätzlich gibt es für neue Wohngebäude teilweise auch Förderprogramme der Bundesländer wie z.B. das Programm „progres“ in Nordrhein-Westfalen (NRW), das einen Zuschuss für Anlagen mit WRG gewährt [Energieagentur NRW, 2010].

Spezifische Investitionskosten

Leider gibt es keine gesicherte Datenquelle zur Kostenentwicklung von raumluftechnischen Anlagen mit Wärmerückgewinnung. Der Fachverband Gebäude-Klima e.V. (FGK) stellte jedoch die indizierte Preisentwicklung von reinen RLT Anlagen zur Verfügung (siehe Abbildung 47).

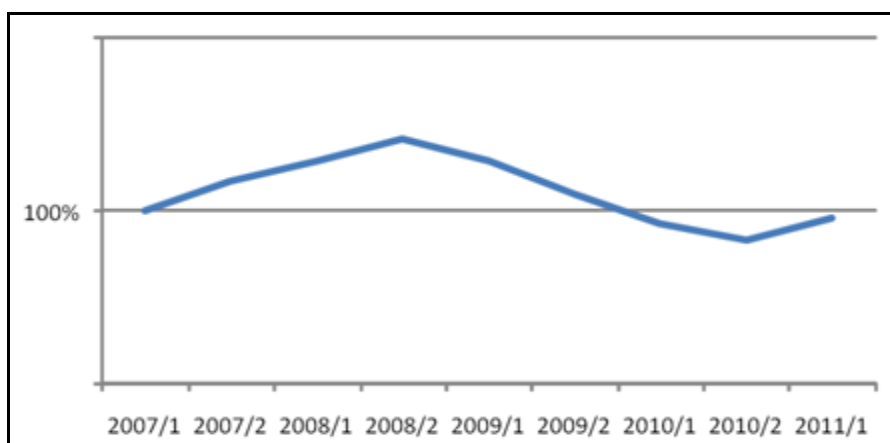


Abbildung 47: Indizierte Preisentwicklung von RLT Anlagen 2007-2011

[Quelle: FGK] (eigene Darstellung)

Man kann daraus erkennen, dass der Preis im Zeitraum 2007 bis 2011 zwar schwankte, insgesamt aber ziemlich konstant blieb. Der FGK schätzt außerdem, dass der Mehrpreis für Wärmerückgewinnung von RLT-Anlagen Klasse B (~45%) auf A+ (~70%) ca. 0,50 bis 1,00 EUR/m³/h Luftleistung beträgt. Die Preise für Wohnungslüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung sind stark von der Art des Hauses abhängig, liegen jedoch durchschnittlich in einem Bereich von 5.000 bis 10.000 EUR netto, je nach Wohnungsgröße und Ausstattung. Einflussfaktoren sind insbesondere die Gebäudegröße und -volumen, die notwendige Luftwechselrate, der gewünschte Wärmerückgewinnungsgrad der Anlage, das Lüftungskonzept etc.

5.5 Dezentrale Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) beschreibt den Prozess der gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung. Das heißt, die in einem chemischen oder physikalischen Prozess der Energieumwandlung freigewordene Energie wird auf zwei Wegen genutzt. Zum einen für mechanische oder elektrische Arbeit und zum anderen für die Bereitstellung von Nutzwärme [BINE 2010]. Durch diese Nutzung der bei der Stromerzeugung anfallenden Abwärme wird die Energieeffizienz merklich gesteigert. Die Primärenergieeinsparung liegt dabei zwischen 17 % [Erdmann, G. und Dittmar, L. 2010] und 33 % [Schaumann, G., Schmitz, K. 2010].

KWK-Anlagen umfassen einen großen Leistungsbereich, wobei insbesondere zwischen drei Größenklassen differenziert werden kann. Die kleinsten Anlagen stellen die Mikro-KWK-Anlagen mit einer elektrischen Leistung von bis zu 15 kW_{el} dar [B.KWK 2005]. Darauf folgen die Mini-KWK-Anlagen, die eine elektrische Leistung von bis zu 50 kW_{el} aufweisen [BMU 2009a]. Die letzte Kategorie bilden jene Anlagen, die eine größere Leistung als 50 kW_{el} aufweisen. Im folgenden Teil der vorliegenden Schrift erfolgt eine Fokussierung auf die dezentral in Gebäuden installierten Mini- und Mikro-KWK-Anlagen.

Neben der Differenzierung nach Größenklassen, wird generell noch zwischen strom- und wärmegeführtem KWK-Anlagenbetrieb unterschieden. Darunter wird die Orientierung der Fahrweise entsprechend dem Strom- oder dem Wärmebedarf unterschieden. Üblicherweise wird die wärmegeführte Fahrweise für den dezentralen Einsatz bevorzugt, da nur selten Strom- und Wärmebedarf in Einklang fallen. Wärmegeführte Anlagen laufen im Betrieb wie herkömmliche Heizkessel, die als Nebenprodukt Strom erzeugen, der entweder zum Eigenverbrauch genutzt oder in das Stromnetz eingespeist werden kann. Von der Heizungsindustrie werden Mini- und Mikro KWK-Anlagen daher auch mit dem Begriff „Stromerzeugende Heizung“ belegt [ASUE 2010]. Je nach Wärmebedarfszeiten und Wärmemenge ist aber mit Hilfe eines Pufferspeichers auch eine stromgeführte Fahrweise möglich, wobei die Effizienz jedoch in Abhängigkeit der Nutzung der gespeicherten Wärme sinken kann. Als aktuelles Beispiel hierzu gilt das Gemeinschaftsprojekt von Lichtblick und Volkswagen.

Die Dimensionierung einer KWK-Anlage sollte idealerweise so gewählt werden, dass stets die Grundlast der benötigten Wärme abgedeckt wird, um möglichst viele Vollbenutzungsstunden zu erreichen. Die Wärme- und Strombedarfsspitzen werden dann über konventionelle Heizkessel bedient bzw. Strom vom Stromversorger bezogen [BINE 2006]. Eine Ausnahme stellt der monovalente Betrieb von KWK-Anlagen dar, bei dem kein konventioneller Heizkessel mehr genutzt wird, sondern Bedarfsspitzen über einen Pufferspeicher ausgeglichen werden [BMU 2009b]. Dieser findet sich insbesondere bei Mikro-KWK-Anlagen.

Ein besonders effizienter Einsatz ergibt sich bei der Vernetzung von Verbrauchern mit unterschiedlichen Wärmelastgängen – beispielsweise einer Schule mit einem Wohngebiet – da aus den ungleichen Bedarfsstrukturen ein zeitlich ausgeglichener Wärmebedarf und damit ein hoher Nutzungsgrad der Anlage resultiert. Diese Möglichkeit wird auch durch die Quartierslösung im EEWärmeG gefördert.

5.5.1 Technologien

Unter den verschiedenen Technologien der Mini- und Mikro-KWK kann zwischen den folgenden differenziert werden: Verbrennungsmotor, Stirlingmotor, Brennstoffzelle, Mikro-Gasturbine und Dampfmotor [Pehnt et al. 2005]. Tabelle 14 gibt einen Überblick über die verfügbaren Technologien mit den wichtigsten Kennwerte, die im Folgenden näher beschrieben werden.

Tabelle 14: KWK-Technologien im Vergleich⁴³

[Pehnt et al]

Typ	Verbrennungsmotor	Stirlingmotor	Brennstoffzelle	Mikro-Gasturbine	Dampfmotor
Elektr. Leistung (kW)	1 – 5.000	1 – 40	1 – 250	30– 200	> 0,3
Gesamtwirkungsgrad (%)	Bis 90	Bis 85	Bis 90	Bis 85	Ca 84
Elektr. Wirkungsgrad (%)	25 – 44	10 – 30	30 – 47	25 – 30	10 – 15
Teillastverhalten	Gut	Weniger Gut	Sehr gut	Weniger gut	Gut
Technologiestand	Bewährt	Kleinserien	Pilotanlagen	Bewährt	Bewährt
Üblicher Brennstoff	Gas, Diesel	Gas, Biomasse	Gas	Gas, Diesel	Feste, flüssige, gasförmige Brennstoffe

Verbrennungsmotor

Der Verbrennungsmotor ist die derzeit meistgenutzte Technologie, wobei Erdgas als häufigster Brennstoff zur Anwendung kommt. Als Brennstoffe kommen aber grundsätzlich Heizöl, Flüssiggas, Klärgas, Deponiegas, Kokereigas sowie Restgase aus Produktionsanlagen, Pflanzenöle und Biogas in Betracht [Schaumann, G. und Schmitz, K. 2010; B.KWK 2009]. Diese Technologie erreicht elektrische Wirkungsgrade von 25 bis 44 % und einen Gesamtwirkungsgrad von bis zu 90 % [BINE 2006].

⁴³ Quelle: ASUE 2010; BINE 2006; E.ON 2009; Eikmeier et al. 2006; Kaltschmitt/Hartmann 2009; OTAG; Pehnt 2002; Schmitz/Schaumann 2010; Syneco 2009; Zschunke et al. 2010.

Ein Verbrennungsmotor treibt hierbei einen elektrischen Generator an, welcher wiederum elektrische Energie erzeugt. Die anfallende Abwärme wird mittels eines Wärmetauschers in nutzbare Energie umgewandelt. Insbesondere die hohen Abgastemperaturen von 400 bis 600°C werden neben der Generatorabwärme und der Wärme von Motor, Kühlwasser und Schmiermittel (ca. 80 bis 90°C) nutzbar gemacht [TU Graz 2002; BINE 2006].

Ein wesentlicher Vorteil dieser Technologie ist es, dass die vorhandene Gas-Infrastruktur genutzt werden kann [BINE 2009]. Auch der vielseitige Einsatz von fossilen und erneuerbaren Energieträgern ist positiv zu bewerten. Weitere Vorteile sind ein wirtschaftlicher Teillastbetrieb, der geringe Hilfsenergiebedarf sowie kurze Liefer- und Montagezeiten [Schaumann, G. und Schmitz, K. 2010]. Ein Nachteil ist die Wartungsintensität von Verbrennungsmotoren, da Verbrennung und mechanische Bewegung im Motorinneren stattfinden (innere Verbrennung). Auch die Lautstärke kann bei manchen Fällen (z.B. in Wohngebäuden) ein Nachteil darstellen. Je nach Brennstoffeinsatz können zudem zusätzliche Maßnahmen zur Reduktion der lokal anfallenden Schadstoffemission notwendig werden.

Stirlingmotor

Der Stirlingmotor nutzt im Gegensatz zum Verbrennungsmotor eine äußere Wärmequelle, um Expansionsenergie zu erzeugen. Hierbei ist ein Zylinder mit einem Arbeitsgas gefüllt, das in der Regel Helium ist. Anschließend erfolgt die Erhitzung des Zylinders, wobei sich das Gas erwärmt, ausdehnt und den Kolben antreibt. Durch Abkühlung zieht sich das Gas wieder zusammen und nimmt den Kolben mit. Diese Bewegung treibt nun mittels einer Welle einen Generator an und erzeugt damit Strom [Schaumann, G. und Schmitz, K. 2010]. Zwischen dem kalten und warmen Bereich ist ein Regenerator platziert, der einen Teil der Wärme zwischenspeichert. Der Stirlingmotor erreicht elektrische Wirkungsgrade zwischen 10 – 30 % und einen Gesamtwirkungsgrad von bis zu 85 % [BINE 2006].

Der signifikante Vorteil dieser Technologie liegt darin, dass die Bewegungsenergie nicht durch eine Verbrennung innerhalb des Motors hervorgerufen wird, somit kein direkter Kontakt zwischen dem Motorinneren und Brennstoff besteht und der Stirlingmotor auf diese Weise sehr wartungsarm und leise ist. Zudem ist die Nutzung zahlreicher Wärmequellen (Brennstoffe, Fernwärme, Solarthermie etc.) möglich und es entstehen keinerlei Schmierprobleme und Verbrennungsrückstände im Motorinneren. Ein Nachteil besteht insbesondere in dem schlechten Teillastverhalten und in dem im Vergleich zum Verbrennungsmotor geringeren elektrischen Wirkungsgrad.

Mikro-Gasturbine

KWK-Anlagen, die mit Mikro-Gasturbinen betrieben werden, erreichen einen elektrischen Wirkungsgrad von 25 bis 30 % und einen Gesamtwirkungsgrad von bis zu 85 % [BINE 2006]. Zunächst wird elektrische Energie dadurch erzeugt, dass die Gasturbine einen Generator antreibt. Die dabei entstehenden Gasturbinenabgase

28.02.2013

weisen mit 450 bis 600°C hohe Temperaturen auf, die mittels Wärmetauscher nutzbar gemacht werden. Der am häufigsten verwendete Brennstoff ist Erdgas, wobei auch eine Nutzung von Biogas, Klärgas und Deponiegas möglich ist [E-quad Power Systems 2010].

Die hohe Brennstoffausnutzung in Verbindung mit dem hohen elektrischen Wirkungsgrad ist zweifelsohne als einer der wesentlichen Vorteile zu bezeichnen. Darüber hinaus kann die Technologie für den privaten als auch für den industriellen Bereich genutzt werden, indem aufgrund der hohen nutzbaren Temperaturen sowohl Heizwasser als auch Dampf erzeugt werden kann [Schaumann, G. und Schmitz, K. 2010]. Die sehr kurzen Liefer- und Montagezeiten stellen neben einem geringen Platz- und elektrischen Eigenbedarf einen weiteren Vorteil dar. Als Nachteil sind die beim Betrieb auftretenden Schwingungen und Geräuschemissionen zu nennen, die sich jedoch durch entsprechende Dämmmaßnahmen minimieren lassen.

Brennstoffzelle

Bei der Brennstoffzellentechnologie wird Strom und Wärme ohne einen Verbrennungsvorgang auf elektrochemischem Weg erzeugt [BINE 2006]. Diese elektrochemische Umwandlung vollzieht sich innerhalb der Brennstoffzelle und erzielt hohe Wirkungsgrade [Schaumann, G. und Schmitz, K. 2010]. Die derzeit erzielbaren elektrischen Wirkungsgrade belaufen sich auf 30 – 47 % [BINE 2006]. Es ist eine Unterscheidung von verschiedenen Brennstoffzellentypen möglich, indem zwischen verschiedenen Elektrolyten und Betriebstemperaturen differenziert wird [Schaumann, G. und Schmitz, K. 2010].

Das grundsätzliche Funktionsprinzip der Brennstoffzelle stellt sich wie folgt dar. Eine Kathode und eine Anode sind durch ein gasundurchlässiges Elektrolyt voneinander getrennt. An der Anode wird Wasserstoff und an der Kathode Sauerstoff eingebracht. Die beiden Stoffe reagieren miteinander, wodurch elektrische Energie erzeugt wird. Diese Technologie ist von einem sehr guten Teillastverhalten und einer hohen Brennstoffausnutzung bzw. einer hohen Effizienz gekennzeichnet [BINE 2006]. Überdies fallen geringe Schadstoffemissionen an und es ist ein geräuscharmer Betrieb möglich [Schaumann, G. und Schmitz, K. 2010]. Allerdings handelt es sich bei dem idealen Brennstoff zum Betrieb der Brennstoffzelle um Wasserstoff, der unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten noch nicht regenerativ herstellbar ist. Aufgrund dessen erfolgt die Gewinnung des Wasserstoffs zurzeit aus fossilen Brennstoffen wie Erdgas. Insgesamt befindet sich diese Technologie immer noch im Entwicklungsstadium

Dampfmotor

Ein Gasbrenner erhitzt hierbei Wasser in einem Rohrverdampfer zu Prozessdampf, der eine Temperatur von ca. 350°C erreicht. Dieser Dampf strömt in den Dampfkolbenmotor und erzeugt durch Entspannung mechanische Arbeit. Diese mechanische Arbeit treibt wiederum einen Generator an und erzeugt damit Strom.

28.02.2013

Die dabei anfallende Kondensationswärme wird zur Wärmebereitstellung genutzt [BINE 2009].

Der Dampfmotor zeichnet sich durch geringe Investitionskosten und den vielfältigen Einsatz von festen, flüssigen und auch gasförmigen Brennstoffen aus. Auch die Nutzung Biomasse wie beispielsweise Altholz ist möglich. Ferner weist diese Technologie ein gutes Teillastverhalten auf, wodurch eine hohe Flexibilität bei Bedarfsschwankungen erreicht wird. Darüber hinaus ist für diese Anlage ein relativ geringer Platzbedarf notwendig. Niedrige Betriebs- und Wartungskosten stellen weitere Vorteile dar. Demgegenüber stehen jedoch ein geringer elektrischer Wirkungsgrad von 10 – 15 % [ASUE 2010] und ein hoher Lärmpegel [BINE 2009].

5.5.2 Marktentwicklung

Die Installation von Mini-KWK-Anlagen ist in jüngster Zeit insbesondere durch das „Impulsprogramm Mini-KWK“ getrieben worden, das von Sept. 2008 bis Juli 2009 für Anträge offen war. Bereits aber seit 1999 wird der Ausbau von KWK durch das KWKG (Bonusprogramm) gefördert. Beide Programme werden (bzw. wurden) durch das BAFA abgewickelt. Abbildung 48 zeigt die Entwicklung der beim BAFA erfassten und geförderten Anlagen des Bonusprogramms [BAFA 2010d]. Von 1999 bis 2009 wurden rund 19.200 Anlagen beim BAFA registriert, davon rund 4.560 durch das Impulsprogramm (2008-2009) geförderte Anlagen. In diesem Programm liegt mit knapp 68 % der größte Teil der Anlagen im kleineren Leistungsbereich von 4 bis 6 kW_{el}, gefolgt von Anlagen im mittleren Bereich von 12 bis 25 kW_{el} (Abbildung 12). In 2011 (2010) wurden beim BAFA rund 2500 (1940) KWK-Anlagen bis zu einer Leistung von 10kW_{el} sowie rund 1350 (370) KWK-Anlagen mit 10 – 50 kW_{el} angemeldet. Im Hinblick auf die verwendeten Brennstoffe (2009) überwiegt eindeutig Erdgas mit rund 83 %. Daneben werden ca. 12 % der Anlagen mit Flüssiggas betrieben und lediglich ca. 4 % mit erneuerbaren Brennstoffen wie beispielsweise Biogas und Pflanzenöl [BAFA 2010d].

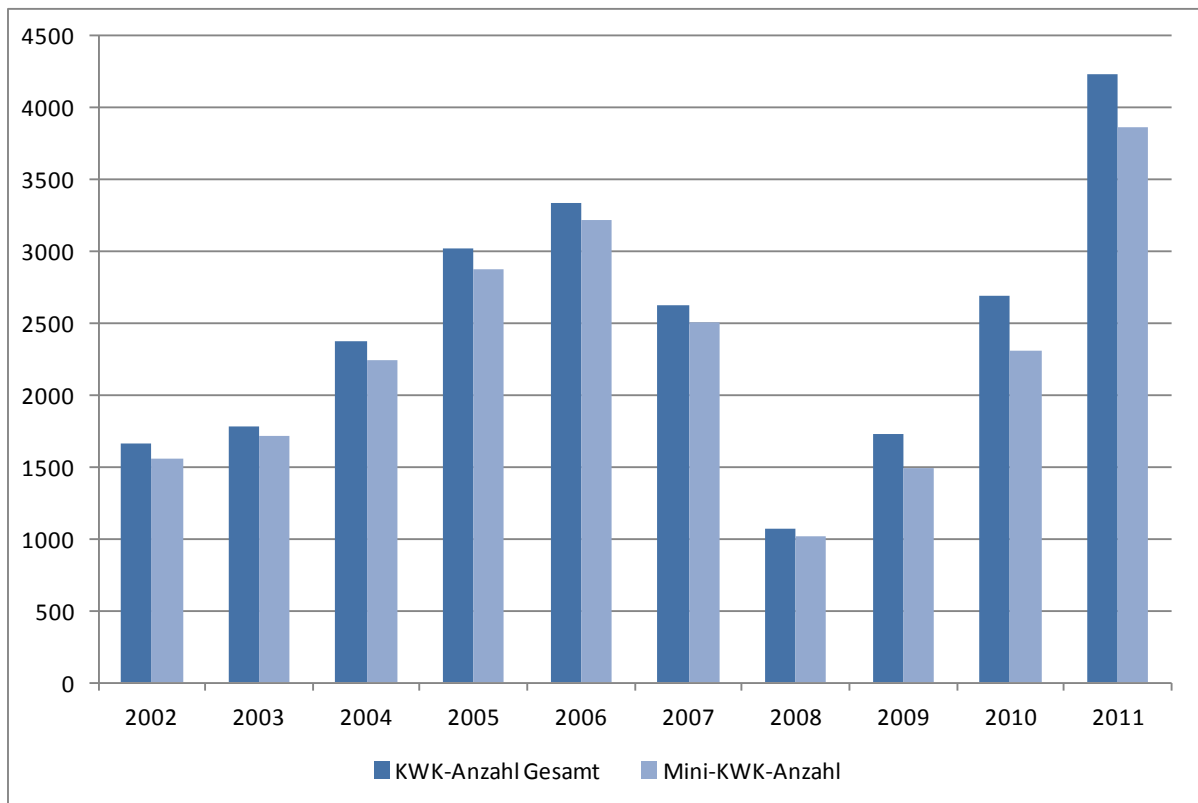


Abbildung 48: Zugelassene⁴⁴ KWK-Anlagen (BAFA) von 1999 bis 2011⁴⁵
[BAFA 2012a]

Im Vergleich zu den Mini-KWK-Anlagen ist die Verbreitung von Mikro-KWK-Anlagen, die insbesondere für den Einsatz in Einfamilienhäusern und allgemein im Neubau mit geringem Wärmebedarf ausgelegt sind, bisher recht gering [ASUE 2010b]. Auf der Anbieterseite gibt es eine überschaubare Anzahl an Produkten. Derzeit sind am Markt acht verschiedene Anlagen verfügbar, davon fünf auf Basis eines Otto-Motors und drei mit einem Stirling-Motor. Weitere Geräte auf Basis von Otto- und Stirling-Motor, sowie Brennstoffzellen Technologie sind derzeit in der Entwicklungs- und Testphase [ASUE 2010c]. So ist von den beiden größten Heizsystemherstellern in Deutschland – Bosch Thermotechnik und Viessmann – für Ende 2011 die Markteinführung von Mikro-KWK-Anlagen mit 1 kW_{el} auf Basis eines Freikolben-Stirlingmotors geplant [Bosch 2010; Viessmann 2010].

Die reale Preisentwicklung der Anschaffungskosten ist nachfolgend differenziert nach Leistungsklassen Erdgas-BHKWs dargestellt (Abbildung 48). Dabei ist zu beachten, dass aufgrund der wenigen zur Verfügung stehenden Anlagentypen im kleinen Leistungsklassen (Mini-KWK), die Aussagekraft der Kostenentwicklung beschränkt ist. Die Daten machen aber deutlich, dass aufgrund der geringen Stückzahlen am Markt noch keine signifikanten Lernraten zu beobachten sind.

⁴⁴ Umfasst alle Anlagen die zur Teilnahme am Bonusprogramm (KWKG) zugelassen sind sowie teilweise die über das Impulsprogramm geförderten Anlagen (ab 2009 erst ab 10 kW elektr. Leistung).

⁴⁵ Anmerkungen: Zum 01.04.2002 Einführung KWK Modernisierungs-Gesetz; zum 01.01.2009 Novellierung KWG Gesetz; ab 01.01.2009 Entfall der Zulassungspflicht für Anlagen unter 10 kW_{el}.

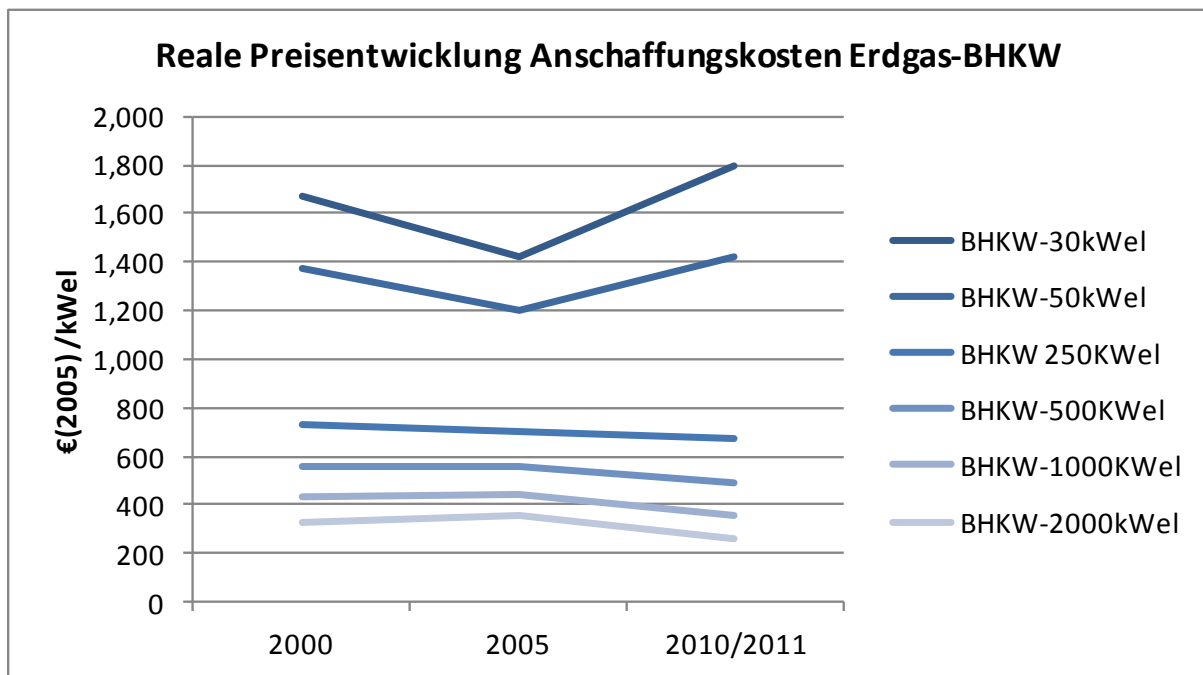


Abbildung 49: Reale Preisentwicklung der Anschaffungskosten

[eigene Berechnung, basierend auf ASUE/ Stadt Frankfurt. BHKW-Kenndaten 2001, 2005, 2011]

5.5.3 Förderung

Die bisherige Förderung der Mini-KWK-Anlagen stützte sich im Wesentlichen auf das Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (KWKG) und das Impulsprogramm für Mini-KWK-Anlagen, welches allerdings im August 2009 aufgrund der Ausschöpfung der zugewiesenen Haushaltsmittel gestoppt wurde [BMU 2009a] und erst seit April 2012 in überarbeiteter Form wieder angeboten wird. Es fördert allerdings nur Anlagen in Bestandsgebäuden und ist somit für den Neubau nicht von Interesse.

Durch das KWKG erhält der in KWK-Anlagen erzeugte und ins Netz eingespeiste Strom einen KWK-Bonus von 5,11 ct/kWh (bis 50 kW_{el} Leistung, ab Juli 2012 5,41 ct/kWh), der zu einer zwischen Stromversorger und KWK-Anlagen Betreiber zu verhandelnden Einspeisevergütung hinzugerechnet wird. Einigen sich Stromversorger und Stromerzeuger auf keinen Preis, so richtet sich die Einspeisevergütung nach dem durchschnittlichen Preis für Grundlaststrom des letzten Quartals an der European Energy Exchange (EEX) zuzüglich der vermiedenen Netznutzungskosten. Bei reinem Eigenverbrauch fällt lediglich der KWK-Bonus an, jedoch können die vermiedenen Strombezugskosten als kalkulatorische Größe hinzugerechnet werden [ASUE 2009; Roon/Steck 2009].

Steuerliche Begünstigungen stellten bisher einen weiteren Förderungsbestandteil dar. So entfällt die Stromsteuer auf selbsterzeugten Strom (§ 9 StromStG), die Energiesteuer wurde bis 2012 jährlich rückerstattet (§ 53 EnergieStG) und die Umsatzsteuer auf den Anlagenkauf kann für Gewerbetreibende nach dem Umsatzsteuerrecht geltend gemacht werden [BMU 2009b]. Die Einnahmen aus der Stromerzeugung und Zuschlagszahlungen für eigenverbrauchten Strom sind

28.02.2013

einkommenssteuerpflichtig, können jedoch durch die laufenden Aufwendungen für den Betrieb des KWK, die auf die Stromeinspeisung entfallen, gemindert werden [BMU 2009b]. Daneben gibt es noch weitere Steuervergünstigungen zu beachten, auf die an dieser Stelle jedoch nicht weiter eingegangen werden soll.

Überdies sind weitere Förderungen über die KfW-Bankengruppe möglich. Diese umfassen unter anderem Kredite und Zuschüsse aus dem Erneuerbaren Energie Standard- und Premium-Programm (KfW 2012).

5.6 Maßnahmen zur Einsparung von Energie

Die Nutzungspflicht zum Einsatz Erneuerbarer Energien kann laut EEWärmeG ersatzweise auch durch eine verstärkt gedämmte Gebäudehülle (wärmeübertragende Umfassungsfläche) eingehalten werden. Dafür müssen der nach EnEV 2009 errechnete Jahres-Primärenergiebedarf (Q_P) und die Anforderungen an die Gebäudehülle (in Wohngebäuden Transmissionswärmeverlust H_T' , in Nichtwohngebäuden Wärmedurchgangskoeffizient bezogen auf den Mittelwert der jeweiligen Bauteile \bar{U}) von Neubauten um mindestens 15 % unterschritten werden.

Der Transmissionswärmeverlust H_T' errechnet sich aus den Wärmebrücken-Wärmeverlusten und den Verlusten der wärmeübertragenden Umfassungsfläche, die sich aus folgenden Bestandteilen zusammensetzt:

- Außenwände
- Dach
- Bodenplatte
- Außentüren und -fenster

Der Jahres-Primärenergiebedarf Q_P ergibt sich aus dem Heizwärmebedarf (Ergebnis der Wärmeverluste der Hülle), dem Warmwasserbedarf und aus den Verlusten der verwendeten Anlagentechnik. Der Heizwärmebedarf kann beispielsweise durch eine verbesserte Dämmung (charakterisiert durch die U-Werte) der Außenwände, des Daches, der Bodenplatte und energetisch optimierte Außentüren und Fenster gesenkt werden. Ergänzend eignen sich effiziente Heizungsanlagen, wie z.B. KWK-Anlagen oder Brennwertkessel zur Senkung des Primärenergiebedarfs. Zur Veranschaulichung sollen folgende Beispiele dienen:

Referenz-Einfamilienhaus nach EnEV 2009, 140m² Energiebezugsfläche:

- Spezifischer Primärenergiebedarf vor Optimierung: $Q_P = 72,9 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- Transmissionswärmeverlust vor Optimierung: $H_T' = 0,39 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Optimierung:

Die U-Werte der Bauteile der wärmeübertragenden Umfassungsfläche werden um 25 % gesenkt. Resultierend beträgt der

- Primärenergiebedarf nach Optimierung: $Q_P = 61,8 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- Transmissionswärmeverlust nach Optimierung: $H_T' = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Daraus folgt in diesem Beispiel, dass mit einer rein energetischen Verbesserung der Gebäudehülle um 25 %, die Primärenergieanforderungen um etwa 15 % und die Transmissionswärmeverlusts-Anforderungen um etwa 22,5 % unterschritten werden können, sodass die Anforderungen von EEWärmeG und EnEV 2009 eingehalten werden.

Referenz-Bürogebäude

Bei der Berechnung eines typischen Bürogebäudes (mehrgeschossiger, zweispängiger Neubau mit 40 % Verglasung, Lüftungsanlage mit einem Wärmerückgewinnungsgrad von 60 %, Gas-Brennwertkessel) ergeben sich etwas andere Werte, da hier aufgrund einer normalerweise eingebauten Lüftungsanlage auch die Wärmeverluste anders aufgeteilt sind (Transmissionswärmeverluste und Lüftungswärmeverluste). Hier wird eine 15 prozentige Einsparung der Primärenergie erst bei einer 35-40 prozentigen Verbesserung der Gebäudehülle erreicht.

Die nötigen Investitionen zur Unterschreitung der Anforderungen der EnEV 2009 werden durch die KfW-Bankengruppe gefördert. Für neu zu errichtende Gebäude bietet die KfW das Förderprogramm „Energieeffizient Bauen“ (Programmteil 153) an, welches abhängig vom Grad der primärenergetischen Unterschreitung des Gebäudebedarfes, unterschiedlich attraktive Förderbedingungen bereitstellt (siehe Kapitel 4.1.6).

Spezifische Investitionskosten

Die spezifischen Kosten von reinen Wärmedämmmaßnahmen sind nur sehr schwierig zu bestimmen. Die Kosten solcher Maßnahmen hängen nicht nur von den eigentlichen Wärmedämmmaterialpreisen ab, sondern werden ebenfalls von damit verbundenen notwendigen Arbeiten an der Gebäudehülle beeinflusst. Je nach Typ und Nutzungsart des Gebäudes, können die spezifischen Kosten dabei stark variieren. Je nachdem ob das zu betrachtende Gebäude z.B. ein großes Bürogebäude mit relativ hohem Fensteranteil oder ein eher kleines Einfamilienhaus mit aufwendiger Geometrie ist, können auch die Maßnahmen zur energetischen Verbesserung der Gebäudehülle stark variieren. Zusätzlich ist auch die Dämmstärke und das jeweilige Material zu berücksichtigen. Im Kontext der Einhaltung des EEWärmeGs, kann ein Gebäude die Anforderungen der EnEV „nur“ um 15 % übererfüllen, oder auch die Gebäudehülle auf ein Niveau besser als Passivhaus-Standard errichtet werden. Desweiteren weisen die Materialien unterschiedliche Dämmeigenschaften und Kosten auf (Z.B. Steinwolle im Vergleich zu Polyurethan). Aufgrund dieser großen Heterogenität, können wir an dieser Stelle keine genaueren Angaben zu den aktuellen oder den historischen Gesamtkosten darstellen, jedoch sind die spezifischen Materialkosten pro m³ Dämmmaterial im Zeitraum 2004-2008, je nach Dämmmaterial, zwischen 10 und 75 % gestiegen, die meisten Materialien um etwa 20 % [Danner, 2008]. Diese gestiegenen Preise können insbesondere durch den Preisanstieg der für die Dämmstoffproduktion erforderlichen Rohstoffe und die höheren Energiekosten erklärt werden.

5.7 Wärmenetze

Wärmenetze stellen eine wichtige strukturelle Voraussetzung für den weiteren Ausbau der Erneuerbaren Energien im Wärmemarkt dar. Verschiedene Studien haben gezeigt [Fischedick 2007, Nast 2009b, Nitsch, J., und Wentzel, B. 2009], dass die Potenziale der Erneuerbaren Energien im Wärmesektor - und zwar unterschiedslos ob Biomasse, Solarenergie oder Geothermie - nur vollständig ausgeschöpft werden können, wenn es gelingt, die Wärme in den Siedlungsgebieten zu nutzen. Dazu muss die Wärme, die in dezentralen Anlagen anfällt bzw. gewonnen wird, mittels Wärmenetzen verteilt werden.

5.7.1 Technologieentwicklung

Nahwärmenetze werden heute vorwiegend aus Kostengründen als Zweileiternetze ausgeführt, die jeweils mit einem Vor- und einen Rücklauf ausgestattet sind. Als Wärmeträgermedium zirkuliert Heizwasser. Dieses wird sowohl für die Beheizung der Gebäude als auch für die Warmwasserversorgung verwendet. Dreileiter- oder gar Vierleiternetze werden nur in Sonderfällen eingesetzt. Die Struktur der Netze hängt dabei von den jeweiligen örtlichen Gegebenheiten, z.B. der Siedlungsstruktur, der Netzgröße und den zu integrierenden Wärmeerzeugern ab. Handelt es sich um ein kleines bis mittleres Fernwärmenetz (Nahwärme) und ist nur ein Heizwerk vorhanden, so bietet sich ein Strahlennetz an. Ringnetze haben dagegen den Vorteil, dass weitere Heizwerke eingebunden werden können. Maschennetze bieten die größtmögliche Versorgungssicherheit und finden vor allen Dingen bei größeren Fernwärmenetzen Einsatz. Dieser Vorteil wird allerdings durch höhere Investitionen erkaufte.

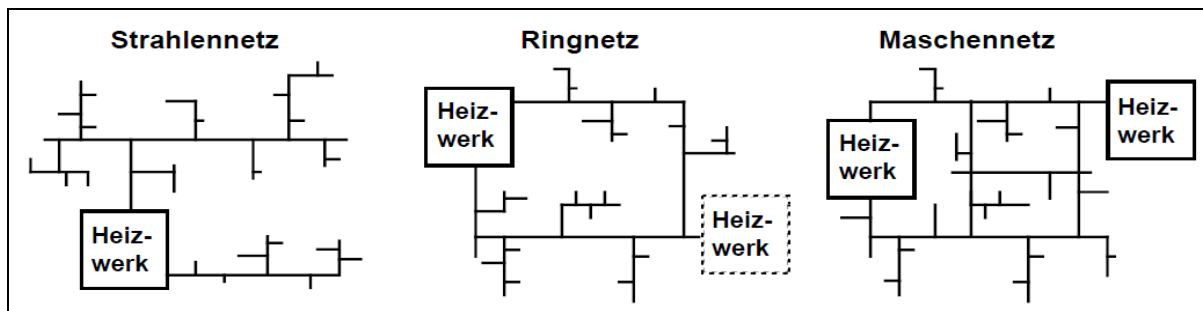


Abbildung 50: Darstellung der verschiedenen Wärmenetz-Typologien

[FHG Umsicht 2010]

Die Anbindung der Kunden erfolgt standardmäßig als Abgang zum Haus, wobei zur Verlegung in der Regel die Wege genutzt werden. Kostengünstiger ist allerdings eine Gruppenbildung von Gebäuden, so dass die Zahl der Anschlüsse reduziert werden kann (Haus-zu-Haus). Weitere Kosten können gespart werden, indem Leitungen direkt durch die Häuser verlegt werden. Dabei werden vor allen Dingen die Keller oder andere Räume, wie z.B. Tiefgaragen, genutzt, was insbesondere teure Verlegearbeiten im Wegebereich spart. In der Praxis werden häufig Mischformen angewendet.

Als Verlegesysteme stehen drei wichtige Formen zur Verfügung. Das starre Kunststoffverbundmantelrohr (KMR) ist am weitesten verbreitet. Flexible Kunststoffmediumrohre (PMR) sowie Metallmediumrohre (MMR) werden hauptsächlich in Unterverteilungen verlegt. Die Kunststoffmediumrohre sind den Metallmediumrohren vorzuziehen, sofern niedriger Druck und niedrige Temperatur vorherrschen.

Die Rohre werden bei Nahwärmenetzen heute vorwiegend in der Erde oder in Kellern verlegt, wobei auf kostenaufwändige Kanäle verzichtet wird (mit Ausnahme von Fernwärmeleitungen mit hoher Leistung). Die flexiblen Rohre haben insbesondere den Vorteil des geringeren Aufwands bei der Verlegung und werden deshalb auch aus Kostengründen dem KMR vorgezogen.

Die Wärmeverteilungsverluste bei Netzen mit geringer Wärmebedarfsdichte (hier $< 1.500 \text{ kWh} / (\text{m}^2 \cdot \text{a})$) sind nach den Ergebnissen einer Erhebung von C.A.R.M.E.N. e.V bei Heizwerken mit Trassenlängen größer 200 Meter und mehr als zwei Übergabestationen deutlich über 15 %. Gerade Altanlagen mit Inbetriebnahmen vor 2002 liegen nach Aussage der Untersuchung im Schnitt bei Wärmeverteilungsverlusten von rund 19 %, weisen aber auch in Extremfällen Verluste von mehr als 30 % auf. Auch Neuanlagen, die im Schnitt Verluste von knapp 15% vorweisen, zeigen Ausreißer bis zu 26 %.

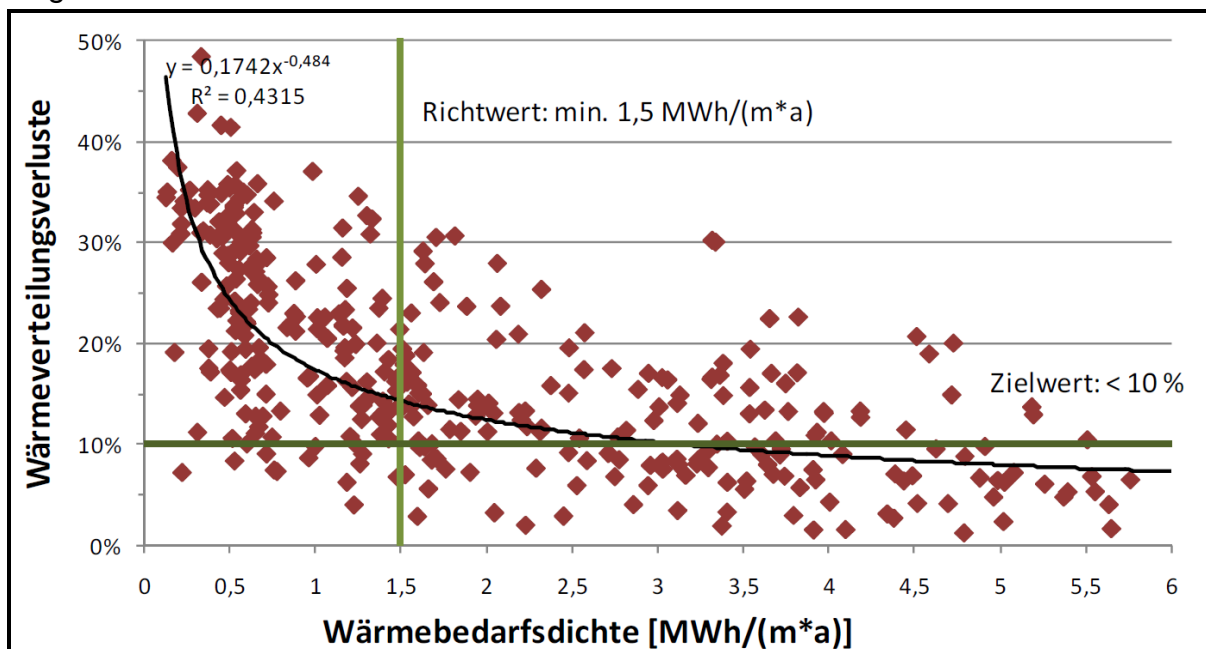


Abbildung 51: Wärmeverteilungsverluste in Abhängigkeit der Wärmebedarfsdichte (Datenbasis: Heizwerke mit Wärmenetz $> 200\text{m}$ und mehr als 2 Hausübergabestationen)

[CARMEN 2010]

In der aktuellen MAP-Richtlinie wird diesem Umstand bereits Rechnung getragen, als dass bereits bei der Planung und Ausführung von Nahwärmenetzen einer hohen Effizienz der eingesetzten Rohrleitungen und Komponenten besondere

Aufmerksamkeit zu schenken ist. Zudem wird erwogen, künftig Förderanforderungen zu definieren.

Auch eigene Erhebungen bei Betreibern öffentlicher Wärmenetze zeigen teils deutliche Wärmeverteilungsverluste von über 15 %, wenn auch das Mittel bei nur rund 12 % liegt. Prinzipiell wäre auch im Rahmen der Netzförderung im KWKG eine Effizienzvorgabe anzustreben, um ökonomischen, aber insbesondere auch ökologischen Zielen zu entsprechen.

5.7.2 Marktentwicklung

Wie im vorigen Abschnitt geschildert sind die Netzkosten von Nah- und Fernwärmesystemen von sehr unterschiedlichen Faktoren abhängig. Kosten des Rohrsystems, der Verlegung, Strukturmerkmale und Auslegungsgesichtspunkte spielen hier die wesentliche Rolle. Eine pauschale Aussage zu Kosten pro Trassenmeter ist daher nicht möglich, lediglich Kostenbereiche können abgeschätzt werden.

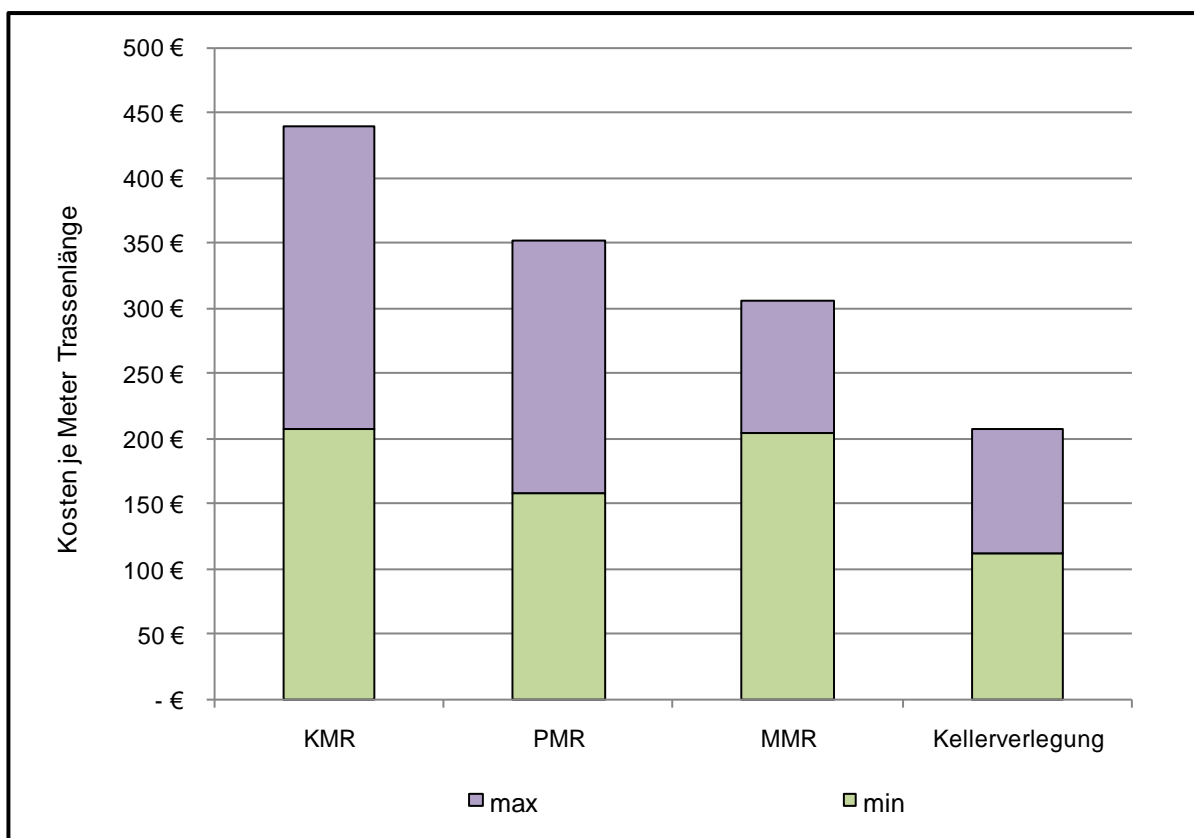


Abbildung 52: Trassenkosten unterschiedlicher Rohrsysteme⁴⁶
[FhG Umsicht 2010]

Ein Vergleich mit den Evaluierungen des Marktanreizprogramms zeigt, dass bei den durch das MAP geförderten Projekten die Durchschnittspreise auf etwa gleichem Niveau liegen, wobei hier jedoch keine Unterscheidung in Rohrsysteme möglich ist.

⁴⁶ KMR = Kunststoffverbundmantelrohr, PMR = Flexible Kunststoffmediumrohre, MMR = Metallmediumrohre

Die angegebenen Durchschnittspreise beziehen sich somit auf alle Rohrsysteme und Streckenabschnitte (Mischkostensatz aus Haupt-, Neben- und Anschlussleitungen), normiert auf das Preisniveau des Jahres 2005.

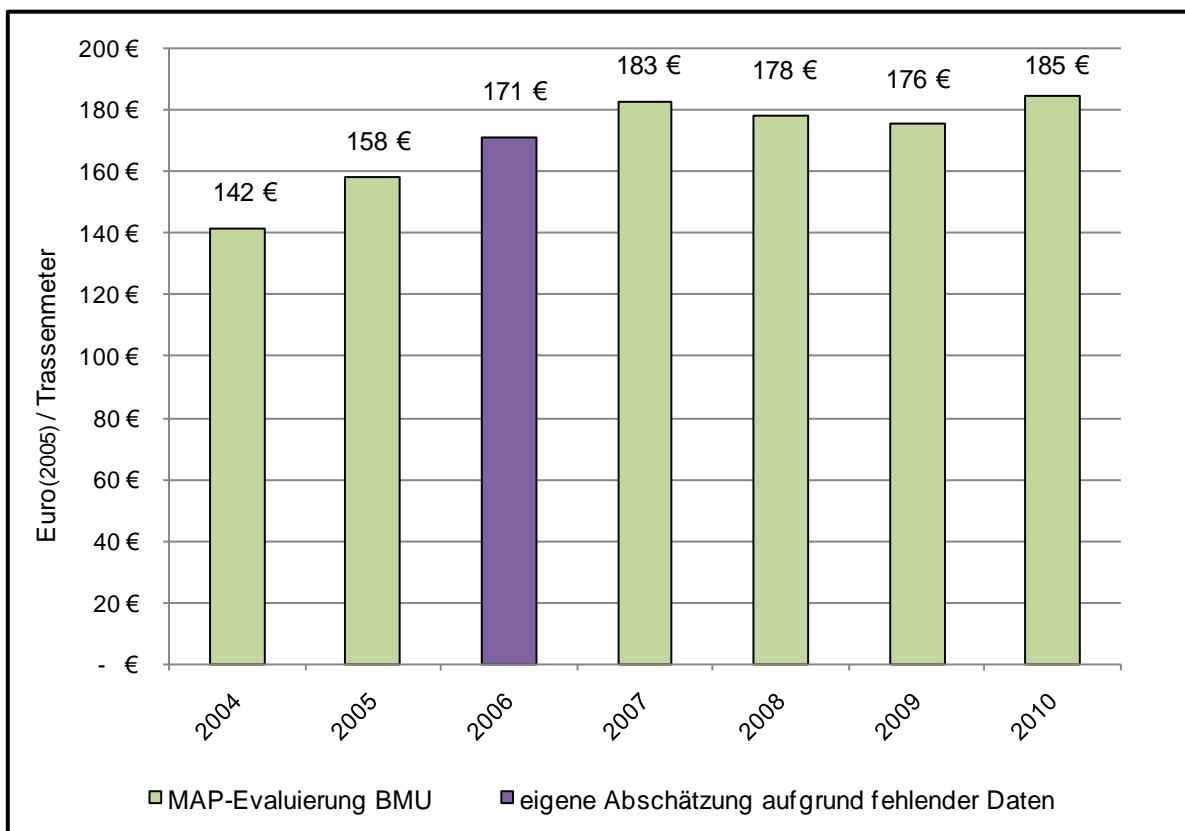


Abbildung 53: Entwicklung der durchschnittlichen Trassenkosten für Wärmenetze auf Basis von MAP-Evaluierungen (2004 – 2010)⁴⁷

[eigene Darstellung]

Die Betriebskosten für einen Wärmenetzanschluss variieren von Netz zu Netz. Allgemein orientieren sich die Preise jedoch an den lokal üblichen Preisen für das meist genutzte Heizsystem (z. B. Öl- oder Gaskessel). Um einen Überblick über die verschiedenen Tarife zu erhalten, wurde die Fernwärme-Preisübersicht des Energieeffizienzverbands für Wärme, Kälte und KWK e. V. (AGFW) mit Stichtag 01.10.2011 ausgewertet.

⁴⁷ Je nach Quelle ist die Preisspreizung erheblich und abhängig von der Größe und der Leistung des Netzes. Aufgrund der Datenlage konnte bei der MAP-Evaluierung BMU fast immer auf die gleiche Ausgangsbasis abgestellt werden. Für 2006 lagen keine Daten vor, hier wurde ein Mittelwert aus 2005 und 2007 angegeben. Zu 2009 liegt in den Wirtschaftlichkeitsberechnungen des Evaluationsberichts BMU kein passender Wert (bezogen auf Anlagenleistung) vor, daher wurde an dieser Stelle der ungewichtete Durchschnittswert verwendet (Min. 116 €; Max. 259 €, normiert auf 2005). Eine direkte Vergleichbarkeit mit den BMU-Werten ist daher nicht zwingend gegeben. Für 2010 wurde wiederum der ungewichtete Durchschnittswert angesetzt (Min. 102 €; Max. 255 €, normiert auf 2005)

Tabelle 15: Arbeits- und Leistungspreise in Fernwärmenetzen 2011 nach drei Abnahmefällen (15, 160, 600 kW) als Durchschnittswert der Bundesländer [AGFW 2011]

Bundesland	Abnahmefall 15 kW		Abnahmefall 160 kW		Abnahmefall 600 kW	
	Mischpreis €/MWh	Arbeitspreisanteil in %	Mischpreis €/MWh	Arbeitspreisanteil in %	Mischpreis €/MWh	Arbeitspreisanteil in %
1 Schleswig-Holstein	77,32	83	76,87	83	74,21	83
2 Hamburg	64,72	77	71,53	72	68,64	74
3 Niedersachsen	76,8	79	72,93	81	70,71	80
4 Bremen	81,87	93	80,24	94	79,88	95
5 Nordrhein-Westfalen	73,9	79	69,69	81	68,21	81
6 Hessen	79,56	82	77,92	82	77,05	84
7 Rheinland-Pfalz	71,35	82	71,21	82	67,65	83
8 Baden-Württemberg	78,53	77	74,65	78	72,65	79
9 Bayern	80,34	82	76,87	84	75,02	83
10 Saarland	85,01	90	75,64	82	75,37	82
11 Berlin	68,76	63	68,75	63	68,76	63
12 Brandenburg	82,79	83	85,26	72	79,82	75
13 Mecklenburg-Vorpommern	78,07	79	84,67	73	82,77	74
14 Sachsen	85,03	74	83,35	71	80,29	71
15 Sachsen-Anhalt	74,11	71	75,21	77	71,81	81
16 Thüringen	87,85	78	85,81	79	84,68	80

Über die Jahre sind die Preise angestiegen. Lediglich 2009 ist ein Einbruch - vermutlich im Zusammenhang mit dem Beginn der Wirtschaftskrise ab Mitte 2008 - zu verzeichnen. Aber bereits im Folgejahr ziehen die Preise wieder über Vorjahresniveau an.

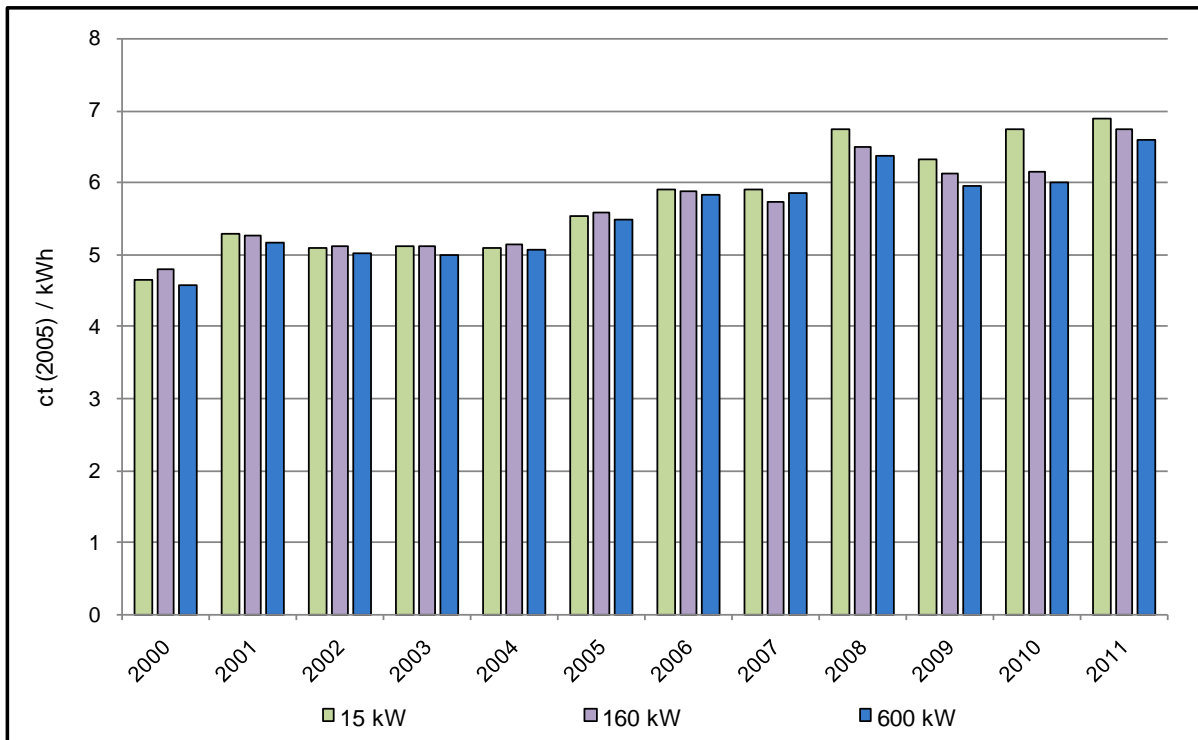


Abbildung 54: Entwicklung der Durchschnittspreise in Deutschland für drei typische Lastfälle im Zeitraum 1991 und 2011 (normiert auf Preise 2005)

[eigene Darstellung]

5.7.3 Förderungen

Folgende Förderprogramme unterstützen den Aus- oder Neubau von Wärmenetzen bzw. die Anbindung von Wärmeerzeugern:

- Erneuerbare Energien Marktanzreizprogramm (MAP), spezifisch über das KfW-Programm Erneuerbare Energien Premium: Von 2008 bis 2012 werden Wärmenetze über einen Tilgungszuschuss als Förderung je Meter neu errichteter bzw. erweiterter oder verstärkter Trassenlänge gewährt. Dies insofern nur, wenn ein Mindestwärmeabsatz von 500 kWh pro Jahr und Meter Trasse nachgewiesen werden kann und der Anteil an EE den Anforderungen der Förderrichtlinie entspricht. Sofern Wärmenetze nicht überwiegend Wärme für Prozesszwecke zur Verfügung stellen, können sie nur dann gefördert werden, „wenn sie nicht überwiegend zur Bereitstellung von Wärme zur Deckung des Wärmebedarfs in Neubauten errichtet werden“. Wenn der Anteil an KWK mindestens 60 % beträgt, werden seit 15. August 2012 nur noch Zuschüsse über das KWKG gewährt. Bisherige weitere Tilgungszuschüsse durch das MAP werden mit Umsetzung der MAP-RL vom 20.07.2012 nicht mehr gewährt. Nur bei nicht gegebener Förderfähigkeit über das KWKG kann eine Förderung aus dem MAP erfolgen. Hausübergabestationen, die im Rahmen der im MAP förderfähigen Netze errichtet werden, können – eingeschränkt auf Bestandgebäude – jedoch einen Zuschuss erhalten.

- Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG): Ziel und gleichzeitig Zweck ist es, „einen Beitrag zur Erhöhung der Stromerzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplung in der Bundesrepublik Deutschland auf 25 Prozent [...] im Interesse der Energieeinsparung, des Umweltschutzes und der Erreichung der Klimaschutzziele der Bundesregierung zu leisten“ (§1 KWKG 2012), was ungefähr einer Verdopplung des Anteils an der Stromerzeugung zum damaligen Zeitpunkt bedeutet. Darüber hinaus wird ein Fokus auf den Neu- und Ausbau von Wärmenetzen gelegt. Netzneubau und -ausbau werden nur dann durch das KWKG gefördert, wenn die eingespeiste Wärme mindestens zu 60 % aus hocheffizienten KWK-Anlagen stammt (§5a, Abs. 1, Nr. 2).
- Referat Gemeinschaftsaufgabe zur Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes (GAK)-Rahmenplan 2009 – 2012, Grundsätze für die Förderung der integrierten ländlichen Entwicklung: Seit 2008 fördern Bund und Länder gemeinsam im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe "Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes" (Gesetz über die Gemeinschaftsaufgabe "Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes" (GAKG)) Investitionen in Infrastrukturmaßnahmen, wozu auch die dezentrale Energieversorgung durch Erneuerbare Energien gehört. Die Förderung beinhaltet Infrastrukturmaßnahmen einschließlich notwendiger Vorarbeiten, wie Erhebungen, Konzepte und Gutachten sowie Planungsarbeiten. Gemeinde und Landkreise können hierbei bis zu 45 %, Privatleute oder Unternehmen bis zu 25 % gefördert werden. Letztere sind in der Gesamtförderung auf 200.000 € für drei Steuerjahre aufgrund einer bestehenden Deminimis-Klausel begrenzt.

Tabelle 16: Vergleich der Wärmenetzförderung zwischen MAP und KWKG
[eigene Darstellung]

	MAP-R 2012	KWK-G 2012
Gegenstand der Förderung	Neu- und Ausbau von Netzen; Errichtung von Hausübergabestationen	Neu- und Ausbau von Netzen
Voraussetzung Wärmeerzeugung aus	Solar $\geq 20\%$, Rest überwiegend aus hocheffizienter KWK, Abwärme oder WP; Oder EE (inkl. WP und Abwärme) $\geq 50\%$; biogener Anteil von Siedlungsabfällen gilt als EE	Versorgung der angeschlossenen Abnehmer zu mind. 60% aus KWK
Voraussetzung	Mindestens 500 kWh pro Jahr und Meter Trasse Mindestwärmeabsatz	keine Minimale Wärmemenge

	MAP-R 2012	KWK-G 2012
Fördersätze	60 €/m Hausübergabestationen: 1.800 € pro Station (nur falls kein Anschlusszwang und verbindliche Anschlussverträge bei Inbetriebnahme, nicht für Neubauten)	100 € pro m bis zu 100 mm mittlerer Durchmesser; max. 40 % der ansatzfähigen Investitionskosten Bei mehr als 100 mm mittlerer Durchmesser 30 % der ansatzfähigen Investitionskosten
Förderhöchstgrenze	max. 1,0 Mio. Euro für Wärmenetze; bei Geothermie bis zu 1,5 Mio. Euro; Wärmespeicher bis zu 1 Mio. € je Speicher, sofern nicht nach KWKG gefördert	maximal 10 Mio. Euro je Wärmenetz Soweit eine Förderung nach dem KWKG abgelehnt wurde, ist eine Förderung im MAP möglich

Bis einschließlich 2009 wurde im MAP ein Fördervolumen (Tilgungszuschüsse und Zinsvergünstigung) von rund 100 Mio. Euro umgesetzt [Breitschopf et al. 2010]. Die Förderung für den Netzausbau durch das KWKG initiierte gemäß BAFA rund 440 Anträge mit einem Fördervolumen von rund 25 Mio. Euro in 2009. In 2010 waren es bereits 590 Anträge mit einer Gesamttrassenlänge von etwa 530 km und mit einem Volumen von 42 Mio. Euro⁴⁸. Die bisherige Erfahrung aus der Antragsbearbeitung zeigt aber, dass der bewilligte KWK-Zuschlag aufgrund der Deckelung (max. 20 % der ansatzfähigen Investitionskosten) sehr oft geringer ist als der beantragte KWK-Zuschlag. In 2011 konnten 541 Inbetriebnahmen mit einer Gesamttrassenlänge von etwa 450 km und mit einem Volumen von 37 Mio. Euro verzeichnet werden.

Im Jahr 2009 wurden 100 Wärmenetze für eine Förderung durch die GAK angemeldet [BMELV 2009]. In 2010 waren es dagegen nur 72 [BMELV 2010]. In 2011 halbiert sich der Vorjahreswert und kommt somit auf gerade mal 35 bewilligte Netze [BMELV 2011]. Detailinformationen zur tatsächlichen Umsetzung der Projekte sowie technische Daten zu Brennstoff und Trassenlänge liegen nicht vor.

⁴⁸ BAFA: nach Inbetriebnahme der Netze im jeweiligen Jahr, Stand zum 07.04.2011
28.02.2013

Für die Förderungen im GAK-Rahmenplan gibt es laut Aussage des nova-Instituts für politische und ökologische Innovation GmbH, welches das Monitoring- und Evaluierungsnetzwerk „Agrarstruktur und ländliche Entwicklung Deutschland“ koordiniert, bislang keine zentrale Evaluierung oder Zahlenmaterial. Die Daten liegen jedoch den jeweiligen Bundesländern vor und müssen dort angefragt werden. Das Netzwerk selbst arbeitet derzeit an einer Zusammenführung der Daten. Ein voraussichtlicher Zeitpunkt für die Veröffentlichung steht bislang nicht fest.

5.8 Möglichkeiten der Kältebereitstellung

Die Erzeugung von Kälte in stationären und mobilen Anlagen bzw. Geräten ist eine unverzichtbare Voraussetzung für Herstellung, Transport und Lagerung von temperaturempfindlichen Produkten und Lebensmitteln, für die Durchführung industrieller und gewerblicher Prozesse und Verfahren sowie für die Klimatisierung von Gebäuden und Fahrzeugen. Der Kältemarkt in der Prozesstechnik kann entsprechend den Anwendungsgebieten wie folgt gegliedert werden:

- Klimakälte für Gebäude
- Niedertemperaturkälte (Kaltwasser)
- Kühlgeräte für Privathaushalte und Einzelhandel (Kühltheken)
- Kühlkälte in stationären Anlagen für Gewerbe & Industrie (Lagerung)
- Tieftemperaturkälte im produzierenden Gewerbe und Industrie

5.8.1 Kälteanwendungen in der Industrie

Tabelle 17: Temperatur- und Einsatzbereiche in der industriellen Kühltechnik [eta Energieberatung⁴⁹, ILK Dresden]

Branchen	Anzahl der Kälteanlagen	Temperaturbereiche bis				
		+6 °C	0 °C	-10 °C	-30 °C	-50 °C
Lebensmittelindustrie	15.000	1	2	2	3	3
Kunststoffindustrie	6.200	1				
Metallindustrie	2.000	1				
Chemie	1.700	1	2	2	3	3
Brauereien	1.200			2		
Molkereien	250		2	2		
Logistikzentren, Lager	200	1	2	2	3	

1 = Einsatzbereich von H₂O-LiBr Absorptionkälteanlagen

2 = Einsatzbereich von NH₃-H₂O Absorptionkälteanlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung

3 = Einsatzbereich von NH₃-H₂O Absorptions-Kompressions-Kaskadenkälteanlagen

Verglichen mit der Wärmeerzeugung ist der technische Kälteprozess eine sehr junge Technologie, da erst die Erfindung des Kühlschranks bzw. die Entwicklung der entsprechenden Kühltechnologie es ermöglichte, niedrige und auch sehr tiefe Temperaturen über eine lange Zeit zu garantieren. Aufgrund der vielseitigen Anwendungen in verschiedenen Bereichen, der technischen Auslegungen und Betriebsweisen sind statistische Daten nur beschränkt verfügbar. Eine umfangreiche Studie zum Kältebedarf wurde für das Jahr 1999 durchgeführt,

Die industrielle Kälteerzeugung erstreckt sich über einen breiten Temperaturbereich (vgl. Tabelle 18). Es gibt Anwendungen in der Industriekälte von -196°C bis 0°C, primär wird die Kälte zur Prozesskühlung genutzt.

⁴⁹ „Kälte aus Wärme“, Vortrag bei CARMEN Fachgespräche; Okt. 2008

Dazu kommt die Klimatisierung mit Kühltemperaturen über 0°C (Abfuhr sensibler und eventuell auch latenter Lasten) von Gebäuden und Produktionsstätten sowohl zur Komfortsteigerung als auch zur Produktionskühlung.

Insbesondere in der Nahrungsmittelindustrie ist der Übergang zwischen Prozesskühlung und Klimatisierung im Sinne von Lebensmittel- und Produktionskühlung fließend und nicht immer eindeutig abzugrenzen. Der Temperaturbereich erstreckt sich von der Kühlung der Verarbeitungsräume bei +15°C⁵⁰ und der Lagerung gekühlter Produkte (Normalkühlung) bei Temperaturen zwischen +8°C und -1°C⁵¹ über die Tiefkühlung bei -25°C bis hin zu Gefrierbedingungen bei -35°C⁵².

Tabelle 18: Kälteeinsatzgebiete, Temperatur und Leistung⁵³
[eigene Darstellung]

Anwendungsgebiet	Primärer Zweck	Kühltemperatur [°C]	Kälteleistung [kW]
Industriekälte	Prozesskühlung	-196 bis 0	100 bis einige MW
Nahrungsmittelindustrie	Kühlung	-35 bis +15	50 bis einige MW
Klimaanlagen (luftgekühlt)	Kühlung/Entfeuchtung	über 0	2 bis 420
Klimaanlagen (wassergekühlt)	Klimatisierung (Produktion, Komfort)	über 0	7 bis 35.000

5.8.2 Thermische Kälteanlagen

Das EEWärmeG verpflichtet nicht nur zu einer Nutzung von Erneuerbaren Energien im Wärmebereich, sondern bindet auch die Kälteerzeugung mit ein. Der Großteil der Kälteanlagen nutzt dabei elektrisch angetriebene Kompressionskältemaschinen. Es existieren aber auch thermisch angetriebene Prozesse, welche solare Strahlungsenergie und Wärme aus Biomasse, Geothermie und KWK (hier die Ersatzmaßnahme gemäß § 7 EEWärmeG) zur Kälteerzeugung nutzbar machen können.

Die älteste und bewährteste Methode der "thermischen" Kühlung bzw. Kälteerzeugung ist die Verdunstungskühlung. Die überwiegende Zahl der Kältemaschinen ist als elektrisch angetriebene Kompressionskältemaschine (KKM) ausgeführt. Als Alternative hierzu haben sich für Anwendungsbereiche bis ca. -10°C bzw. -20°C sogenannte Sorptionskältemaschinen etabliert. Die Regenerierung (Desorption) des Kältemittels erfordert eine Wärmezufuhr, die durch EE-Träger bereitgestellt werden kann. Daraus lässt sich das Potenzial für erneuerbare Energien

⁵⁰ Vgl. Institut für Luft- und Kältetechnik (ILK) Dresden (2002), S. 37.

⁵¹ Vgl. Kurzhals (2007), S. 14.

⁵² Vgl. Forschungszentrum für Kältetechnik und Wärmepumpen GmbH (FKW) (2002), S. 22.

⁵³ Vgl. ebd., S. 20 ff.; Institut für Luft- und Kältetechnik (ILK) Dresden (2002), S. 10 und 37.

im Prozesskältemarkt ableiten. Tabelle 17 gibt einen Überblick über die Anwendungsbereiche von Absorptionskältemaschinen (AKM). Für tiefere Temperaturen ab ca. -20°C sind Absorptionskälteanlagen aufgrund des höheren Energieeinsatzes zur Regenerierung des Kälte-/Lösungsmittelgemisches nicht mehr geeignet, so dass für diesen Temperaturbereich konventionelle KKM oder Kombinationen aus AKM und KKM (Kaskadennutzung) eingesetzt werden.

Im Folgenden werden die einzelnen Technologien näher beschrieben.

Absorptionskältemaschinen

Im Gegensatz zu der mechanischen Verdichtung bei Kompressionskältemaschinen sind Absorptionskältemaschinen sogenannte thermische Verdichter, in denen die Temperaturabhängigkeit eines Kältemittels und eines Lösungsmittels genutzt wird. Die Anlagen werden entweder mit Wasser als Kältemittel und Lithiumbromid als Lösungsmittel oder mit Ammoniak als Kältemittel und Wasser als Lösungsmittel betrieben.

Die grundlegenden Elemente einer Absorptionskältemaschine, sind der Austreiber (Generator), der Kondensator, der Verdampfer sowie der Absorber. Die nutzbare Kältewirkung wird im Verdampfer erreicht, indem das Kühlmittel bei sehr niedrigem Druck und geringer Temperatur verdampf wird und dadurch dem Kaltwasserkreislauf Wärme entzogen wird. Der Kältemitteldampf muss ständig entzogen werden, da sonst der Sättigungsdruck im Verdampfer erreicht und der Prozess nicht weiterlaufen würde. Dies wird durch den Absorber geleistet, indem die Eigenschaft des Lösungsmittels, den Kältemitteldampf in der Luft zu binden, genutzt wird. Die resultierende Lösung wird in im nächsten Schritt in den Austreiber gepumpt, damit auch hier eine Sättigung und Beendigung des Prozesses verhindert wird. Im Austreiber wiederum wird die Lösung aus Kälte- und Lösungsmittel durch Zufuhr von Antriebswärme regeneriert. Das Temperatur- und Druckniveau ist jedoch dabei wesentlich höher als im Verdampfer. Das Lösungsmittel wird in den Absorber zurückgeführt, während das Kühlmittel mit Hilfe von Kühlwasser kondensiert wird und über ein Expansionsventil zurück in den Verdampfer geführt wird.

Die nötige Antriebswärme wird bei den meisten Absorptionskältemaschinen durch Abwärme, Fernwärme, KWK oder fossil befeuerten Kessel bereitgestellt. Bei einem Betrieb mit Solarkollektoren ist in der Praxis eine zweite Wärmequelle sowie ein Wärmespeicher erforderlich, damit die Kühlleistung auch zu Verfügung steht, wenn keine Solarwärme erbracht werden kann [Clausen, J. 2007].

Ein entscheidender Parameter für einen möglichen Betrieb mit einer Solarkollektoranlage ist das nötige Temperaturniveau bzw. die zu erbringende Kühlleistung. Standardmäßig liegt die Kühlleistung der Anlagen bei mehrten 100 Kilowatt. Werden die Maschinen einstufig, also mit einem Generator betrieben ist eine Wärmequellentemperatur von 80°C erforderlich, während diese bei zweistufig betriebenen Maschinen bei über 140°C liegen. Mittlerweile sind auch kleinere

28.02.2013

Maschinentypen mit Leistungen unter 50 Kilowatt verfügbar, die in Teillast bei Wärmquellentemperaturen um 65°C laufen. Mit geringeren Temperaturen nimmt jedoch auch der Wirkungsgrad ab.

Adsorptionskältemaschinen

Während das Wirkungsprinzip bei Absorptionskältemaschinen eine chemische Bindung zwischen Kälte- und Sorptionsmittel ist, ist es bei Adsorptionskältemaschinen eine physikalische Bindung der selbigen. Zudem wird in Adsorptionskältemaschinen anstelle einer Flüssigkeit ein festes Sorptionsmittel (Silikagel) verwendet, an den das Kältemittel (Wasser) angelagert wird. Der wesentliche verfahrenstechnische Unterschied zu der Absorptionsmaschine besteht damit darin, dass das Sorptionsmittel nicht umgewälzt werden kann. Die Maschine besteht aus zwei Kammern, die mit Silikagel gefüllt sind, sowie einem Verdampfer und einem Kondensator. Die zwei Kammern werden wechselseitig genutzt um den im Verdampfer erzeugten Kältemitteldampf zu adsorbieren bzw. diesen nach Sättigung durch Zufuhr von thermischer Energie wieder auszutreiben (Regeneration) [Henning et al. 2009]

Die Nutzkälte wird auch hier dadurch erzeugt, dass das Kältemittel bei niedrigem Druck und Temperatur verdampf wird und dadurch der Umgebung bzw. der Kaltwasserleitung Wärme entzogen wird. Der Wasserdampf wird durch das gekühlte Silikalgel in der Absorberkammer adsorbiert und gibt die freiwerdende Wärme über den Kühlwasserkreislauf ab. Das Kältemittel wird durch Wärmezufuhr in der Desorberkammer ausgetrieben und anschließend im Kondensator verflüssigt. Die Funktion der Kammern wird umgeschaltet, sobald die Kühlleistung auf einen bestimmten Wert gesunken ist. Insgesamt läuft ein Takt inklusive der Umschaltphase ungefähr sieben Minuten. Die Kühlleistung von Adsorptionskältemaschinen liegt zwischen 50 und 500 Kilowatt [O.Ö. Energiesparverband 2005].

Der Vorteil der Adsorptionskältemaschine bezüglich des Betriebes mit einer Solaranlage liegt in einer möglichen Nutzung bei vergleichsweise niedrigen Wärmquellentemperaturen von 60°C. Insgesamt vorteilhaft sind auch die Robustheit durch den einfachen mechanischen Aufbau und der geringe Stromverbrauch, da keine Sorptionsmittelpumpe nötig ist. Nachteilig sind die großen Abmessungen und das Gewicht der Maschine, die den Einbau in bestehende Gebäude erschweren. Zudem sind aufgrund der geringen Produktionsstückzahlen die Anschaffungskosten sehr hoch.

Sorptionsgestützte Kälteerzeugung

Sorptionsgestützte Klimatisierungsanlagen (SGK), die aufgrund der englischen Bezeichnung - „Desiccative and Evaporative Cooling“ – auch DEC-Klimaanlagen genannt werden, arbeiten mit einem offenen Kreislauf, in dem die Kühlwirkung durch direkten Kontakt mit der Atmosphäre erreicht wird. Als Kältemittel kann daher nur Wasser eingesetzt werden, welches nach dem Durchlauf aus dem System ausgeschleust und ersetzt wird.

28.02.2013

Die Grundlage der Technologie bildet das Prinzip der Außenluftentfeuchtung durch Anlagerung von Wasserdampf an einem Adsorptions- oder Absorptionsmittel [Henning et al. 2009]. Die häufigste Anwendungsform ist der sogenannte Sorptionsrotor. Dabei wird die warme Außenluft durch ein Sorptionsrad angesaugt und durch Adsorption von Wasser an einem Feststoff wie Silicagel entfeuchtet, was einen Temperaturanstieg zur Folge hat. In einem Wärmerückgewinner wird daraufhin die Zuluft mit Hilfe zusätzlich befeuchteter kühler Raumluft aus dem Abluftstrang vorgekühlt. Im dritten Schritt wird die Zuluft durch Befeuchtung und resultierender Verdunstungskühlung auf den gewünschten Raumluftzustand gebracht. Um eine effiziente Wärmerückgewinnung zu erreichen, wird die Temperatur der Abluft ebenfalls durch maximale Befeuchtung bzw. Verdunstungskühlung herabgesetzt. Damit die Außenluftentfeuchtung kontinuierlich ablaufen kann, muss das im Sorptionsrad adsorbierte Wasser an die Abluft abgegeben werden. Dafür wird die durch Wärmerückgewinner bereits erwärmte, trockene Abluft durch einen Luftherhitzer – Solarkollektor und/oder Reservewärme – auf ein Temperaturniveau von 50 bis 75°C gehoben, wodurch das Sorptionsrad regeneriert wird [O.Ö. Energiesparverband 2005].

5.8.3 Kälte aus reversibel laufenden Wärmepumpen

Es existieren zwei Betriebsarten, nach denen eine WP zu Kühlzwecken eingesetzt werden kann:

- Aktive Kühlung (auch als umkehrbarer oder reversibler Betrieb bezeichnet)
- Passive Kühlung (auch als „natural cooling“ bezeichnet)

Bei der aktiven Kühlung wird der Wärmefluss von Kompressions-WP umgekehrt, sodass sie nicht mehr der Außenluft sondern der Raumluft Wärme entzieht. Die dabei entstehende Abwärme wird dann entweder der Umwelt zugeführt oder kann zur zusätzlichen Brauchwassererwärmung genutzt werden. Der Verdampfer im Heizbetrieb wird im Kühlbetrieb zum Verflüssiger und überträgt die aus dem Gebäude aufgenommene Wärme auf das gasförmige Kältemittel, welches die Wärmeenergie über den Wärmetauscher an die Umwelt abgibt. Da hierbei ebenfalls der Verdichter arbeitet und dabei wie im Wärmebetrieb Wärme erzeugt, die aber nicht genutzt werden kann, ist die Effizienz von Kompressions-WP im Kühlbetrieb deutlich schlechter als im Heizbetrieb.

Bei der passiven Kühlung wird die Temperatur des Erdreichs bzw. des Grundwassers ohne Einsatz des Verdichters genutzt und kommt somit ausschließlich bei S/W- und W/W-WP zum Einsatz. Die Heizkreispumpen befördern das auf Raumtemperatur erwärmte Heizungswasser und die Primärpumpe das Wärmeträgermedium (Sole oder Wasser) zum Wärmetauscher. Das gekühlte Heizungswasser wird zum Heizungsabgabesystem zurückgeführt und kann dort wieder Wärmeenergie aufnehmen. Die passive Kühlung ist eine besonders

energiesparende Kühlmethode, da lediglich Energie zum Betrieb der Umwälzpumpen benötigt wird. Die Abwärme des Gebäudes, die dem Erdreich bzw. Grundwasser zugeführt wird, trägt zur Regeneration der Wärmequelle bei, kann allerdings bei längeren Hitzeperioden gegen Ende des Sommers zu einer Verminderung der Kühlleistung führen.

Zwingende Voraussetzung für beide Arten des Kühlbetriebs sind Flächenheizungen oder Ventilator-Konvektoren bzw. bei größeren Gebäuden thermisch aktivierte Bauteile oder Kühldecken, da Radiatoren aufgrund ihrer relativ kleinen Oberfläche eine zu geringe Wärmeübertragung bieten und zu Kondenswasserbildung neigen. Um Kondenswasserbildung auch an großen Wärmeübertragungsflächen zu unterbinden, werden in der Regel Taupunktüberwachungssysteme betrieben, die verhindern, dass die Oberflächentemperaturen der Übertragungsflächen 20°C nicht unterschreiten [Viessmann 2007].

Im Gegensatz zu anderen Ländern (z.B. die USA), werden WP in Deutschland bisher nur in wenigen Fällen auch zum Kühlen eingesetzt. Wird eine aktive Kühlung des Gebäudes erwünscht, wird dies in der Regel durch ein zusätzliches Kühlaggregat realisiert.

5.8.4 Bereitstellungspfade von Kälte in Kältenetzen

Die Bereitstellung von Kälte erfolgt oftmals über Ab- und Sorptionskälteanlagen (wie oben bereits beschrieben) aus Fernwärme sowie durch Kältekompansionsanlagen.

Zu den innovativeren Lösungen kann sicherlich die Dampfstrahlkälteanlage gezählt werden. Bei der Dampfstrahlkältemaschine handelt es sich im Prinzip um eine thermisch angetriebene Kompressionskältemaschine. Der Prozess besteht dabei aus dem Treib- und dem Kältemittelkreislauf, wobei fast immer als Treib- und Kältemittel Wasser eingesetzt wird. Gelegentlich werden auch Propan oder Kältemittel verwendet, letztere vor allem für die Dampferzeugung in Sonnenkollektoren.

Das zentrale Element ist der Dampfstrahlverdichter, der aus Treibdüse, Mischkammer und Diffusor besteht. Die Treibdüse des Strahlverdichters setzt die Druckenergie des Treibdampfes in Strömungsenergie um, so dass durch den sogenannten Impulsaustausch in der Mischkammer Kältemitteldampf aus dem Verdampfer angesaugt wird. Das Verdampfen entzieht dem Rücklauf des Kaltwassernetzes Energie und kühlt das Fluid ab. Dabei können auch Temperaturen unter 0°C erreicht werden.

Der Diffusor wandelt schließlich die Strömungsenergie des Mischdampfes aus Treib- und Kältemitteldampf wieder in Druckenergie um, der Dampf kondensiert aus und fließt in den Verdampfer zurück. Die entstehende Kondensationswärme wird an einen Rückkühlkreislauf abgegeben. [BINE 2002]

Als Vorteile dieser Technologie sind zu nennen [Kolb 2004]

- Kein mechanischer Antrieb / keine bewegten Teilepreiswert (billiger als jede andere Kälteanlage für denselben Zweck)
- betriebssicher (sehr einfach in der Bedienung)
- kostenarm (bei Wartungs- und Reparaturdienst)
- ungefährlich und umweltfreundlich (Wasser als Kälte- und Treibmittel)
- geringe Betriebskosten (falls ausreichend Abdampf als Treibmittel vorhanden)

Zu den Nachteilen gehören:

- Hoher Treibdampfverbrauch (also auch Energieverbrauch zur Dampferzeugung)
- Hoher Kühlwasserverbrauch (da im allgemeinen das Kühlwasser nur geringfügig erwärmt werden darf)
- Schlechte Regelfähigkeit bei variablen Betriebsbedingungen
- schmaler Temperaturbereich für den Einsatz als Kältemaschine

In einigen Netzen wird zudem Grundwasser als direkte Kühlquelle verwendet.

5.8.5 Techniken zur Reduktion /Vermeidung des Kühlenergiebedarfs

Bei alternativen Kühltechniken sollte grundsätzlich zwischen Wohn- und Nichtwohngebäuden, jedoch aber auch zwischen Altbau und Neubau unterschieden werden.

Während beim Neubau größere Maßnahmenspielräume bestehen, um möglichen Behaglichkeitsdefiziten mit geringen Aufwand entgegen zu wirken, sind beim Altbau i.d.R. speziell auf die individuellen Gegebenheiten maßgeschneiderte Lösungen erforderlich.

Im Folgenden werden die unterschiedlichen alternativen Klimatechniken aufgeführt.

Sonnenschutz

Grundsätzlich sind beim Sonnenschutz folgende Eigenschaften zu unterscheiden, die sich sowohl in Ihrer Wirksamkeit als auch in den erforderlichen Investitionskosten erheblich unterscheiden:

- Interne oder externe Verschattung
- Fixe oder bewegliche Verschattungseinrichtungen
- Automatische oder manuelle Bedienung

Externe Verschattungseinrichtungen sind deutlich effizienter als die i.d.R. sehr ineffizienten innenliegenden Sonnenschutzvorrichtungen, bei denen die Solarstrahlung zum überwiegenden Teil im Raum in Wärme umgewandelt wird. Insbesondere bei östlichen oder westlichen Fassaden sind bewegliche Verschattungseinrichtungen zu bevorzugen. Um eine Sonnenschutzwirkung auch während der Abwesenheit der Nutzer zu erzielen und um Fehlregelungen

vorzubeugen, ist eine automatische Regelung (mit einer aus Gründen der Nutzerakzeptanz notwendigen manuellen Übersteuerungsmöglichkeit) erforderlich.

Lüftungskühlungskonzepte

Insbesondere in sommerkühlen Regionen sind die Häufigkeiten, an denen die Außentemperaturen zu warm sind, um eine direkte Lüftungskühlung zu ermöglichen, so gering, dass hierdurch erhebliche Kühlenergieeinsparungen, bis hin zur Vermeidung einer aktiven Kühlung erzielt werden können. Um die Potentiale einer Nachtkühlung möglichst umfassend ausschöpfen zu können, ist das Vorhandensein einer ausreichenden thermischen Speicherfähigkeit erforderlich.

Folgende Lüftungskühlungskonzepte können unterschieden werden:

- Mechanische Lüftung oder freie Lüftung
- Freie Lüftung mit motorischer oder manueller Bedienung
- Mechanische Lüftung: zentral oder dezentral
- Nacht- oder Taglüftung
- Automatische oder manuelle Regelung

Aktivierung von thermischen Speichermassen

Eine massive Bauweise kann nur dann zu einer merklichen Reduzierung des Kühlenergiebedarfs beitragen, wenn zum einen eine effiziente Nachtlüftungskühlung vorliegt und zum anderen sichergestellt werden kann, dass die natürliche Kühlenergie z.B. durch massive freie Betondecken auch von den thermischen Speicherelementen aufgenommen werden kann. In diesem Zusammenhang sind auch Betonkernaktivierungssysteme und PCM-Speichersysteme zu erwähnen.

Reduktion von inneren Lasten

Häufig können nicht nur die externen Lasten sondern insbesondere in Bürogebäuden auch die inneren Lasten reduziert werden. Hierbei sind u.a. folgende Wärmequellen zu beachten:

- Vermeidung von Standby-Betrieb (Abschalten ungeneigter Verbraucher über Nacht)
- Einsatz Energieeffiziente Geräte (PC, Bildschirme, Drucker, Kopierer)
- Effiziente Beleuchtungssysteme (Vorsehung von Anwesenheits- und Helligkeitsregeleinrichtungen, individuelle bedarfsabhängige Arbeitsplatzbeleuchtung anstelle von hoher gleichmäßiger Grundbeleuchtung)
- Gleichmäßige Belegung, bzw. bei unvollständiger Belegung bevorzugte Belegung von Ost- und Nordräumen im Sommer.

Optimierung des Regelkonzeptes/ Wartung

Selbst hocheffiziente Anlagen werden zu „Energiefressern“, wenn sie nicht optimal eingeregelt sind und / oder nicht ausreichend gewartet werden.

Im Folgenden werden einige wesentliche diesbezügliche Punkte aufgezählt:

- Regelmäßiger Filterwechsel und ggf. Wärmetauscherreinigung
- Vermeidung von hohen Pumpen- und Lüftungslaufzeiten
- Prüfung der Regelparameter für Temperaturen und Luftmengen

Nutzerinformation

Da die meisten Systeme mehr oder minder abhängig von Nutzereinflüssen sind, ist zumindest eine Information der Nutzer über die Auswirkungen seiner Handlungen sinnvoll. Auch wenn natürlich allein durch Information nicht selbstverständlich ein optimales Nutzerverhalten vorausgesetzt werden kann.

Bei folgenden Punkten ist mit einem erheblichen Nutzereinfluss zu rechnen:

- Energieeffizienter Betrieb von Geräten (Bildschirmschoner , Drucker, Kopierer..)
- Sonnenschutzregelung
- Temperaturzielwert der Kühleinrichtungen
- Fensterlüftungsverhalten
- Abschalten nicht benötigter Beleuchtung

Messeinrichtungen

Anders als bei Heizungsanlagen wird der Energieverbrauch von Klimaanlage in den seltensten Fällen separat gemessen. Eine Messung des Energiebedarfs stellt jedoch die Grundvoraussetzung zur Beurteilung der Handlungsrelevanz und der Wirksamkeit durchgeführter Verbesserungen dar. Obwohl die Messung keine direkte Maßnahme zur Kühlenergiebedarfsreduktion ist, soll sie daher an dieser Stelle jedoch als eine der (erforderlichen) Technik zur Reduktion des Kühlbedarfs hervorgehoben werden.

Raum- und stadtplanerische Handlungsmöglichkeiten

Durch eine geeignete Raum- und Stadtplanung kann einer sommerlichen Hitzeinselbildung, wie sie häufig in Ballungszentren zu beobachten ist, wirksam entgegen gewirkt werden. Auf der Ebene der Regionalplanung ist die Ausweisung von regionalen Grünzügen ist möglich. Sie können u.a. größere unversiegelte Flächen, insbesondere Wälder, Seen und Flussauen umfassen und damit auch die Funktion von Kaltluftentstehungs- und Luftregenerationsgebieten übernehmen. Des Weiteren dienen die Grünzüge der Gliederung des Siedlungsraumes und tragen als Kaltluftleitbahnen und Frischluftschneisen dazu bei, sommerliche Temperatur-extreme in hitzebelasteten Siedlungsräumen zu reduzieren.

Im innerstädtischen Bereich können regionale Grünzüge durch baumbestandene Stadtstraßen, gut gestaltete begrünte Stadtplätze, Grün- und Wasserflächen sowie Dach- und Fassadenbegrünung ergänzt werden. Die Verschattungs- und Kühlwirkung dieser Maßnahmen kann die Hitzebelastung in der Umgebung senken. Städte und Gemeinden nutzen bereits verschiedene Instrumente; um Maßnahmen zur Entwicklung des städtischen Grüns auch zur Minderung sommerlicher

thermischer Belastungen zu nutzen. Kommunen können auf der Grundlage des Baugesetzbuches, beispielsweise Dach- und Fassadenbegrünungen in einem Bebauungsplan festzusetzen. Auch die Möglichkeit der Minderung der Gebühren für Niederschlagswasser durch die Anrechenbarkeit unversiegelter Flächen und begrünter Dächer auf Grundstücken auf der Basis gesplitteter Abwassersatzungen besteht bereits in vielen Städten.

6. Energiebedarfsrechnungen und Ergebnisse

Zur Berechnung der Effekte der verwendeten Erneuerbaren Energiesysteme in Gebäuden (Kosten, CO₂-Minderung, Reduktion fossiler Energieträger) werden Referenzgebäude definiert, an denen im Folgenden Modellrechnungen durchgeführt werden.

6.1 Untersuchte Referenzgebäude

Die Modell-Gebäudetypen werden zunächst definiert um Energiebedarfsrechnungen in Kapitel 6 und Wirtschaftlichkeitsanalysen in Kapitel 7 durchzuführen.

Bestandsgebäude

- EFH-Bestandsgebäude (Gebäudetypologie des Institut Wohnen und Umwelt (IWU) von 2003)
- MFH-Bestandsgebäude (Gebäudetypologie des IWU von 2003)
- Bürogebäude (eigenes Bsp., errichtet 1964)
- Sanierte EFH (nach WschV95)
- Sanierte MFH (nach WschV95)
- Saniertes Bürogebäude (nach WschV95)

Neubauten

- EFH Neubau (nach EnEV 2009)
- MFH Neubau nach EnEV 2009
- Bürogebäude Neubau (nach EnEV 2009)
- Supermarkt nach (nach EnEV 2009)
- EFH Neubau (Passivhaus)
- MFH Neubau (Passivhaus)
- Bürogebäude Neubau (Passivhaus)

Hierbei ist aus der IWU Gebäudetypologie ein EFH sowie ein MFH aus der Baualtersklasse E (1958-1968) ausgewählt worden. Die Baualtersklasse „E“ hat bei beiden Gebäudetypen die höchste Anzahl an Wohneinheiten des jeweiligen Häusertyps im Gebäudebestand vor 1995. Die vorhandenen Wohneinheiten des EFH und des MFH liegen jeweils über 2,2 Mio. Die Wohnfläche des EFH-Typs beträgt ca. 235 Mio. m² und die des MFH-Typs ca. 150 Mio. m².

6.1.1 Einfamilienhäuser (EFH)



Das EFH der Baualtersklasse E (1958-1968)

Das EFH ist eine 1 ½ geschossiges Haus mit einer Wohnfläche von 242 m² bei einem Gebäudevolumen von 934 m³. Das Dachgeschoss ist ausgebaut. Das Haus ist unterkellert. Die Hüllfläche beinhaltet Außenwand (U-Wert 1,44 W/(m² K)), Dachschrägen (U-Wert 0,92 W/(m² K)), Kellerdecke (U-Wert 0,97 W/(m² K)) und Fenster (U-Wert 2,9 W/(m² K)). Der

Heizwärmebedarf liegt bei ca. 176 kWh/(m² a) und der Primärenergiebedarf je nach Heiztechnik zwischen 59 und 248 kWh/(m² a).

Hier wurde davon ausgegangen, dass das Gebäude nach ca. 30 Jahren vollsanziert wird. Dadurch richten sich die gewählten Dämmstandards nach der damals gültigen Wärmeschutzverordnung von 1995 (WschV95). Die Außenwand liegt demnach bei einem U-Wert von 0,4 W/(m² K), Dachschrägen bei U-Wert 0,3 W/(m² K), Kellerdecke bei U-Wert 0,5 W/(m² K) und Fenster bei U-Wert 1,8 W/(m² K). Wärmebrücken sind nicht optimiert und werden mit pauschal 0,1 W/(m² K) angesetzt. Der Heizwärmebedarf liegt bei ca. 80 kWh/(m² a) und der Primärenergiebedarf je nach Heiztechnik zwischen 36 und 137 kWh/(m² a).

Das EFH nach EnEV 2009

Hierbei wurde eine vom Gebäude der Baualtersklasse E abweichende Geometrie gewählt, die einem typischen Neubau entspricht. Die U-Werte variieren je nach eingesetzter Heizungstechnik; die Spanne liegt bei 0,12 – 0,28 W/(m² K) für die Außenwand, bei 0,13 – 0,2 W/(m² K) für das Dach, bei 0,2 - 0,35 W/(m² K) für die Kellerdecke und bei 0,8 – 1,3 W/(m² K) für die Fenster. Der Wärmebrückenverlust wurde mit 0,05 W/(m² K) angesetzt, da eine Reduzierung der Wärmebrücken nach EnEV 2009 vorgeschrieben und auch umsetzbar ist. Der Heizwärmebedarf liegt je nach U-Werten bei ca. 37 - 60 kWh/(m² a) und der Primärenergiebedarf je nach Heiztechnik zwischen 32 und 78 kWh/(m² a). Da die gewählte Anlagentechnik einen sehr starken Einfluss auf den Primärenergiebedarf hat und die weiteren Berechnungen für Standardanlagentechniken und –einsatzfälle Gültigkeit haben sollen, wurden bei der Anlagentechnik Standardwerte nach der DIN V 4701-10 angesetzt. Um alle Kombinationen mit den gleichen Randbedingungen berechnen zu können, wurde das detaillierte Verfahren zur Berechnung der Anlagenaufwandszahl verwendet. Für das EFH nach EnEV 2009 wurde eine Fußbodenheizung mit Einzelraumregelung (Schaltdifferenz 0,5 K) angesetzt. Der Wärmeerzeuger und der Warmwasserspeicher stehen innerhalb der beheizten Gebäudehülle. Die zentrale

Warmwasserbereitung erfolgt mittels Zirkulation. Die Wärmeerzeugung erfolgt mittels Öl-Brennwertkessel.

Das EFH nach EnEV muss bei der oben beschriebenen Anlagentechnik (Anlagenaufwandszahl = 1,37) zur Erreichung des EEWärmeG über die Ersatzmaßnahme 15%ige Unterschreitung der EnEV folgende U-Werte erzielen:

- Außenwand $U = 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ (ca. 28 cm Dämmung der Wärmeleitgruppe (WLG) 035)
- Dach $U = 0,13 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
- Kellerdecke $U = 0,21 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ (ca. 14 cm WLG 035)
- Fenster $U = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

Das EFH als Passivhaus

Hierbei wurde eine vom Gebäude der Baualtersklasse E abweichende Geometrie gewählt, die einem typischen Neubau entspricht. Die U-Werte liegen bei $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ für die Außenwand, bei $0,11 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ für das Dach, bei $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ für die Kellerdecke und bei $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ für die Fenster. Das Haus ist wärmebrückenfrei konstruiert. Eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnungsgrad ($> 90 \%$) reduziert die Lüftungsverluste. Eine Dichtigkeitsprüfung sowie ein geringer anlagentechnischer Luftwechsel von $0,35 \text{ h}^{-1}$ vermindern weitere Lüftungsverluste. Der Heizwärmebedarf liegt bei ca. $27 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$ und der Primärenergiebedarf je nach Heiztechnik zwischen 25 und $43 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$.

6.1.2 Mehrfamilienhäuser (MFH)

Das MFH der Baualtersklasse E (1958-1968)



Das MFH hat 4 Vollgeschosse, 32 Wohneinheiten mit einer Wohnfläche von 2845 m^2 bei einem Gebäudevolumen von 10397 m^3 . Das Dachgeschoss ist nicht ausgebaut. Das Haus ist unterkellert. Die Hüllfläche beinhaltet Außenwand (U-Wert $1,21 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$), obere Geschosdecke (U-Wert $2,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$), Kellerdecke (U-Wert $0,97 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$) und Fenster (U-Wert $2,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$).

Die Wärmebrücken werden pauschal mit $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ angesetzt. Der Heizwärmebedarf liegt bei ca. $158 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$ und der Primärenergiebedarf je nach Heiztechnik zwischen 44 und $210 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$.

Das sanierte MFH der Baualtersklasse E (1958-1968)

Wie oben beim EFH ausgeführt wurde auch beim MFH davon ausgegangen, dass das Gebäude nach ca. 30 Jahren vollsaniert wird. Dadurch richtet sich der gewählte Dämmstandard nach der damals gültigen Wärmeschutzverordnung von 1995 (WschV95). Die Außenwand liegt demnach bei einem U-Wert von $0,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$,

Dachschrägen bei U-Wert $0,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$), Kellerdecke bei U-Wert $0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$) und Fenster bei U-Wert $1,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$). Wärmebrücken sind nicht optimiert und werden mit pauschal $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ angesetzt. Der Heizwärmebedarf liegt bei ca. $71 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$ und der Primärenergiebedarf je nach Heiztechnik zwischen 26 und $112 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$.

Das MFH nach EnEV 2009

Ähnlich wie beim EFH wurde auch für diesen Fall eine vom Gebäude der Baualtersklasse E abweichende Geometrie gewählt, die einem typischen Neubau entspricht. Die U-Werte variieren je nach eingesetzter Heizungstechnik; die Spanne liegt bei $0,08 - 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ für die Außenwand, bei $0,08 - 0,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ für das Dach, bei $0,1 - 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ für die Kellerdecke und bei $0,7 - 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ für das Fenster. Der Wärmebrückenverlust wurde mit $0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ angesetzt, da eine Reduzierung der Wärmebrücken nach EnEV 2009 vorgeschrieben und auch umsetzbar ist. Der Heizwärmebedarf liegt je nach U-Werten bei ca. $23 - 40 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$ und der Primärenergiebedarf je nach Heiztechnik zwischen 19 und $57 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$.

Das MFH als Passivhaus

Hierbei wurde eine vom Gebäude der Baualtersklasse E abweichende Geometrie gewählt, die einem typischen Neubau entspricht. Die U-Werte liegen bei $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ für die Außenwand, $0,11 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ für das Dach, $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ für die Kellerdecke und $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ für das Fenster. Falls die eingesetzte Heizungstechnik ein Erdgas Brauchwasser (BW)-Kessel ist, beträgt der U-Wert der Kellerdecke $0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$. Das Haus ist wärmebrückenfrei konstruiert. Eine Lüftungsanlage mit WRG ($>90\%$) reduziert die Lüftungsverluste. Eine Dichtigkeitsprüfung sowie ein geringer anlagentechnischer Luftwechsel von $0,35 \text{ h}^{-1}$ vermindern weiter die Lüftungsverluste. Der Heizwärmebedarf liegt bei ca. $4,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$ und der Primärenergiebedarf je nach Heiztechnik zwischen 11 und $31 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$.

6.1.3 Bürogebäude

Das Bürogebäude der Baualtersklasse E (1958-1968)



Hier wurde ein Bürogebäude mit Baujahr 1964 den Berechnungen zugrunde gelegt. Die Nettogrundfläche (A_{NGF}) des Gebäudes beträgt 2.641 m^2 , die Hüllfläche $5.445,5 \text{ m}^2$ und das beheizte Volumen 9.240 m^3 . Daraus ergibt sich ein A/V-Verhältnis von $0,59$. Das Gebäude ist also ein kleines bis mittleres Bürogebäude.

Das Gebäude weist eine Stahlbetonskelettbauweise auf, wobei unter den Fensterelementen teilweise Paneele oder ausgemauerte Wandscheiben befinden. Die U-Werte der Außenwand liegen bei ca. $4,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$, die des Daches bei ca. $0,90 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$, die der Kellerwand bei $3,53 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ und die der Fenster bei ca. $1,58 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$. Der Heizwärmebedarf liegt bei

ca. 300 kWh/(m² a) und der Primärenergiebedarf je nach Heiztechnik zwischen 143 und 460 kWh/(m² a).

Das sanierte Bürogebäude

Auch dieses Gebäude wurde fiktiv saniert und auf den Stand der WschV95 gebracht. Hierzu wurde die Gebäudehülle an der Außenwand mit 10 cm gedämmt. Die U-Werte der neuen Außenwand liegen bei ca. 0,36 W/(m² K), die des sanierten Daches bei ca. 0,24 W/(m² K), die der sanierten Kellerdecke bei ca. 0,36 W/(m² K) und die der neuen Fenster bei ca. 1,58 W/(m² K). Der Heizwärmebedarf liegt bei ca. 109 kWh/(m² a) und der Primärenergiebedarf je nach Heiztechnik zwischen 88 und 204 kWh/(m² a).

Das Bürogebäude nach EnEV 2009

Um den Energieverbrauch des Gebäudes nach der EnEV 2009 zu bestimmen, wurden die U-Werte durch Dämmmaßnahmen weiter verbessert. Des Weiteren wurde die Beleuchtung auf den Stand der Technik gebracht und entspricht den Referenzwerten der EnEV 2009 (EVG teilweise mit Präsenzmelder und Konstantlichtregelung). Die U-Werte variieren je nach eingesetzter Heizungstechnik; die Spanne liegt bei 0,21 - 0,2 W/(m² K) für die Außenwand, bei 0,10 – 0,20 W/(m² K) für das Dach, bei 0,35 W/(m² K) für die Kellerdecke und bei 0,79 - 1,3 W/(m² K) für die Fenster. Der Heizwärmebedarf liegt je nach U-Werten bei ca. 61 – 81 kWh/(m² a) und der Primärenergiebedarf je nach Heiztechnik zwischen 70 und 147 kWh/(m² a).

Das Bürogebäude als Passivhaus

In einem weiteren Schritt wird der Energiebedarf des Gebäudes weiter reduziert. Hierzu werden die Hüllflächen noch stärker gedämmt, so dass die U-Werte bei 0,12 W/(m² K) für die gedämmte Außenwand, bei 0,1 W/(m² K) für das sanierte Dach, bei 0,15 W/(m² K) für die sanierte Kellerdecke und bei 0,79 W/(m² K) für die neuen Fenster liegen. Des Weiteren wurde die Belüftung durch RLT-Anlagen mit WRG sichergestellt. Ansonsten ist die Haustechnik wie in der EnEV 2009-Variante. Der Heizwärmebedarf liegt bei ca. 24 kWh/(m² a) und der Primärenergiebedarf je nach Heiztechnik zwischen 69 und 93 kWh/(m² a).

6.1.4 Supermarkt

Supermarkt

Der hier dargestellte Supermarkt wird als Fallbeispiel behandelt, deckt jedoch mit seiner Charakterisierung eine größere Anzahl an Lebensmittelmärkten ab. Er bietet ein breites Lebensmittel-Vollsortiment auf einer Gesamtfläche von 900-1000 m² an. Elektrischer Strom wird zu 100 % fremdbezogen, die Kälteerzeugung erfolgt mit strombetriebenen Kompressionskältemaschinen und der Bedarf an Heizenergie wird zu 100 % mit fossilen Energieträgern gedeckt. Die gedämmten Hüllflächen weisen U-Werte von 0,16 W/(m² K) für das Dach, 0,16 W/(m² K) für die Außenwand, 1,1 W/(m² K) für die Fenster und 0,35 W/(m² K) für die Kellerwand auf. Entsprechende Erhebungen (unveröffentlicht) von über 300 Lebensmittelmärkten weisen ähnliche

energetische Leistungs- und Verbrauchsdaten auf. Der Heizwärmebedarf liegt bei 54 kWh/(m² a) und der Primärenergiebedarf bei 162 kWh/(m² a).

6.1.5 Die Gebäudehülle

In den vorliegenden Berechnungen ist der maßgebende energetische Parameter der Gebäudehülle (der U-Wert) für jeweils alle Heizungssystemvarianten in den Bestandsgebäuden gleich angenommen, da lediglich das Heizungssystem ausgetauscht, nicht aber eine energetische Sanierung der Hülle vorgenommen wird. Für die Neubauten stellt sich dies aufgrund der Regeln in der EnEV 2009 bzw. der Passivhaus-Kriterien etwas anders dar. Hier ist die thermische Hülle je nach Heizungssystem angepasst worden, um die jeweiligen Anforderungen gerade noch zu erfüllen (mit Ausnahme des MFH-Passivhauses und des Büro-Passivhauses). Hierbei wurde allerdings der Wandaufbau nur maximal auf die jeweilige Referenzhausvorgabe „verschlechtert“. Das heißt, dass bei Varianten, welche die EnEV- und EEWärmeG-Vorgabe aufgrund hohen regenerativen Einsatzes (beispielsweise bei Pelletsheizungen) unterschreiten, die U-Werte der Hüllflächen auf die jeweiligen Maximalwerte des Referenzgebäudes – z.B. 0,28 W/(m² K) für die Außenwand – gesetzt wurden, obwohl dadurch die EnEV noch unterschritten wird.

Die folgende Abbildung zeigt eine Übersicht der U-Werte für Außenwand, Dach, Kellerdecke und Fenster für unterschiedliche Gebäudetypen und unterschiedliche energetische Qualitäten.

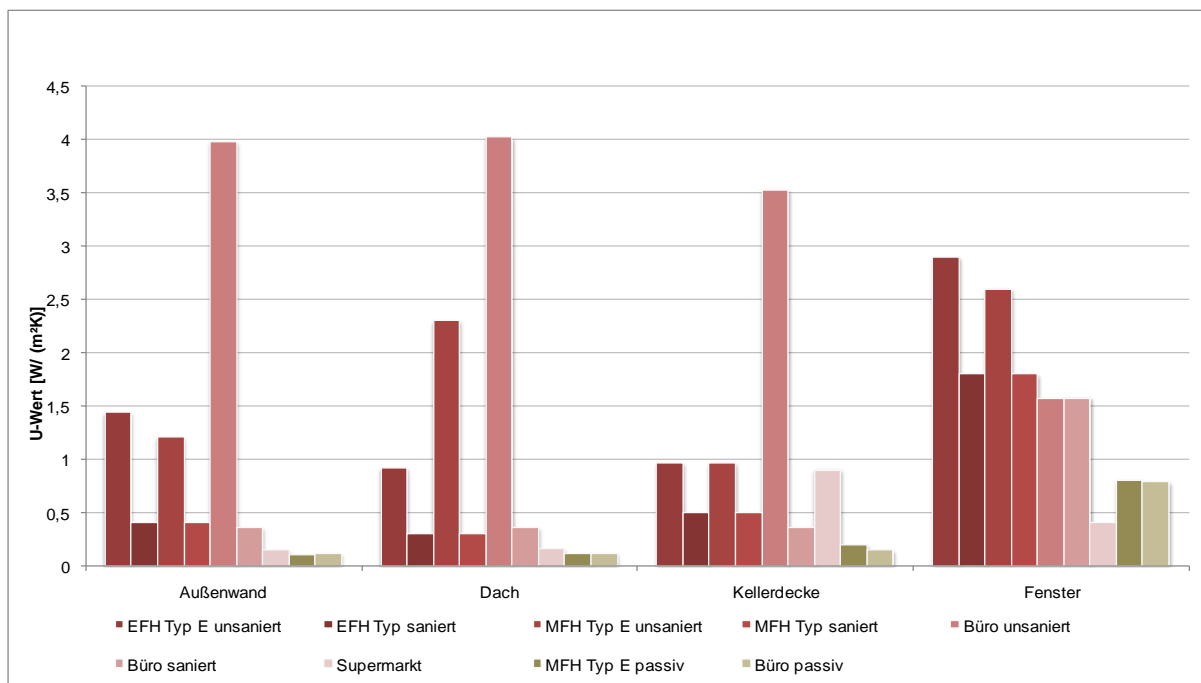


Abbildung 55: U-Werte für verschiedene Gebäudetypen und energetische Qualitäten [Eigene Darstellung]

Folgende Neubauten, die nach EnEV 2009 und Passivhaus Standard gebaut werden, haben je nach Heizungssystem unterschiedliche U-Werte für den gleichen Gebäudetyp:

- EFH Neubau Type E EnEV 2009
- MFH Neubau type E EnEV 2009
- Büro Neubau EnEV 2009
- Supermarkt EnEV 2009

6.2 Heizungssysteme

Für folgende Auswahl an Maßnahmen(-kombinationen) nach EEWärmeG werden die spezifischen Wärmegestehungskosten (Kapitel 7) sowie die Differenzkosten (Kapitel 8) berechnet. Als Referenzsystem wurden die fossilen Referenztechnologien Öl- und Gas-Brennwertkessel verwendet, denen Heizungssysteme mit Solarthermieanlagen, Pelletskessel und Wärmepumpen gegenübergestellt werden. KWK-Anlage

Die Auswahl der hier vorgeschlagenen Technologien stützt sich im Wesentlichen auf die Absatzzahlen und die Marktdurchdringung (Anzahl Absatz, Nutzung, Förderung) der jeweiligen Technologien (siehe Kapitel 4).

Beim Einsatz von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung wurden Anlagen nach einem guten Stand der Technik eingesetzt, die von Ihrer Effizienz besser sind als im EEWärmeG gefordert. Der Wärmerückgewinnungsgrad dieser Anlage liegt bei 94% und die Stromaufnahme bei 0,25 W/(m³ h), womit eine Leistungszahl (Verhältnis genutzter Abwärme zum Stromeinsatz der Lüftungsanlage) von ca. 13,3 erreicht wird. Diese Werte entsprechen sehr guten Geräten und haben dadurch auch einen signifikanten Einfluss auf die Erfüllung des EEWärmeG durch die Wärmerückgewinnung. Der Anteil der Erfüllung liegt beispielsweise im EFH bei 40% (20% Deckung des Wärmeenergiebedarfs in Bezug auf die zur Erfüllung geforderte 50% Deckung durch Abwärme). Dadurch muss in diesem Gebäude zur Erfüllung des EEWärmeG nur noch eine Unterschreitung der EnEV-Anforderungen um 9% erreicht werden.

Referenzsysteme

- Gas Brennwert und
- Öl Brennwert

Heizungssysteme

- Solarthermie + Gas Brennwert
- Solarthermie + Öl Brennwert
- Pellets
- Wärmepumpen Sole/ Wasser
- Lüftungsanlage mit hocheffizienter WRG
- Mini-KWK (Erdgas)
- KWK-Anlagen

28.02.2013

- KWK-Anlagen mit 30 % Biogas Beimischung

Ersatzmaßnahme

Unterschreitung der EnEV 2009-Anforderungen an den Jahres- Primärenergiebedarf und die Wärmedämmung der Gebäudehülle um 15 %.

Tabelle 19 gibt eine Übersicht der berechneten Heizungssysteme und Gebäude an. Diese Darstellung dient der Übersichtlichkeit, exakte Werte können den Tabellen im Anhang entnommen werden. Leere Felder zeigen an, dass diese Technik nicht berechnet ist.

Tabelle 19: Übersicht der berechneten Heizungssysteme

[eigene Darstellung]

	Pellet Kessel	WP Sole/Wasser	Erdgas BW + Solar TW	Erdgas BW + Solar HZ	Heizöl BW + Solar TW	Heizöl BW + Solar HZ	Erdgas BW	KWK	KWK mini	KWK bio	Heizöl BW	Heizöl BW + LA	Erdgas BW + LA
EFH Typ E unsaniert													
EFH Typ E saniert													
EFH Typ E EnEV 2009													
EFH Typ E Passiv													
MFH Typ E unsaniert													
MFH Typ E saniert													
MFH Typ E EnEV 2009													
MFH Typ E Passiv													
Büro unsaniert													
Büro saniert													
Büro EnEV 2009													
Büro Passiv													
Supermarkt													

Legende: System berechnet System nicht berechnet

6.3 Berechnungsergebnisse bezüglich des Energieverbrauches

Es wurden u.a. die Heizwärmebedarfe, Endenergie und Primärenergie berechnet. Die Ergebnisse sind in den folgenden Tabellen dargestellt, aufgeschlüsselt nach den verschiedenen Heiztechniken (siehe 6.2) und den folgenden Endenergiekennwerten:

Wärmebedarfe

- Heizwärmebedarf QH
- Trinkwarmwasserbedarf QTW
- Endenergie
- Endenergiebedarf Heizwärme (QH, WE, E)
- Endenergiebedarf Heizwärme Hilfsenergie (QH, HE, E)
- Endenergiebedarf Trinkwasser (QTW, WE, E)
- Endenergiebedarf Trinkwasser Hilfsenergie (QTW, HE, E)
- Endenergiebedarf Lüftung (QL, HE, E)
- Primärenergie
- Primärenergiebedarf

Die Darstellung erfolgt pro Gebäudetyp, dabei sind Heizwärme- und Trinkwarmwasserbedarfe in einem Balken dargestellt, die Endenergiebedarfe für Heizwärme, Trinkwasser und Hilfsenergie sind in einem weiteren Balken und die Primärenergiebedarfe in einem dritten Balken zusammengefasst.

Der Übersicht halber sind in diesem Kapitel nur die Grafiken für den Gebäudetypen EnEV 2009 Neubau enthalten (EFH, MFH Büro und der Supermarkt). Alle weiteren Übersichten sind im Anhang zu finden.

Es ist zu sehen, dass die Endenergiebedarfe zur Heizwärmeerzeugung und Brauchwasserbereitstellung (incl. Hilfsenergie) stets größer sind als die Heizwärmebedarfe für Raumheizung und Warmwasser. Die Primärenergiebedarfe sind allerdings nur im Fall von fossil betriebenen Heizungssystemen größer als die Endenergiebedarfe. Bei erneuerbaren Energieträgern wie Pellets sind die Primärenergiebedarfe kleiner (PE-Faktor kleiner Eins).

6.3.1 Einfamilienhäuser (EFH)

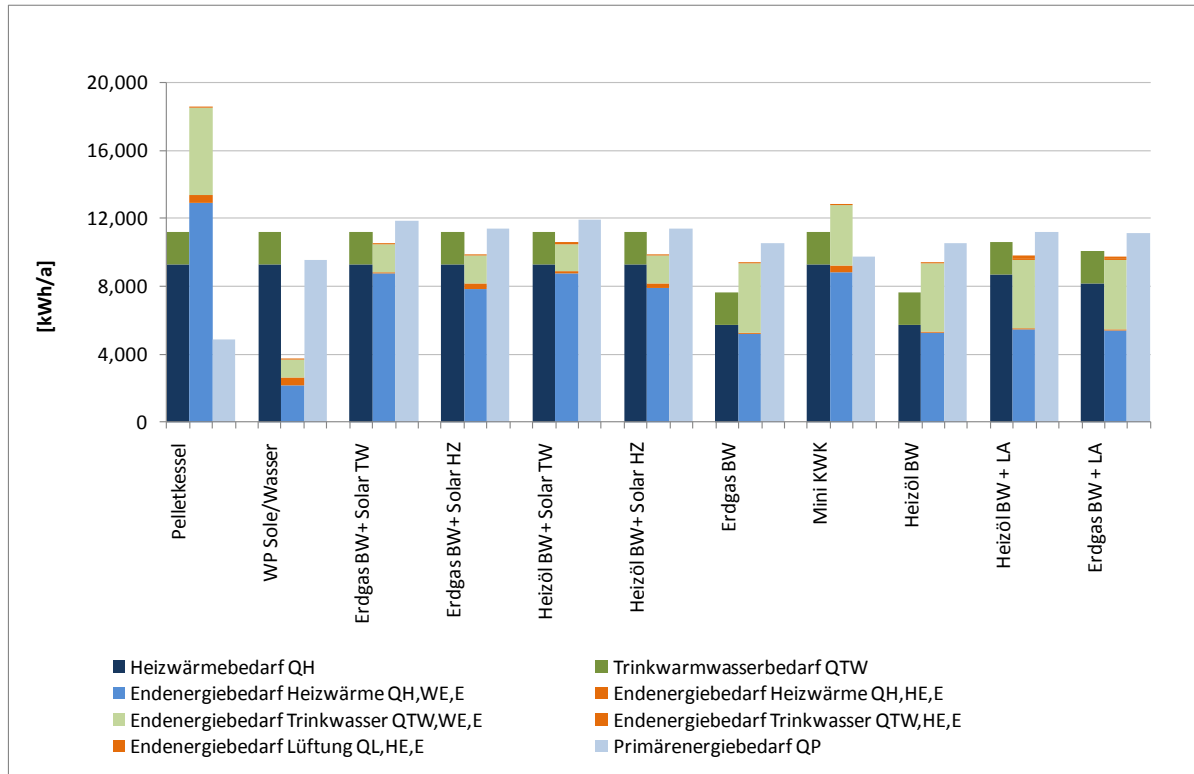


Abbildung 56: Energiebedarfe des EFH Typ E, EnEV 2009 Neubau.

[eigene Darstellung]

Die Heizwärmebedarfe unterscheiden sich teilweise, da je nach Heizungssystem unterschiedliche Qualitäten der Gebäudehülle angesetzt sind (s. Tabellen im Anhang). Aufgrund der Effizienz der eingesetzten Technologie ergeben sich weiterhin erhebliche Unterschiede in Bezug auf die Endenergie (vor allem in Bezug auf die Heizwärme und zur Trinkwasserbereitung). Die Hilfsenergiebedarfe unterscheiden sich ebenfalls. Somit ergeben sich für das Einfamilienhaus im EnEV 2009 Neubau beim Pelletskessel die höchsten Endenergiebedarfe, während die Primärenergiebedarfe für den Erdgas-Brennwertkessel am höchsten sind.

Für die weiteren Gebäudetypen ergibt sich ein ähnliches Bild, lediglich auf anderem Niveau.

6.3.2 Mehrfamilienhäuser (MFH)

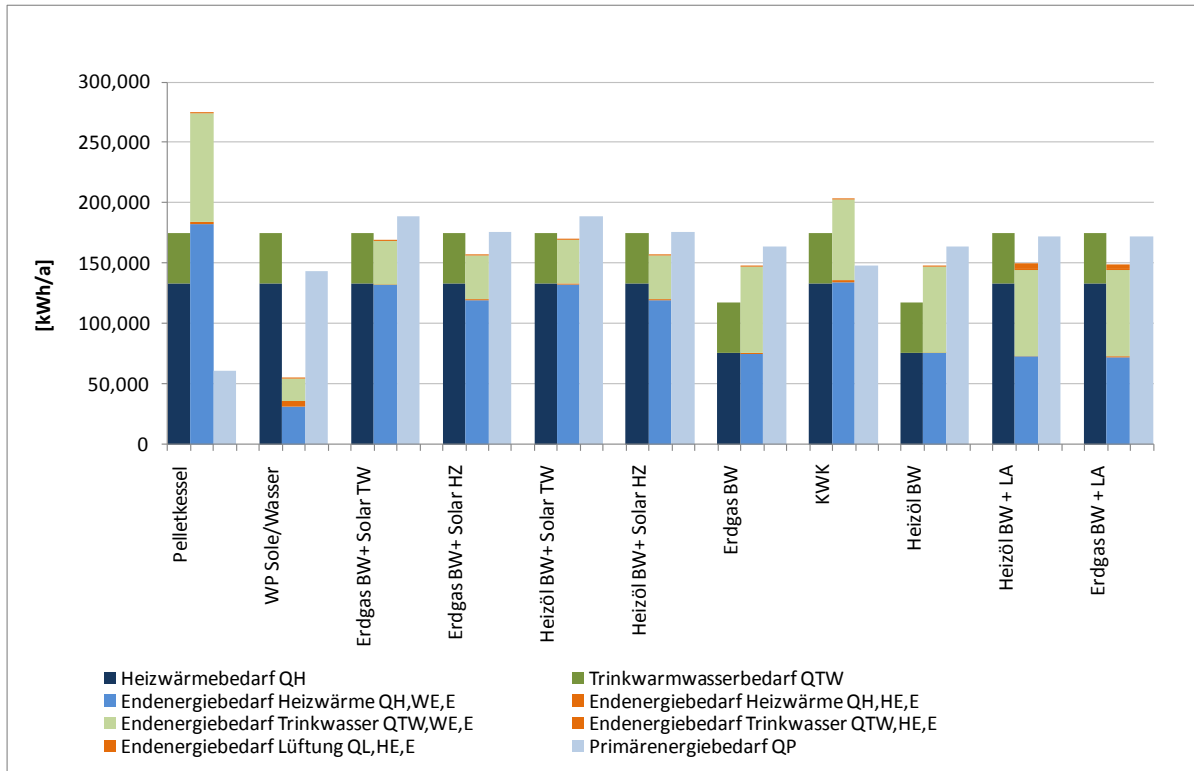


Abbildung 57: Energiebedarfe des MFH Typ E, EnEV 2009 Neubau.

[eigene Darstellung]

Bei den Mehrfamilienhäusern unterscheiden sich die Heizwärmebedarfe ebenfalls, z.B. beim Erdgas-Brennwertkessel aufgrund der notwendigen Dämmstärken. End- und Primärenergiebedarfe sind entsprechend unterschiedlich.

Während die Sole-Wasser Wärmepumpe die niedrigsten Endenergiebedarfe (Strom) aufweist, ist der Primärenergiebedarf für den Pelletskessel am geringsten. Für die weiteren Gebäudetypen ergibt sich ein ähnliches Bild.

6.3.3 Bürogebäude

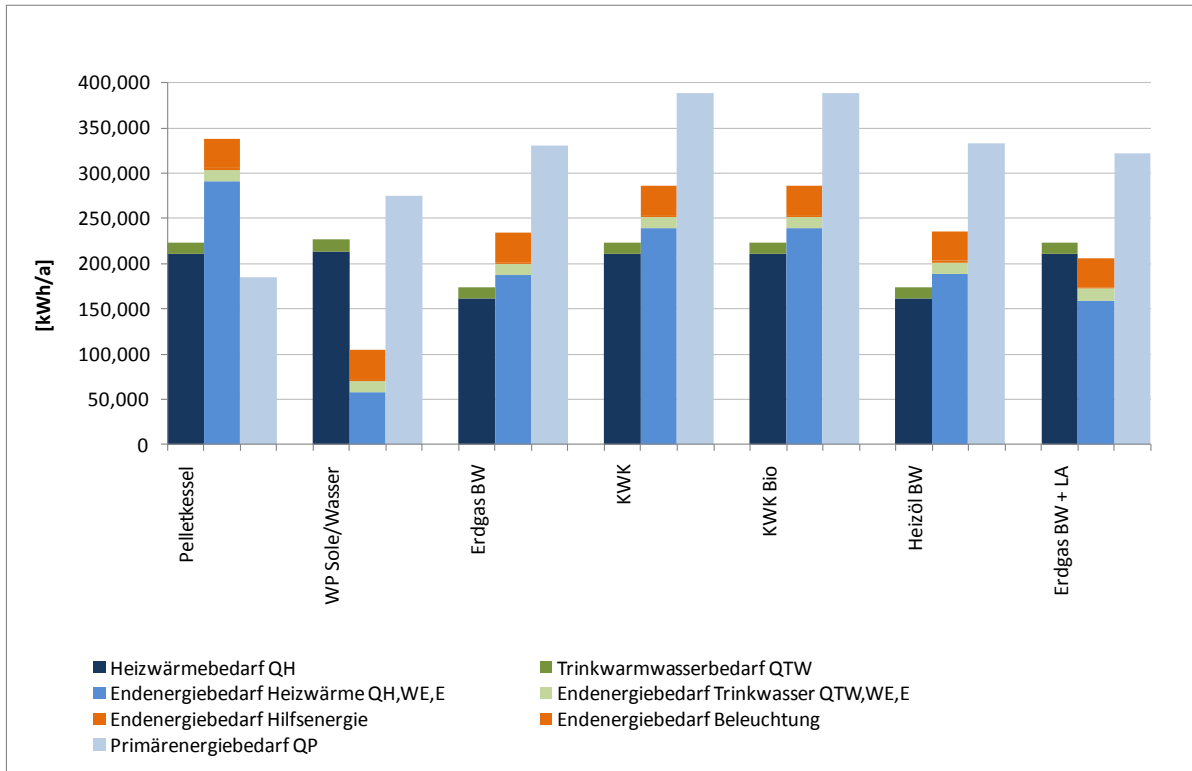


Abbildung 58: Energiebedarfe des Büros, EnEV 2009 Neubau.

[eigene Darstellung]

Auch bei den Bürogebäuden variieren die Heizwärme- und Warmwasserbedarfe für die Neubauten. Den niedrigsten Endenergieeinsatz benötigt die Sole-Wasser-Wärmepumpe, während der Pelletskessel den geringsten Primärenergiebedarf aufweist.

6.3.4 Supermarkt

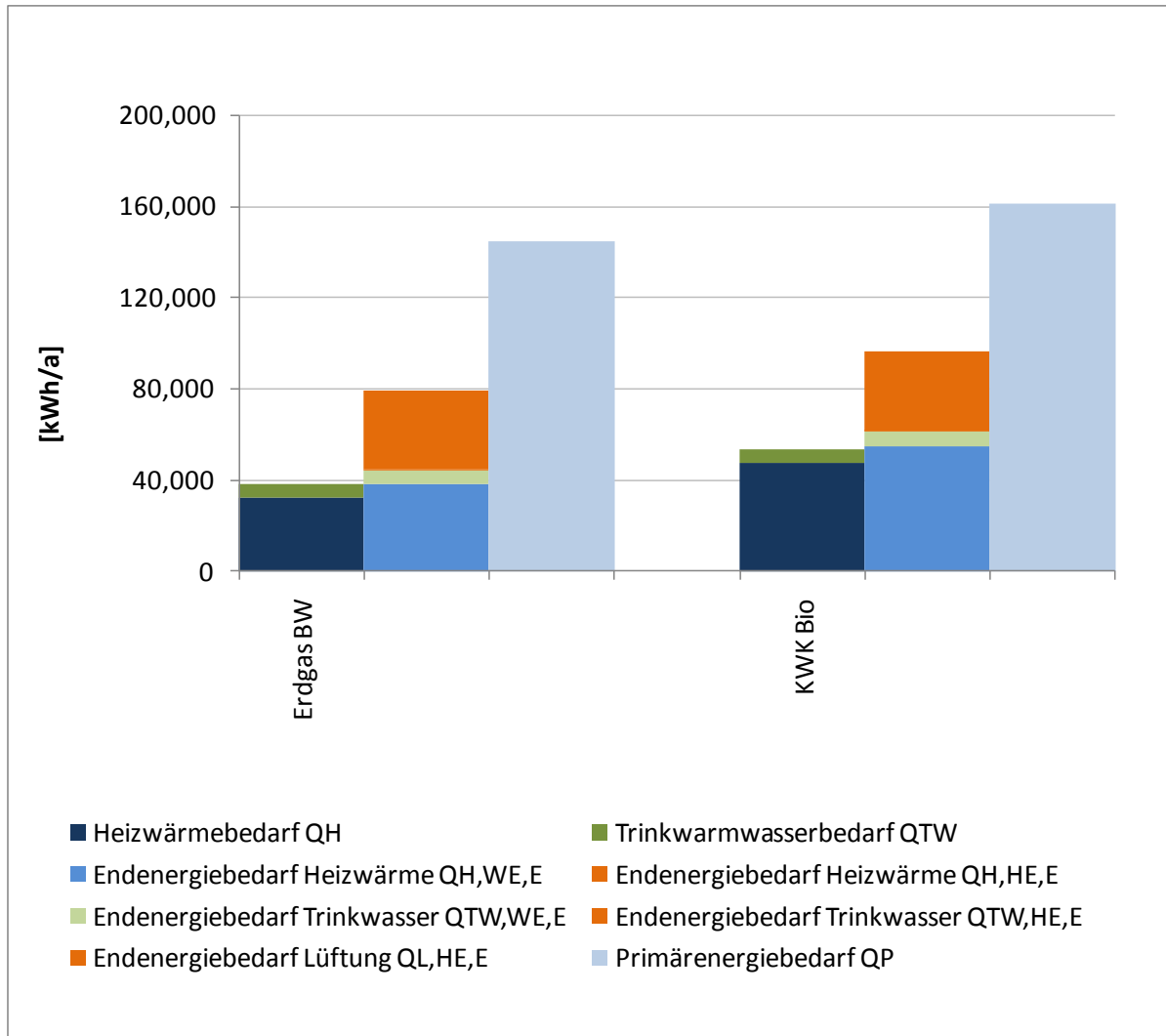


Abbildung 59: Energiebedarfe des Supermarktes.

[eigene Darstellung]

Die für den Supermarkt untersuchten Varianten „Erdgas-Brennwertkessel“ und „KWK-Bio“ unterscheiden sich in Bezug auf die Heizwärme- und Warmwasserbedarfe nicht.

7. Kosten und Wirtschaftlichkeit der EE-Technologien

Aufgrund der Daten zum Einsatz der Erneuerbaren Energien in Gebäuden und der Berechnungen der Energiebedarfe der Referenzgebäude aus Kapitel 6 werden im Folgenden die Kosten und die Wirtschaftlichkeit der EE-Technologien berechnet. Neben der Auswahl der Methode zur Wirtschaftlichkeitsberechnung werden in diesem Kapitel die Kostenkomponenten, Energiepreise, Förderungen und sonstigen Randbedingungen erläutert, auf denen die Analyse basiert.

Eine zusammenfassende Darstellung der jeweiligen Technologien pro Gebäudetyp ist in Abschnitt 7.8 gegeben. Hieraus geht hervor, dass im Falle eines EFH-Neubaus nach der EnEV 2009 die Variante „*Heizöl-Brennwertkessel + Lüftungsanlage*“ die günstigste Variante ist, und für den EnEV 2009 MFH Neubau die Variante „*Wärmepumpe Sole/Wasser*“. Dies spiegelt nur teilweise die tatsächliche Nutzung der Erneuerbaren Technologien im Markt wieder. Wie in „*Kapitel 4 – Nutzung der erneuerbaren Energien*“ dargestellt, wird die Ersatzmaßnahme (15%ige EnEV 2009 Übererfüllung) mit Abstand am häufigsten im Vergleich zu allen anderen Maßnahmen durchgeführt. Vergleiche hierzu insbesondere die Abbildungen Abbildung 19 bis Abbildung 21 mit Abbildung 73 bis Abbildung 76.

7.1 Vorgehensweise bei den Wirtschaftlichkeitsrechnungen sowie grundlegende Annahmen

Anhand einer Vollkostenrechnung der Heizungssysteme findet ein Vergleich der Wirtschaftlichkeiten der unterschiedlichen auf Erneuerbaren-Energien basierenden Technologien in den bereits definierten Referenzgebäuden statt. Als Wirtschaftlichkeitsindikatoren dienen einmal die Jahresgesamtkosten einer Technologie sowie die spezifischen Kosten des Systems. Neben den Investitionen, die sich aus den annuisierten kapitalgebundenen Kosten ergeben, werden die betriebs- und verbrauchsgebundenen Kosten berücksichtigt. Diese summieren sich zu den Gesamtkosten. Auf den Heizwärme- und Trinkwarmwasserbedarf bezogen ergeben sich hieraus die spezifischen Wärmegestehungskosten des Heizungssystems.

7.1.1 Betrachtungsrahmen und Systemgrenzen

Es werden die vollen Kosten der Heizungssysteme in Ansatz gebracht (Vollkosten), sowie Teilkosten der thermischen Hülle (für Mehr- bzw. Minderdämmstärken). Diese beinhalten:

Investitionen (kapitalgebundene Kosten)

- Wärmeerzeuger (inkl. Regelung und Anschlüsse)
- Peripheriebauteile (inkl. BW-Speicher und Raumaustrag)
- Solarkollektoranlage (inkl. Zubehör und Brauchwasserspeicher)
- Pelletslager/ Öltank
- Heizungspufferspeicher
- Bohr- und Sondenkosten für Wärmepumpen
- Schornstein
- Montage und Inbetriebnahme
- Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
- Mehr- bzw. Minderkosten der thermischen Hülle (Dämmung und Fenster)

Betriebsgebundene Kosten

- Instandsetzung und Wartung Wärmeerzeuger und Peripherie
- Instandsetzung und Wartung baulicher Anlagen
- Schornsteinfeger und Emissionsmessung
- Versicherung

Verbrauchsgebundene Kosten

- Energiekosten
- Hilfsenergiekosten

Förderungen

- Zinsvorteil durch KfW-Kredite
- Förderungen über das MAP

7.1.2 Zinssätze, Inflation und Steuern

Im vorliegenden Bericht wird mit realen Kosten des Jahres 2010 gerechnet. Demzufolge werden Inflationseinflüsse sowohl bei den Energiepreisen als auch beim Zinssatz nicht mitberücksichtigt. Als allgemeiner realer Zinssatz wird $i=4,0\%$ angenommen, der von einer privaten Betrachtungsweise abgeleitet ist. In Hinblick auf das Projektziel erscheint diese Annahme sinnvoll.

Die gesamte Bewertung geschieht sowohl mit als auch ohne Mehrwertsteuer. Ertragssteuern bleiben jedoch unberücksichtigt.

7.1.3 Förderungen

Die im vorliegenden Bericht bewerteten Technologien werden jeweils mit und ohne Förderungen bewertet. Förderungen beziehen sich in diesem Falle auf die MAP-Förderungen über die BAFA sowie die KfW-Kreditprogramme 271 und 153 für große Anlagen.

Für die MAP-Förderungen sind die allgemeinen Konditionen des MAP mit Stand vom 15.08.2012 für Wärmepumpen, Solarkollektoranlagen und Biomasseheizungen in Ansatz gebracht (ungeachtet etwaiger Haushaltssperren). Diese beziehen sich jeweils nur auf Bestandsgebäude und Neubauten.

Für den Fall, dass die Kollektorfläche der Solarkollektoranlagen die maximale durch MAP geförderte Fläche von 100 m² übersteigt, wird als Fördermittel das KfW Programm 271 angesetzt. Dieses bietet bei einer Laufzeit von 20 Jahren, 3 tilgungsfreien Jahren und einer Zinsbindung von 10 Jahren einen effektiven Nominalzins von rund 1,70 %. Dieser Fall tritt bei den unsanierten und sanierten Mehrfamilienhäusern ein.

Als zinsgünstiger Kredit außerhalb der MAP-Förderung wurde das KfW Programm 153 ausgewählt, das zum Stand März 2012 bei einer Laufzeit von 20 Jahren, 3 tilgungsfreien Jahren und einer Zinsbindung von 10 Jahren einen effektiven Nominalzins von 2,53 % aufweist.

7.1.4 Energiepreise (Verbrauchsgebundene Kosten)

Die Brennstoffkosten werden für die Berechnungen wie folgt angesetzt.

Grundkosten für einen Gasanschluss sind mit 2.500 € pro Jahr in Ansatz gebracht.

Mittlere Energiepreise über 20 Jahre										
	Erdgaspreis	Heizölpreis	Strompreis	WP-Tarif	Pelletpreis	KWK Strom Vergütung	KWK Förderung	Biomethan Nawaro	Biomethan Abfallbehandlung	Nahwärme Biogas
2010 - 2029	0,091	0,090	0,251	0,162	0,059	0,105	0,034	0,195	0,140	0,070

Quellen:
 Preisterung nach Nitsch et al. 2011, Preisfad A: "Deutlicher Anstieg"
 Preise 2009/20110 nach BMWI Energiestatiken, Carmen e.V., Wärmepumpenstrom nach Langniß et al. (2010)
 Annahme Preisentwicklung Pellets: 80 % Kopplung an Ölpreissteigerung

Abbildung 60: Mittlere Energiepreise über 20 Jahre in €2009/kWh.

[eigene Darstellung]

7.1.5 Betriebsgebundene Kosten

Zur Berechnung der jährlichen Betriebskosten werden Anteile der Investitionskosten bzw. durchschnittliche jährliche Kosten angesetzt.

Tabelle 20: Anteile der Investitionskosten bzw. durchschnittlichen jährlichen Kosten [eigene Darstellung]

Wärmeerzeuger	Instandsetzung	Wartung	Abschreibungsdauer
Kessel für Festbrennstoffe	2,0%	2,5%	20,0
Wärmepumpen	3,0%	1,0%	20,0
Öl und Gasfeuerung unter 120 kW	2,0%	1,5%	20,0
Bauliche Anlagen	1,0%	1,0%	20,0
Flachkollektor	0,5%	0,5%	20,0
Mini BHKW	separat	separat	15,0

Wärmeerzeuger	Schornsteinfegergebühr	Versicherung
Pelletkessel	158,0	0,0
WP Sole/Wasser	0,0	0,0
WP Luft/Wasser	0,0	0,0
Erdgas BW	17,0	0,0
Mini KWK	17,0	0,0
Heizöl BW	58,0	60,0
KWK	17,0	0,0

Quellen:
 VDI 2067 Blatt 1 (2002)
 ASUE 2007, auf Basis vonkehr- und Überprüfungsordnung des Landes Nordrhein-Westfalen

7.1.6 KWK-Stromeinspeisung

Der mittels der Kraft-Wärme-Kopplung erzeugte Strom ist in der Wirtschaftlichkeitsberechnung berücksichtigt. Es wird die „Finnische Methode“⁵⁴ genutzt, um den Brennstoff auf die Erzeugnisse Wärme und Strom aufzuteilen.

⁵⁴ Die Finnische Methode verteilt die Einsatzbrennstoffe auf die Produkte Strom und Wärme unter Bezugnahme auf Referenzkraftwerke bei ungekoppelter Strom- und Wärmeerzeugung. Siehe hierzu z.B. Mauch et. al 2010: „Allokationsmethoden für spezifische CO₂-Emissionen von Strom und Wärme aus KWK-Anlagen“, in Energiewirtschaftliche Tagesfragen Heft 9 2010.

7.2 Wärmegestehungskosten aus solarer Strahlungsenergie

Die Investitionen solarthermischer Anlagen sind wie folgt angenommen. Es wird zwischen reinen Brauchwasserkollektoren und solchen für die kombinierte Brauchwassererwärmung und Heizungsunterstützung für verschiedene Auslegungen und Größenklassen unterschieden. Die spezifischen Investitionskosten werden pro Größenklasse unterschieden, siehe Tabelle 21: Kostendegression.

Tabelle 21: Kostendegression

[eigene Darstellung]

Spezifische Investitionen				
Kollektorart	Auslegung	Größenklasse von bis m ²		Spez. Inv. €/m ²
Flachkollektor	Brauchwasser	1,0	6,0	899,0
Flachkollektor	Brauchwasser	7,0	20,0	748,8
Flachkollektor	Brauchwasser	21,0	50,0	716,2
Flachkollektor	Kombi	1,0	20,0	801,0
Flachkollektor	Kombi	21,0	50,0	605,5
Flachkollektor	Kombi	50,0	100,0	478,8

Quelle:
 Nast et al. (2009), Evaluierung MAP
 Nast, Michael; persönliche Mitteilung vom 01.12.2009,
 Kostendegression eigene Berechnung nach MAP Evaluationsberichten 2006 -2007

Für die Wohngebäude (EFH und MFH) sind jeweils vier Varianten mit solarthermischer Anlage berechnet:

- Heizöl BW mit solarer Brauchwassererwärmung (TW = Trinkwasser)
- Erdgas BW mit solarer Brauchwassererwärmung (TW = Trinkwasser)
- Heizöl BW mit kombinierter solarthermischer Anlage (Brauchwassererwärmung und Heizungsunterstützung)
- Erdgas BW mit kombinierter solarthermischer Anlage (Brauchwassererwärmung und Heizungsunterstützung)

Die Wärmegestehungskosten für die Varianten im EFH sind in Abbildung 61 und für das MFH in Abbildung 62 dargestellt.

Es ist zu erkennen, dass mit zunehmenden Gesamtkosten pro Jahr die spezifischen Wärmegestehungskosten kleiner werden. Dies ist mit den hohen Energiebedarfen für Bestandsbauten zu erklären, auf die sich die Investitionen verteilen.

Weiterhin sind die Investitionskosten für die Neubauten nach EnEV 2009 und Passivhausstandard geringer als diejenigen für sanierte und unsanierte Altbauten.

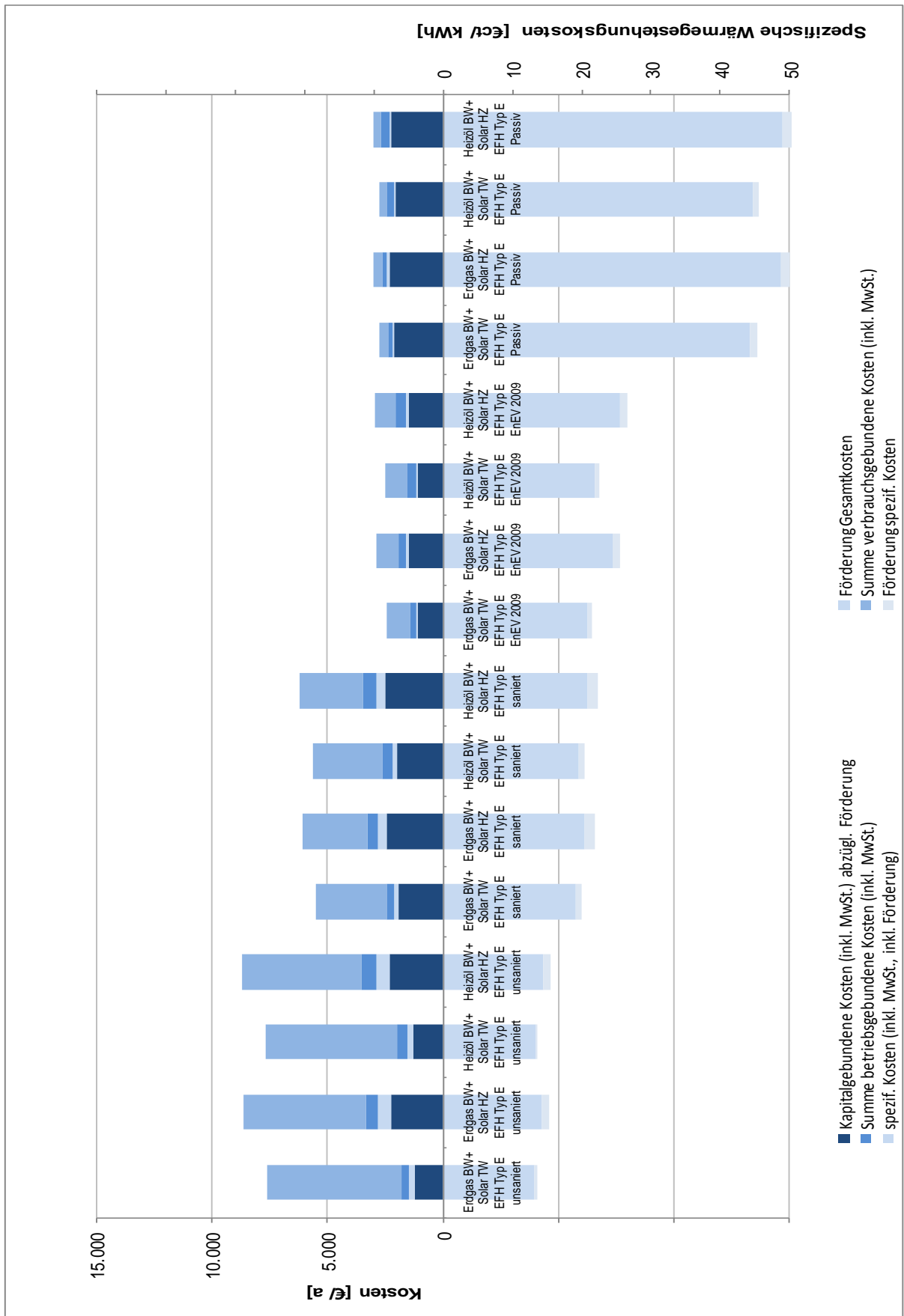


Abbildung 61: Jahres-Gesamtkosten und Wärmegestehungskosten aus solarer Strahlungsenergie – EFH
[eigene Darstellung]

28.02.2013

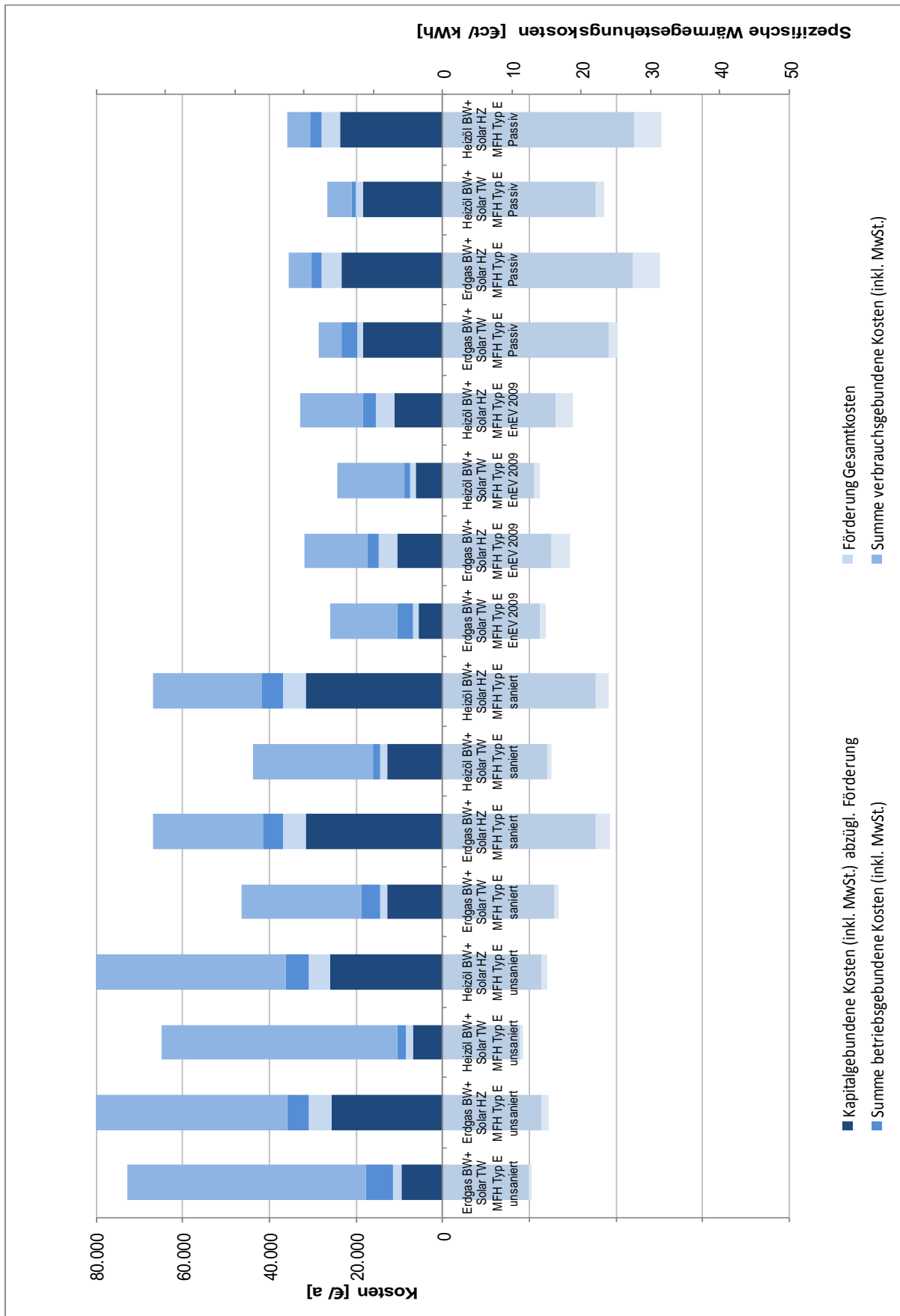


Abbildung 62: Jahres-Gesamtkosten und Wärmegestehungskosten aus solarer Strahlungsenergie – MFH
[eigene Darstellung]

28.02.2013

7.3 Wärmegestehungskosten aus Biomasse

Für die Biomasse Anlagen werden in diesem Abschnitt sowohl Holzpelletskessel als auch Erdgas KWK-Anlagen mit Biogas Beimischung untersucht.

7.3.1 Holzpelletskessel

Die Investitionen von Holzpelletskesseln ist anhand folgender Kostenfunktion für den Wärmeerzeuger berücksichtigt, nach [Nast et. al. 2009]:

$$K_{\text{Pelletskessel}} = 3.792 * P^{(-0,74)} * P$$

$$P = \text{Heizleistung [kW]}$$

Daraus ergeben sich die in Abbildung 63 dargestellten spezifischen Wärmegestehungskosten.

Wie erwartet stellt sich die Situation derart dar, dass sich die Investitionskosten aufgrund der sehr niedrigen Energiebedarfe für die Passivhaus-Neubauten nicht lohnen. Aus diesem Grund sind die spezifischen Wärmegestehungskosten für diese beiden Gebäudetypen sehr groß. Dabei ist zu sehen, dass dieser Effekt für den Fall des Einfamilienhauses besonders ausgeprägt ist. Je höher der Energiebedarf des Gebäudes ist, desto höher sind die Gesamtinvestitionen und desto niedriger die spezifischen Wärmegestehungskosten.

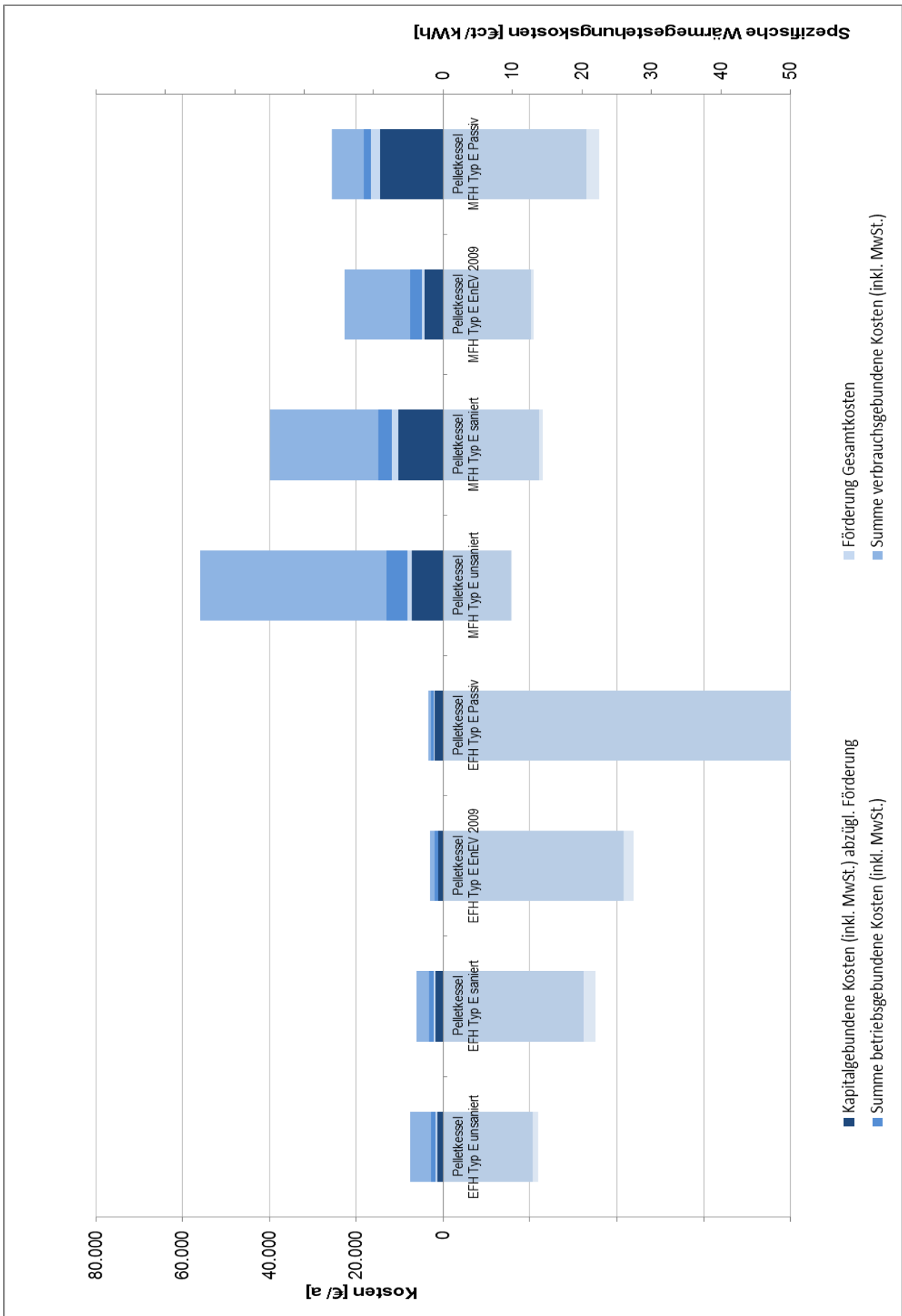


Abbildung 63: Jahres-Gesamtkosten und Wärmegebundene Kosten für Holzpelletkessel [eigene Darstellung]

28.02.2013

7.3.2 Erdgas KWK-Anlagen mit Biogasbeimischung

Die Investitionen von KWK-Anlagen sind mit einer 30prozentigen Biogas- bzw. Biomethanbeimischung veranschlagt. Die folgende Kostenfunktion wird angesetzt, basierend auf Angaben von BINE (2009).

Kostenfunktion von KWK-Anlagen (Anlage allein):

$$K_{KWK} = 3.087,4 - 405,7 * \ln(P_{el})$$

$$P_{el} = \text{Elektrische Leistung [kW]}$$

Hieraus ergeben sich die in Abbildung 67 dargestellten spezifischen Wärmegestehungskosten für KWK-Anlagen.

Hierbei ist zu erkennen, dass die spezifischen Kosten für das Passivhaus aufgrund des sehr geringen Heizwärmebedarfes am größten sind. Je größer der Energiebedarf des Gebäudes, desto größer sind auch die Gesamtinvestitionen.

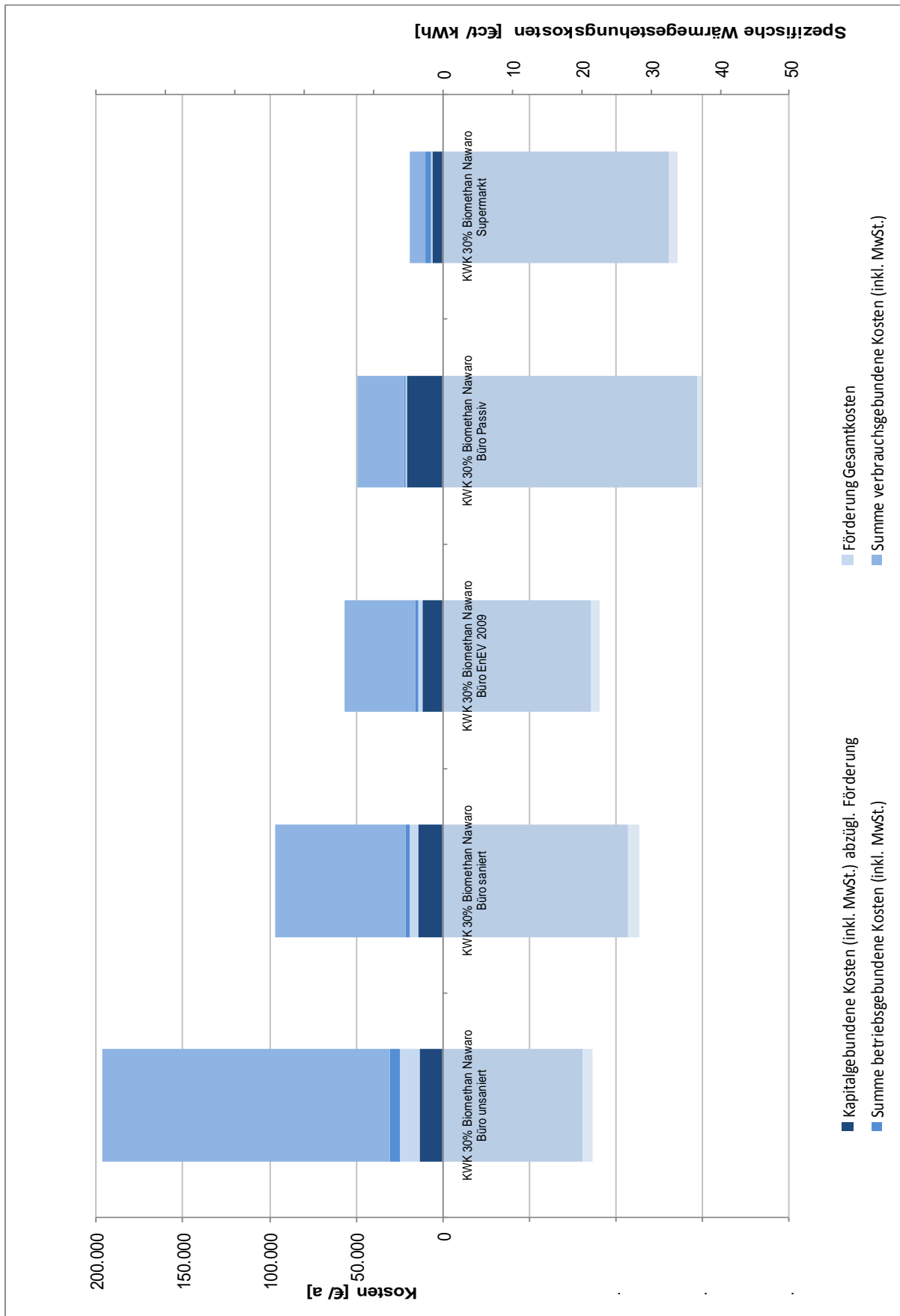


Abbildung 64: Jahres-Gesamtkosten und Wärmegestehungskosten für KWK-Anlagen mit 100 % Biomethanbeimischung
 [eigene Darstellung]

28.02.2013

7.4 Wärmegestehungskosten für Sole-Wasser Wärmepumpen

Kostenberechnung nach dem Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr in Baden-Württemberg [MUNVBW 2008]

Das Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr in Baden-Württemberg (MUNV-BW) hat die Bruttoinvestitionskosten aus rund 1.600 bis Ende 2005 in Baden-Württemberg gestellten Förderanträgen für oberflächennahe geothermische Anlagen zusammengetragen und eine Formel zur Berechnung der Bruttokosten für die Wärmepumpeninvestition in Abhängigkeit der installierten Heizleistung ermittelt, die die Kosten für Einbindung und Regelung der Anlage bereits berücksichtigt. Unter Einbindung fallen hierbei die Kosten für Puffer- und Warmwasserspeicher sowie die elektrische und thermische Einbindung. Die Kosten für das Heizsystem (Heizkreislauf, Heizkörper etc.) sowie bauliche Maßnahmen wurden nicht berücksichtigt.

Die Brutto-Investitionen für Wärmepumpen (inkl. Einbindung und Regelung) errechnen sich demnach wie folgt:

$$K = 3.790 \text{ [€/m]} * P^{0,48}$$

Für :

K = Brutto-Investition Wärmepumpe (inkl. Einbindung und Regelung) [€]

P = WP-Heizleistung [kW]

Investitionskosten Wärmequelle [MUNVBW 2008]

Aus der oben genannten Auswertung der Förderanträge konnte das MUNV-BW auch eine Formel zur Berechnung der Bruttoinvestitionskosten zur Erschließung der Wärmequelle eruiieren, die den Zusammenhang zwischen den Investitionskosten und der Sondenlänge darstellt.

Die Brutto-Investitionen für Bohrung und Sonden errechnen sich demnach wie folgt:

$$K = 58 \text{ [€/m]} * l + 900 \text{ [€]}$$

Für :

K = Brutto-Investition Bohrung und Sonden [€]

l = Bohrtiefe [m]

Werden mehrere Sonden verlegt, errechnet sich K aus der Summe der Länge der Einzelbohrungen.

Gesamt-Investitionskosten [MUNVBW 2008]

Das MUNV-BW hat ebenfalls aus den eingereichten Anträgen eine Formel zur Gesamtkostenberechnung in Abhängigkeit der jeweiligen vorhandenen Wohnfläche erstellt, die sowohl das Wärmepumpengerät sowie die Kosten für Bohrung und Sonden einschließt. Auch hier wurden die Kosten für das Heizsystem (Heizkreislauf, Heizkörper etc.) sowie bauliche Maßnahmen nicht berücksichtigt.

Die Gesamt-Brutto-Investitionen in Abhängigkeit der Wohnfläche errechnen sich demnach wie folgt:

$$K = 73 \text{ [€/m}^2\text{]} * a + 9.700 \text{ [€]}$$

Für:

K = Brutto-Investition Bohrung und Sonden [€]

a = Fläche der Wohnung [m²]

Das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) hat für das Jahr 2008 eine Statistik des Jahresfördervolumens im Rahmen des MAPs für WP ermittelt, die sich aus ca. 17.000 geförderten Anlagen errechnet. Bei einem Gesamtinvestitionsvolumen von annähernd 300 Mio. Euro ermittelt das BAFA die durchschnittlichen Investitionskosten für die drei Wärmepumpentypen, die in Abbildung 65 zusammengefasst sind.

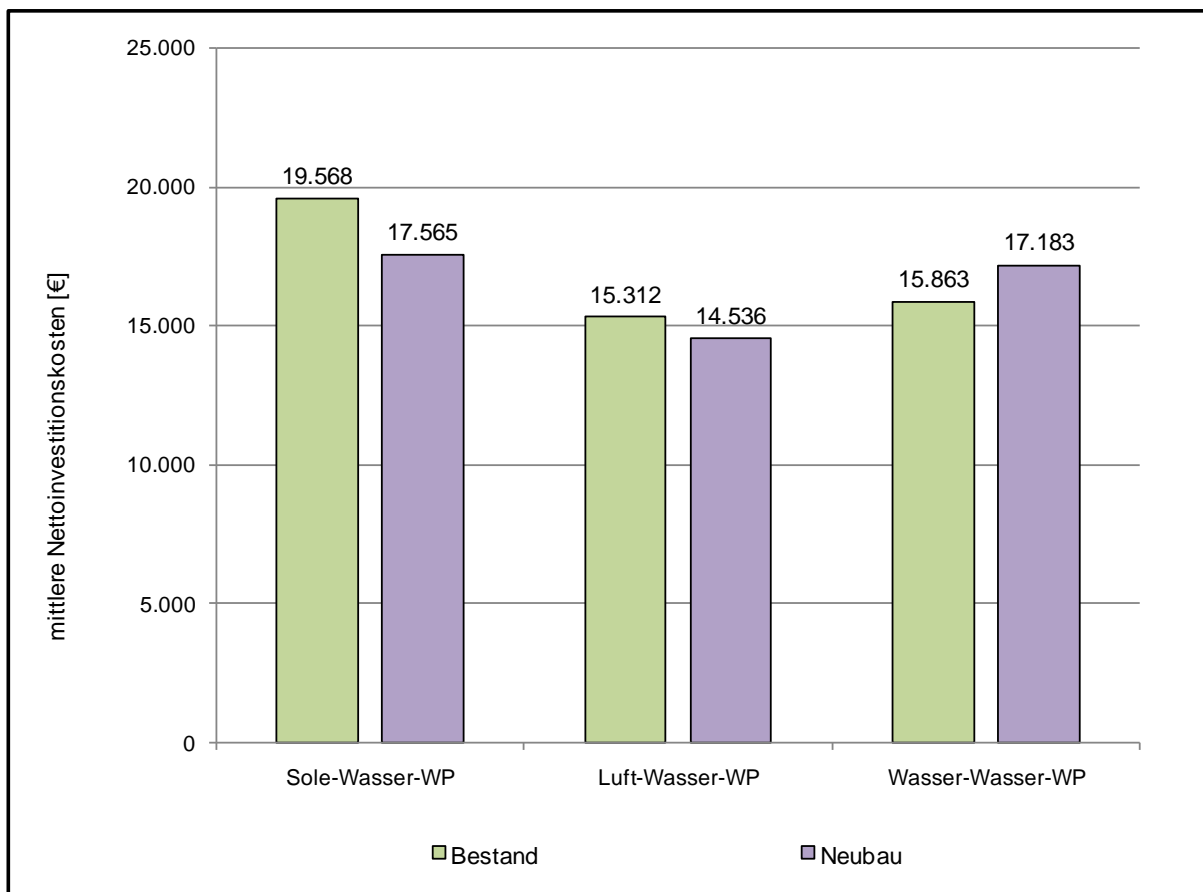


Abbildung 65: Mittlere Nettoinvestitionskosten geförderter WP im MAP 2008
[BAFA 2010b]

Diese Rechnung wurde nochmals für das Jahr 2010 durchgeführt. Für dieses Jahr verteilen sich die durchschnittlichen Investitionskosten bei annähernd 22.500 geförderten Anlagen und einem Gesamtinvestitionsvolumen von fast 400 Mio. Euro, wie in Abbildung 66 dargestellt.

Die höheren Kosten im Altbau bei Sole- und Luft-WP sind durch höhere Heizleistungen erklärbar, die von den Anlagen im Bestand zur Erwärmung der meist schlechter gedämmten Wohnungen aufgebracht werden müssen. Hinzu kommt, dass bei Erdwärmepumpen zusätzliche Kosten durch die Erschließung der Wärmequelle entstehen, die bei Neubauten in der Regel kostenneutral in der Grundstückserschließung aufgeht. Die Ausnahme im Kostenverhältnis Bestand zu Neubau bilden die Wasser-WP, da hier die Kosten für die Brunnenarbeiten im Neubau zu Buche schlagen, während diese Anlagen im Altbau in der Regel dort eingesetzt werden, wo bereits eine Brunnenbohrung vorhanden ist und somit dieser Kostenteil entfällt [GZB 2010].

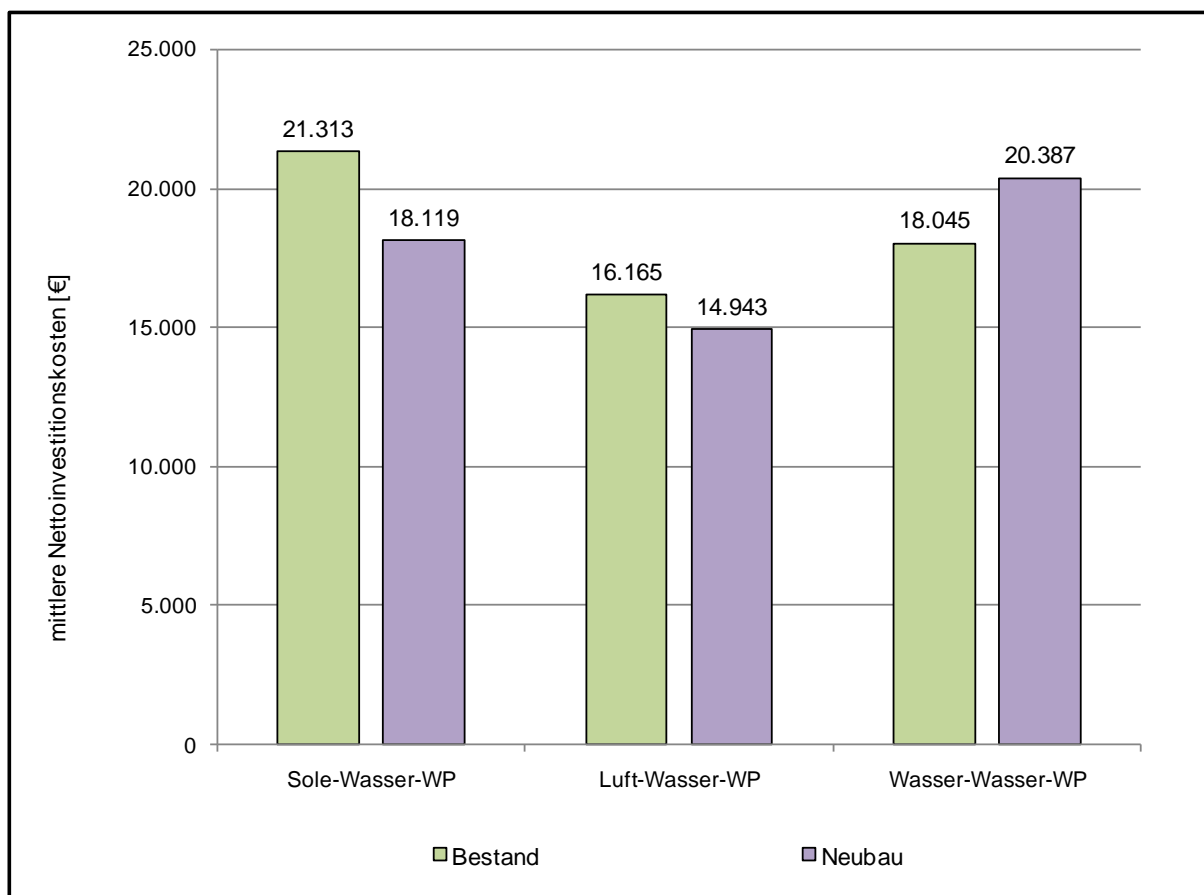


Abbildung 66: Mittlere Nettoinvestitionskosten geförderter WP im MAP 2010 [BAFA 2010b]

Investitionskosten Wärmepumpengeräte

Die Zeitschrift „Haus & Energie“ hat Anfang 2009 rund 100 Wärmepumpen-Hersteller zu Preisen für Anlagen bis 15 kW befragt und die Ergebnisse in einer Marktübersicht veröffentlicht. Bedingung zur Aufnahme eines Gerätes war, dass das Gerät voll funktionsfähig und mit allem notwendigen Zubehör ausgeliefert wird und in der Lage sein soll, ein nach heutigem Stand der Technik gedämmtes Ein- oder Zweifamilienhaus zu beheizen. Insgesamt wurden rund 230 Modelle der drei Kategorien Erd-, Luft- und Wasser-WP in die Auflistung aufgenommen. Die Umsatzsteuer ist in den Preisangaben bereits enthalten [H&E 2009].

28.02.2013

Die Preise aller aufgelisteten Anlagen wurden nachfolgend ohne integrierte oder im Lieferumfang enthaltenen Puffer- oder Warmwasserspeicher zusammengetragen, um eine hohe Vergleichbarkeit zu erreichen. Auf diese Weise konnten für jede der drei Typen-Gruppen eine Preisfunktion in Abhängigkeit der installierten Leistung ermittelt werden, die eine gute Grundlage zur Kostenabschätzung einer geplanten Wärmepumpeninstallation insbesondere bei Bestandssanierungen bietet, bei denen der oder die Speicher bereits vorhanden sind und weiter genutzt werden sollen.

Es wurde jeweils eine lineare, eine polynomische sowie eine exponentielle Berechnungsmethode abgeleitet, von denen jede sinnvolle Werte liefert. Es wird die exponentielle Variante empfohlen, da diese auch für den kleineren Leistungsbereich über 15 kW hinaus die Werte am besten annähert (siehe Abbildung 67).

Preisstreuung bei Sole-Wasser-Wärmepumpen

Es wurden nur Geräte mit aufgenommen, die sowohl für Sonden- als auch für Kollektoranschluss geeignet sind. Nach Ausschluss aller für einen Preisvergleich nicht geeigneten Geräte (mit integrierten Speicher, unklaren Ausführungsangaben etc.) konnten 46 Geräte in die Berechnung mit aufgenommen werden. Die sich ergebenden Preisfunktionen sind in der folgenden Abbildung zu sehen.

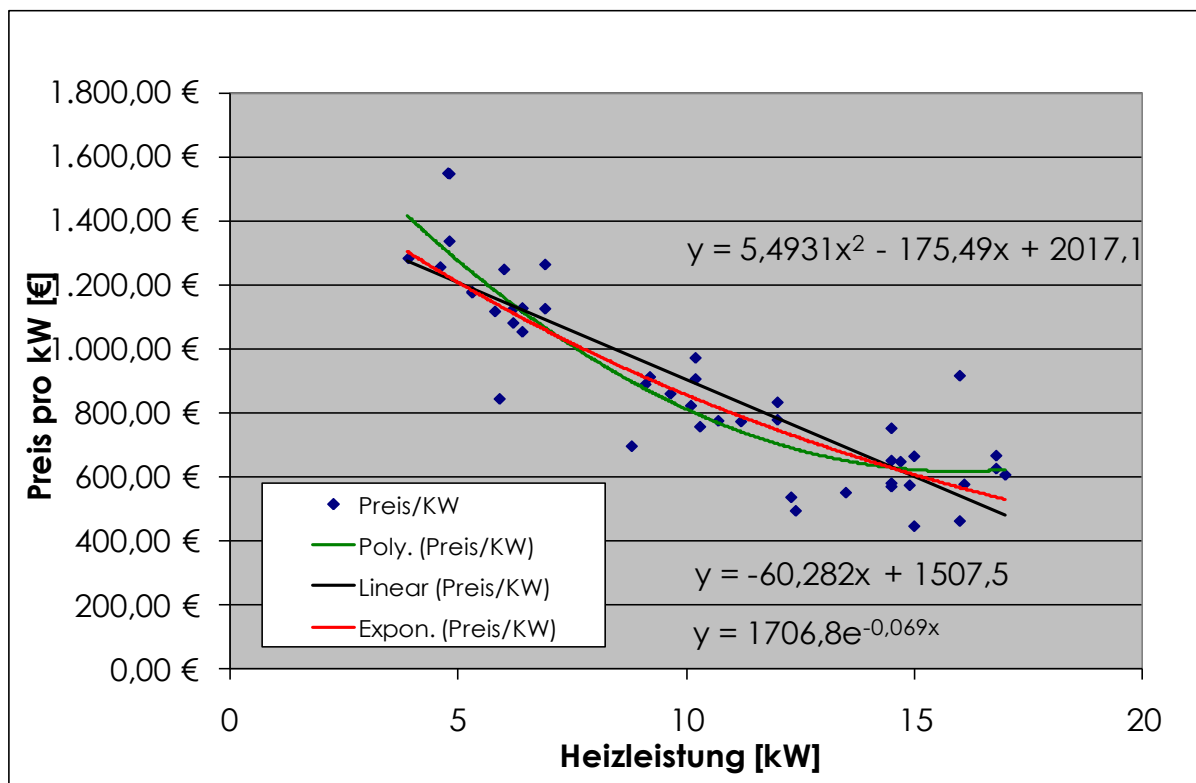


Abbildung 67: Leistungsbezogene Investitionskosten bei Sole/Wasser-Wärmepumpen
[eigene Darstellung]

Leistungsbezogene Kosten Sole-Wasser-Wärmepumpen

Die empfohlene exponentielle Preisfunktion ergibt sich somit wie folgt:

$$K_{\text{erd}} = 1.707 * e^{(-0,0687 * P)}$$

Für

P = Maximale Heizleistung der WP [kW]

K = Kosten pro 1 kW Heizleistung [€/kW]

Unter Einbeziehung der oben genannten Kosten ergeben sich die in Abbildung 68 dargestellten spezifischen Wärmegestehungskosten für Sole-Wasser Wärmepumpen.

Die Gebäudetypen mit den höchsten Energiebedarfen weisen auch die höchsten Investitionsbedarfe und die höchsten laufenden Jahreskosten auf.

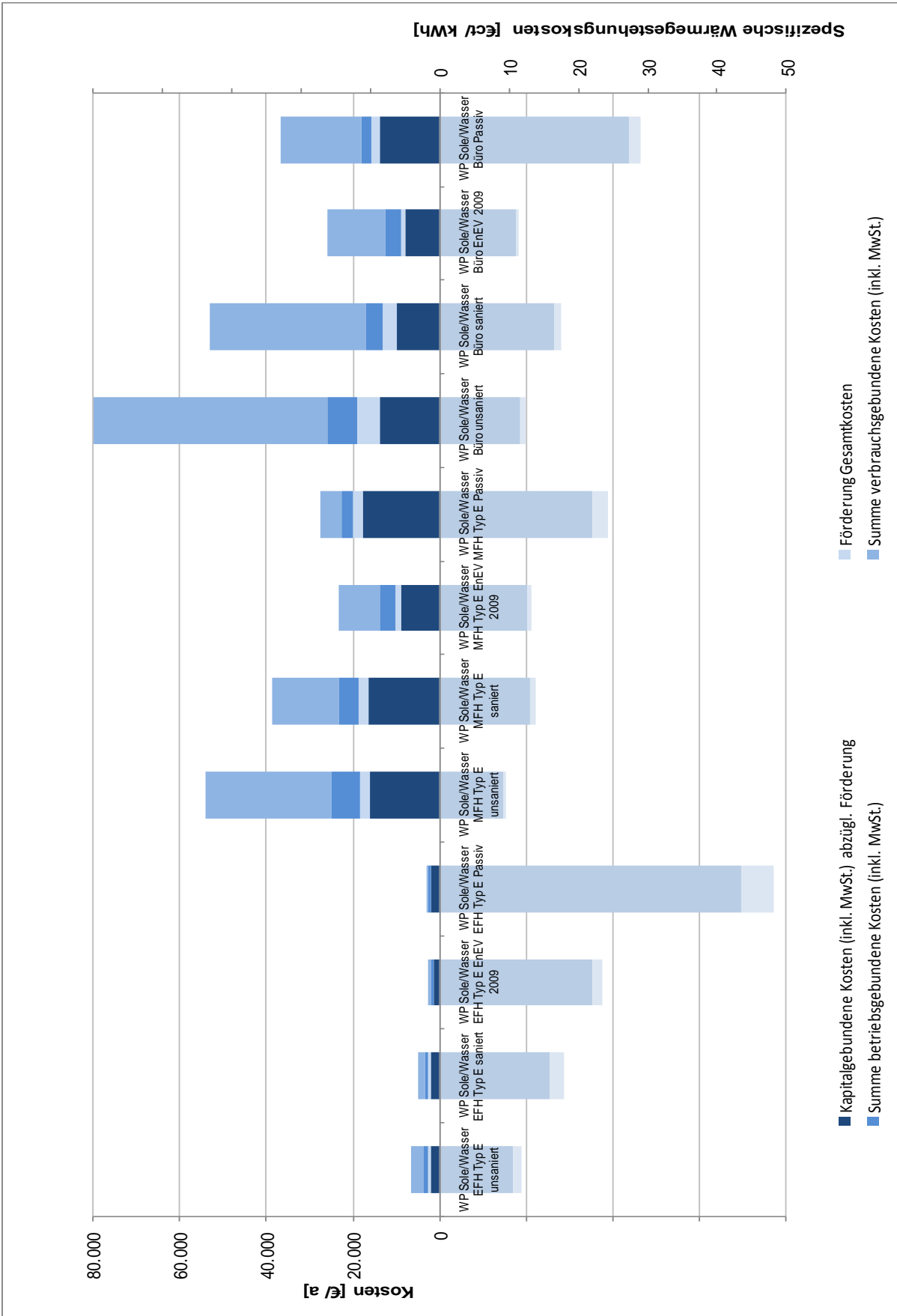


Abbildung 68: Jahres-Gesamtkosten und Wärmegestehungskosten für Sole/Wasser-Wärmepumpen
 [eigene Darstellung]

28.02.2013

7.5 Wärmegestehungskosten für Raumluftechnische Anlagen (RLT) mit Wärmerückgewinnung (WRG)

Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung sind als wichtige Option explizit für folgende Fälle des Neubaus nach EnEV 2009 berücksichtigt.

- EFH Typ E EnEV 2009 – Heizöl BW + LA
- EFH Typ E EnEV 2009 – Erdgas BW + LA
- MFH Typ E EnEV 2009 – Heizöl BW + LA
- MFH Typ E EnEV 2009 – Erdgas BW + LA
- Büro EnEV 2009 – Erdgas BW + LA

Für die Passivhaus-Neubauten ist jeweils schon eine entsprechende Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung berücksichtigt, die für jedes Heizungssystem implizit berücksichtigt sind.

Investitionskosten Lüftungsanlage

Die Investitionskosten für Lüftungsanlagen sind in Tabelle 22 gegeben.

Tabelle 23: Investitionskosten Lüftungsanlage, Passivhaus-Institut

[eigene Darstellung]

Passivhaus-Institut (Richtwerte)	Spezifische Gesamtkosten (Anlage, Planung, Montage)
Abluftanlage (Ohnehin Maßnahme)	30,0 €/m ²
Lüftungszentralgerät mit WRG/ zus. Kanäle)	20,0 €/m ²
Altbauspezifische Zusatzkosten	30,0 €/m ²
Kosten Neubau	20,00 €/m ²
Kosten Bestand	80,00 €/m ²

Lüftungsanlage (Abluft) ist Standard, nur Mehrkosten ansetzen.
Standard ist keine LA. LA, WRG und Zusatzkosten angesetzt.

Hieraus ergeben sich die in Abbildung 69 dargestellten spezifischen Wärmegestehungskosten für Heizungssysteme mit Lüftungsanlagen und WRG.

Je größer das Gebäudevolumen, desto größer die Gesamtinvestitionen und je geringer die spezifischen Kosten.

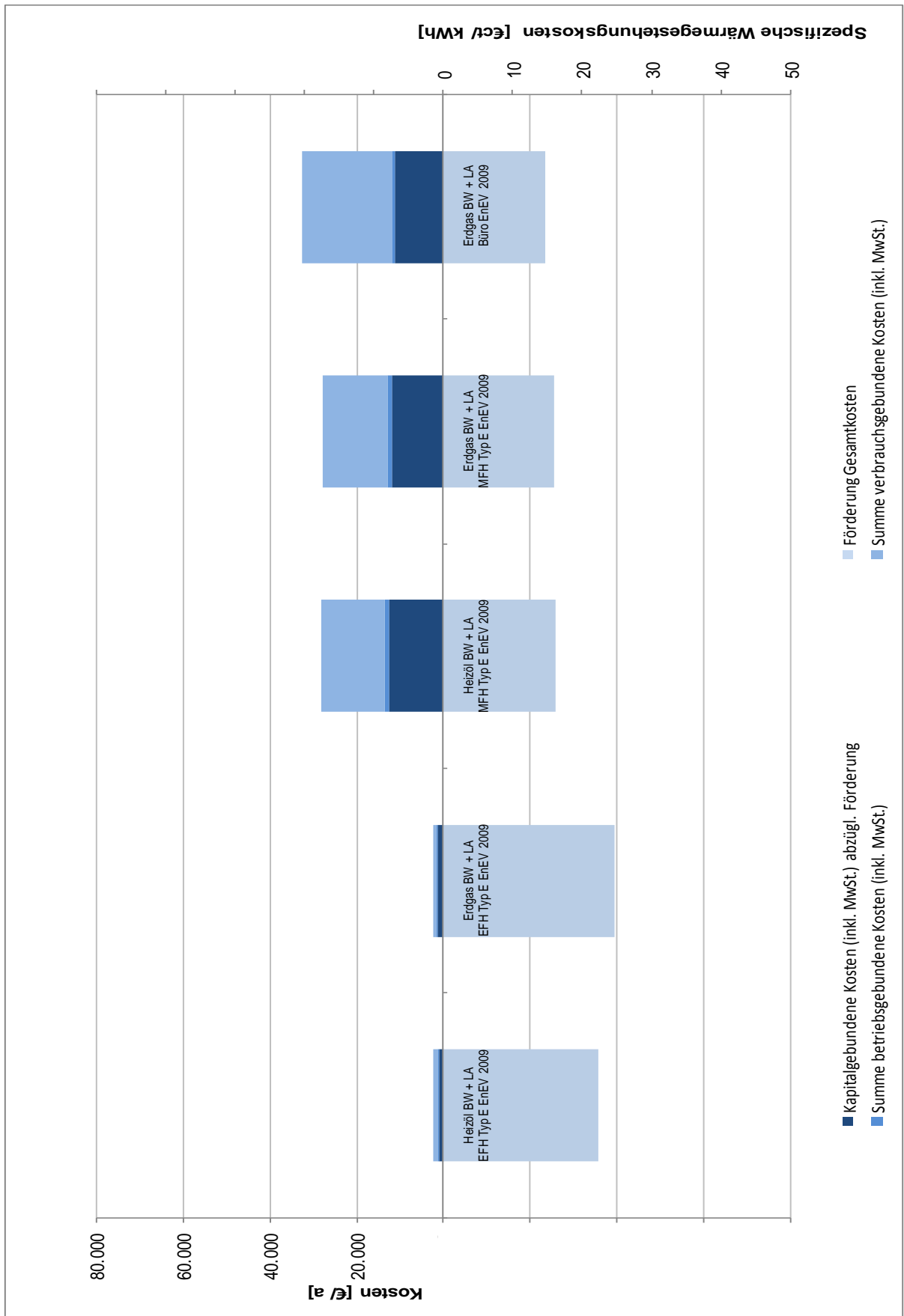


Abbildung 69: Jahres-Gesamtkosten und Wärmegestehungskosten für Heizungssysteme mit Lüftungsanlagen und WRG [eigene Darstellung]

7.6 Wärmegestehungskosten aus Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen werden für die Einfamilienhäuser in Form von Mini-KWK Systemen mit Erdgasmotor berücksichtigt. Für Mehrfamilienhäuser ist ein KWK-System ebenfalls auf Erdgas-Basis berücksichtigt.

Bei Nichtwohngebäuden ist jeweils noch eine zweite Variante mit jeweils gleichem Heizungssystem, allerdings mit 30 % Biogas berechnet. Da das jeweilige System das EEWärmeG aufgrund des KWK-Anteils bereits einhält, hätte eine nur anteilige Beimischung keine Vorteile erbracht.

Kostenfunktion von KWK-Anlagen (Anlage allein):

$$K_{KWK} = 3.087,4 - 405,7 * \ln(P_{el})$$

P_{el} = Elektrische Leistung [kW]

Die elektrischen und thermischen Wirkungsgrade sind in Tabelle 24 dargestellt.

Tabelle 24: Annahmen zu den KWK-Systemen in EFH und MFH

[Bine 2010, BHKW 2009]

		EH	MH
Anteil Wärmeleistung an Binnleistung		0,61	0,55
Anteil Wärmeleistung an Binnleistung		0,27	0,33
Verhältniss Elektr. Leistung:Thermische Leistung		0,44	0,60
Verhältniss Leistung zu Brennstoff		0,88	0,89
nutzbarer Elektr.	35		
nutzbare Wärme	55		

Quelle: BINE Infodienst, BHKW 2009

Hieraus ergeben sich die in dargestellten spezifischen Wärmegestehungskosten für Wohngebäude und in Abbildung 71 für Nichtwohngebäude.

Für die Passivhaus-Neubauten sind die spezifischen Wärmegestehungskosten aufgrund der niedrigen Heizwärmebedarfe am größten. Die jährlichen Gesamtkosten sind hier jedoch am kleinsten (maßgebend).

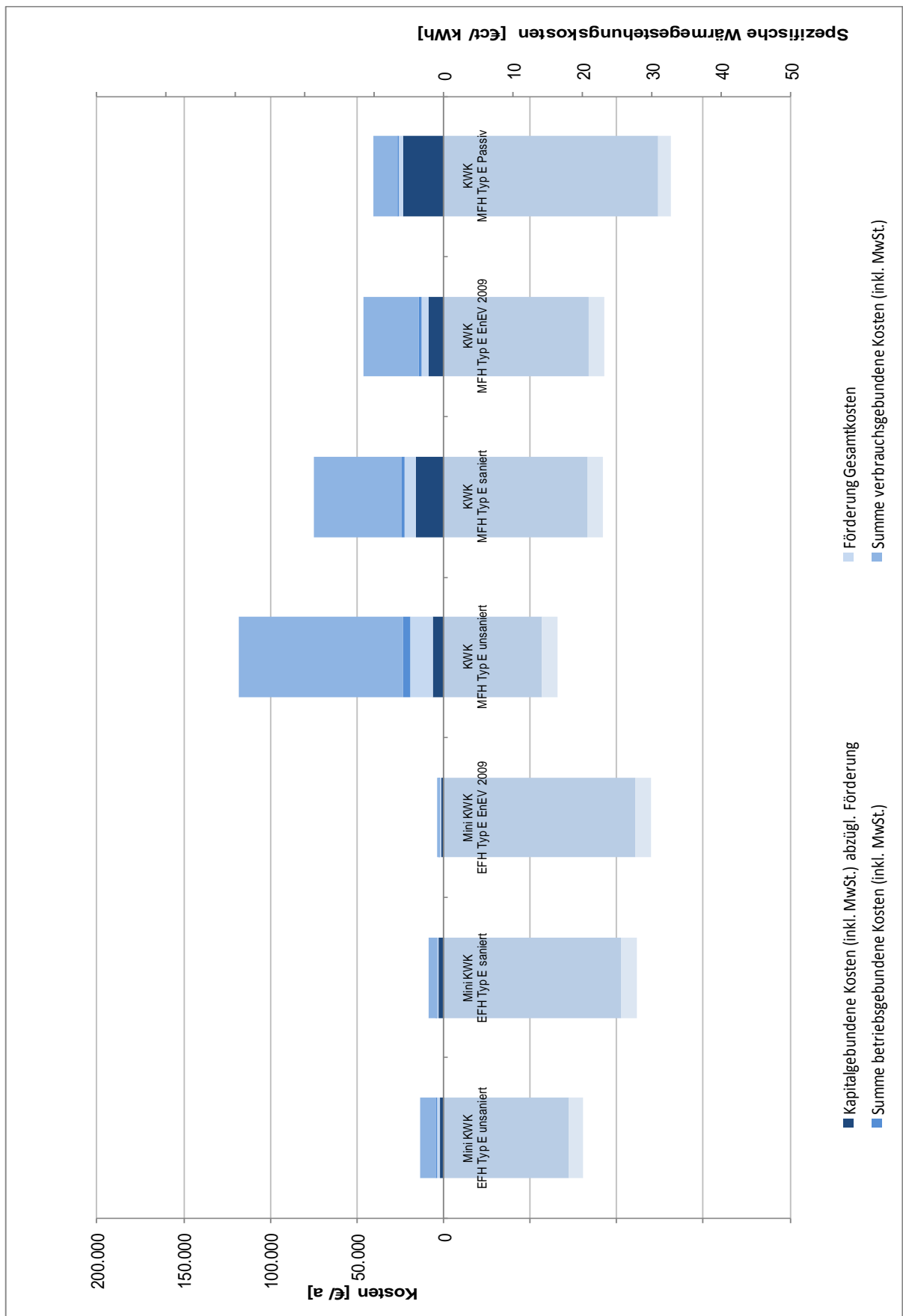


Abbildung 70: Jahres-Gesamtkosten und Wärmegestehungskosten für KWK-Systeme für Wohngebäude
[eigene Darstellung]

28.02.2013

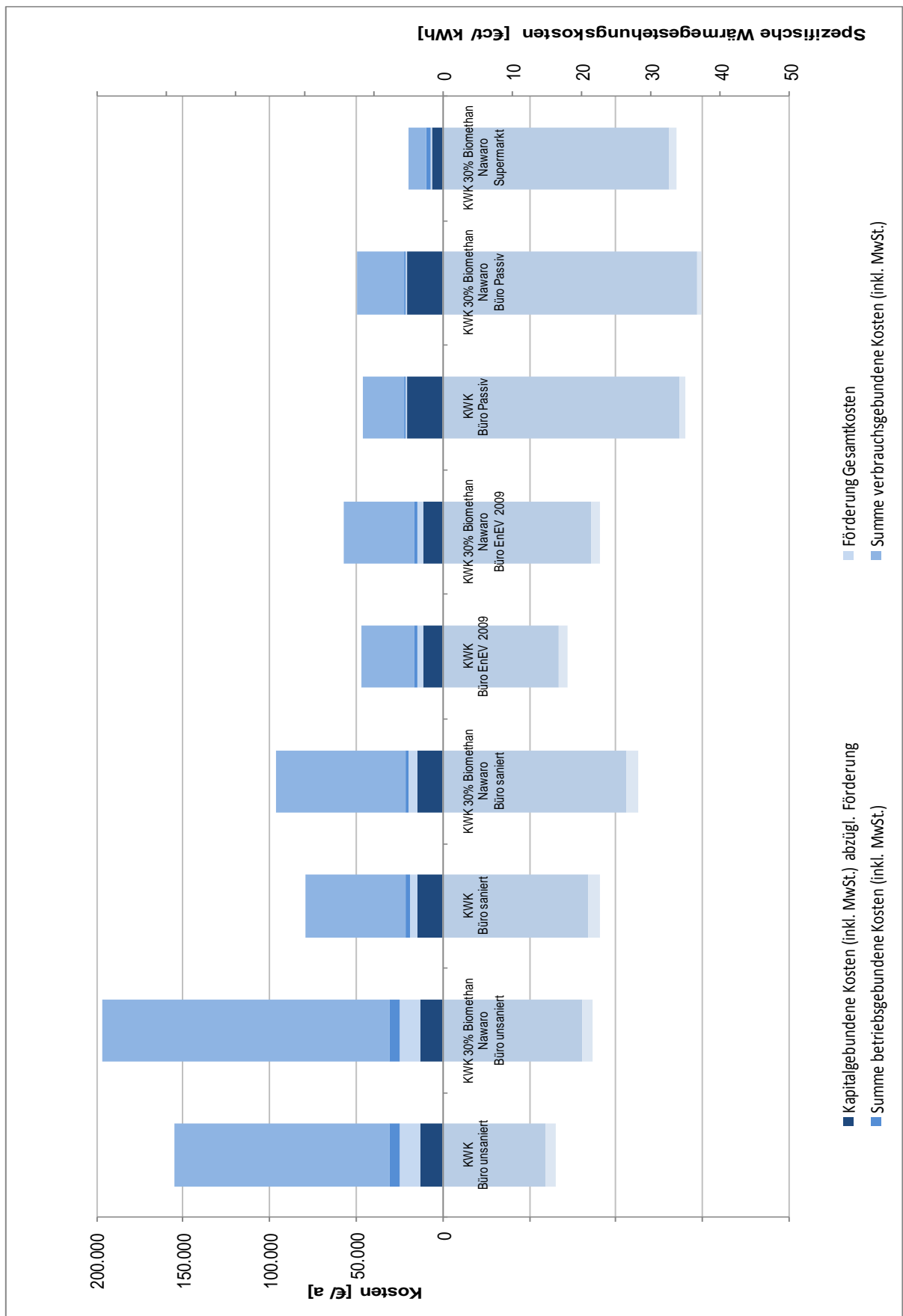


Abbildung 71: Jahres-Gesamtkosten und Wärmegestehungskosten für KWK Systeme für Nichtwohngebäude
[eigene Darstellung]

28.02.2013

7.7 Zusätzliche Dämmmaßnahmen

Das EEWärmeG sieht eine 15prozentige Unterschreitung der Wärmedämmung der Gebäudehülle nach EnEV 2009 als Ersatzmaßnahme zu vorherigen Erneuerbaren-Energien Technologien an.

Hierzu sind folgende Heizungssysteme mit deutlich verbesserter Wärmedämmung berechnet:

- EFH Typ E EnEV 2009 – Heizöl BW
- EFH Typ E EnEV 2009 – Erdgas BW
- EFH Typ E Passiv – Heizöl BW
- EFH Typ E Passiv – Erdgas BW
- MFH Typ E EnEV 2009 – Heizöl BW
- MFH Typ E EnEV 2009 – Erdgas BW
- Büro EnEV 2009 – Heizöl BW
- Büro EnEV 2009 – Erdgas BW

Investitionen Dämmung

Die Investitionskosten der zusätzlichen Dämmung sind nach Tabelle 25 angenommen.

Tabelle 25: Spezifische Investitionskosten der Dämmung

[Ecofys Studien]

EFH	Außenwand	Keller	Dach	
Kosten Mineralwolle WLG 035	2,0	2,0	2,0	€/ (m ² cm)
MFH				
Kosten Mineralwolle WLG 035	1,5	1,5	1,5	€/ (m ² cm)
Büro/ Supermarkt				
Kosten Mineralwolle WLG 035	1,0	1,0	1,0	€/ (m ² cm)

Quellen: Ecofys Studien, laufende IWU-Studie "Kosten energetischer Modernisierungen"

Aus diesen Annahmen ergeben sich die in der folgenden Abbildung dargestellten spezifischen Wärmegestehungskosten.

Die Kosten der Ersatzmaßnahmen für das Mehrfamilienhaus und das Bürogebäude liegen in gleicher Größenordnung, während die Investitionskosten für das Einfamilienhaus deutlich geringer ausfallen.

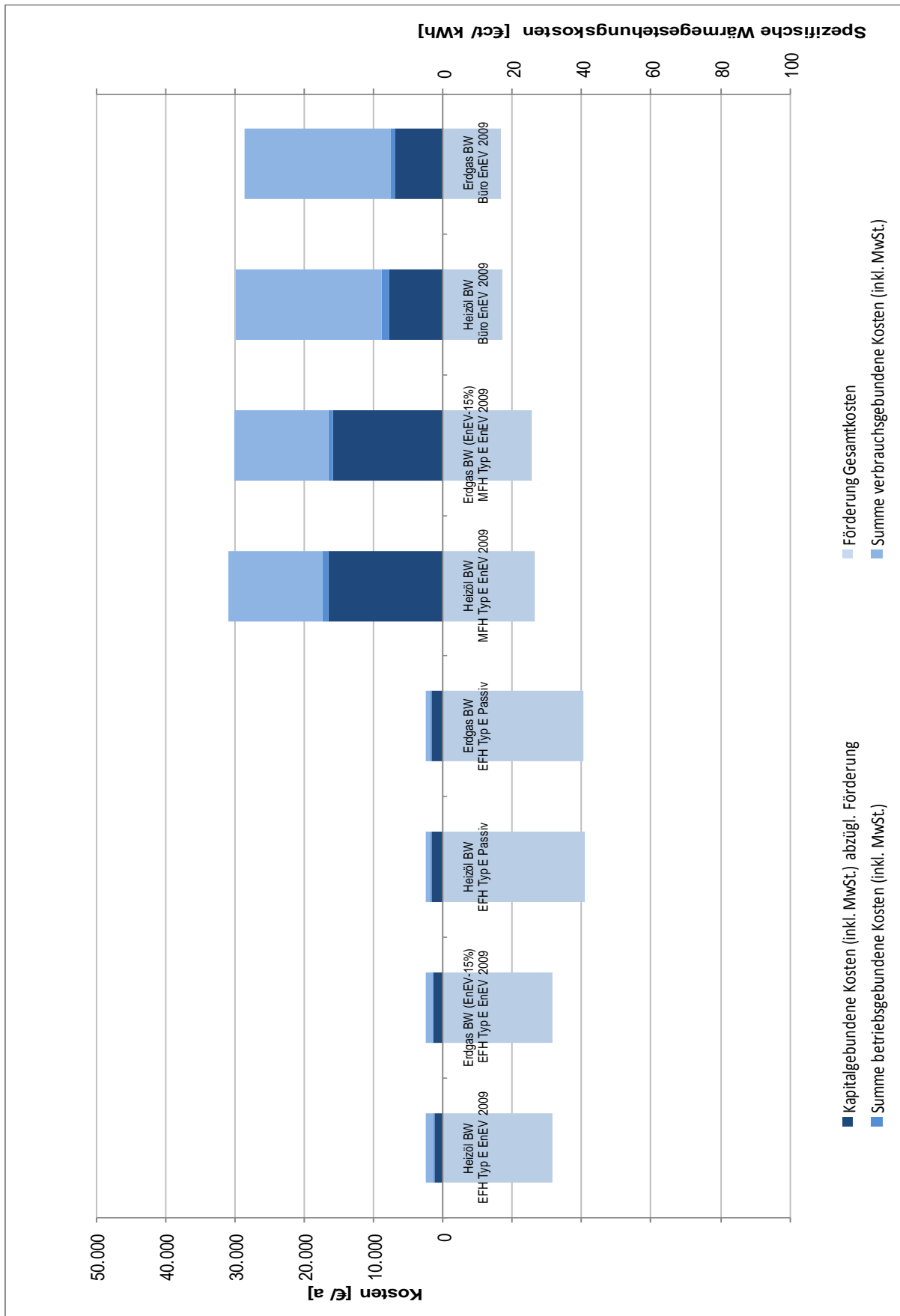


Abbildung 72: Jahres-Gesamtkosten und Wärmegestehungskosten für die Ersatzmaßnahme zusätzliche Dämmung
[eigene Darstellung]

28.02.2013

7.8 Zusammenfassende Kostendarstellung der untersuchten Erfüllungsoptionen

Im Folgenden werden die Gesamt- und Investitionskosten für das Einfamilien- und Mehrfamilienhaus Type E EnEV 2009 für die untersuchten Erfüllungsoptionen zusammenfassend dargestellt (Abbildung 73 bis Abbildung 76). Die Abbildungen sind so angeordnet, dass die Kosten aufsteigend sortiert sind. Dabei werden die Gesamtkosten pro Jahr auf der positiven Achse und farblich ausgeprägter dargestellt. Es gilt die linke Legende (Kosten in €/a). Die spezifischen Wärmegestehungskosten, inklusive der Berücksichtigung von Fördermitteln sind „nach unten“ (auf der sonst negativen Achse) angeordnet und farblich blasser dargestellt. Es gilt die rechte Legende (spezifische Wärmegestehungskosten in €/kWh). Auf diese Weise können die relevantesten Informationen aus wenigen Abbildungen entnommen werden.

Beim EFH fällt auf, dass alle Heizöl- und Erdgasbrennwertsysteme (ohne Lüftungsanlage/ Solarthermie, mit Lüftungsanlage bzw. mit Solarthermie für Warmwasser) und die Wärmepumpe ähnlich hohe Kosten haben. Der Anteil der Förderung ist bei der Mini-KWK, bei den Erdgas- und Heizölbrennwertsystemen mit Solarthermie für Warmwasser beträgt er die Hälfte. Bei Erdgas- und Heizölbrennwertsystemen mit Solarthermie für Heizung, beim Mini KWK und beim Pelletskessel liegen die Kosten etwas höher, als bei den vorher genannten Systemen. Das resultiert auch daraus, dass die Systeme der erneuerbaren Energien gefördert werden. Die Wärmegestehungskosten werden am höchsten gefördert bei der Wärmepumpe, gefolgt vom Pelletskessel, dem Mini KWK und den Erdgas- und Heizölbrennwertsystemen mit Solarthermie für Heizung und für Warmwasser.

Beim MFH ergibt sich ein etwas anderes Bild. Hier hat das System Wärmepumpe Sole/Wasser die niedrigsten jährlichen Kosten, vor dem Pelletskessel und dem Erdgas- und Heizölbrennwertsystem mit Solarthermie für Warmwasser. Im Vergleich dazu sind die Systeme mit Lüftungsanlage teurer. Unter Einbeziehung der spezifischen Wärmegestehungskosten können die Erdgas- und Heizölbrennwertkessel als relativ unattraktiv angesehen werden, da ihre spezifischen Kosten deutlich höher sind als die der anderen Systeme.

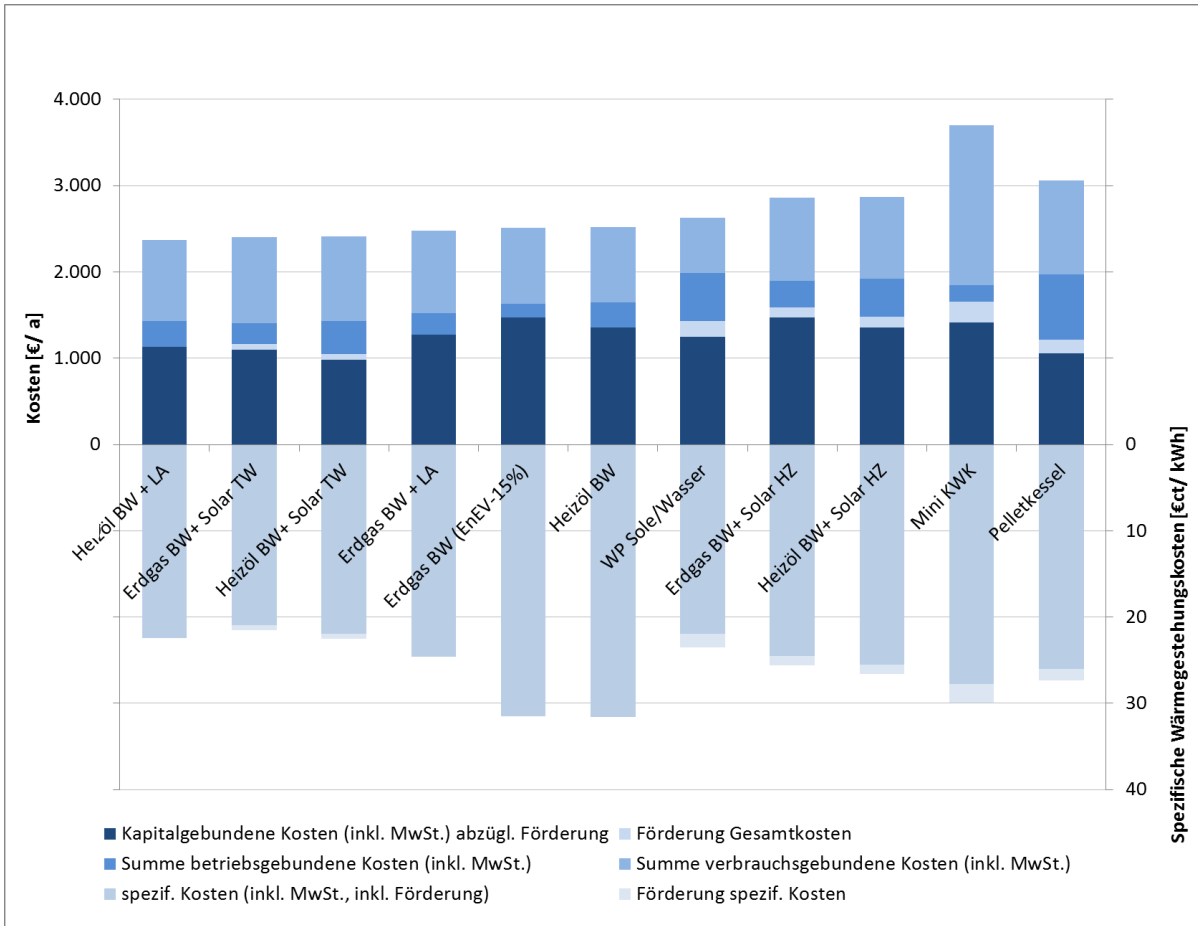


Abbildung 73: Gesamtkosten für das EFH Typ E EnEV 2009
[eigene Darstellung]

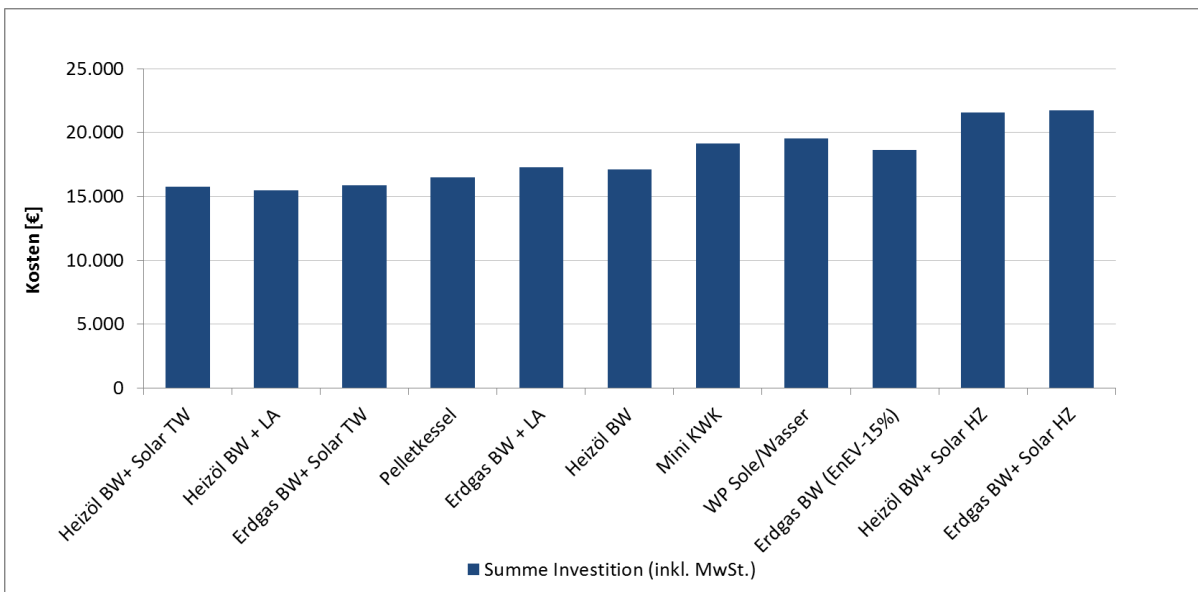


Abbildung 74: Investitionskosten für das EFH Typ E EnEV 2009
[eigene Darstellung]

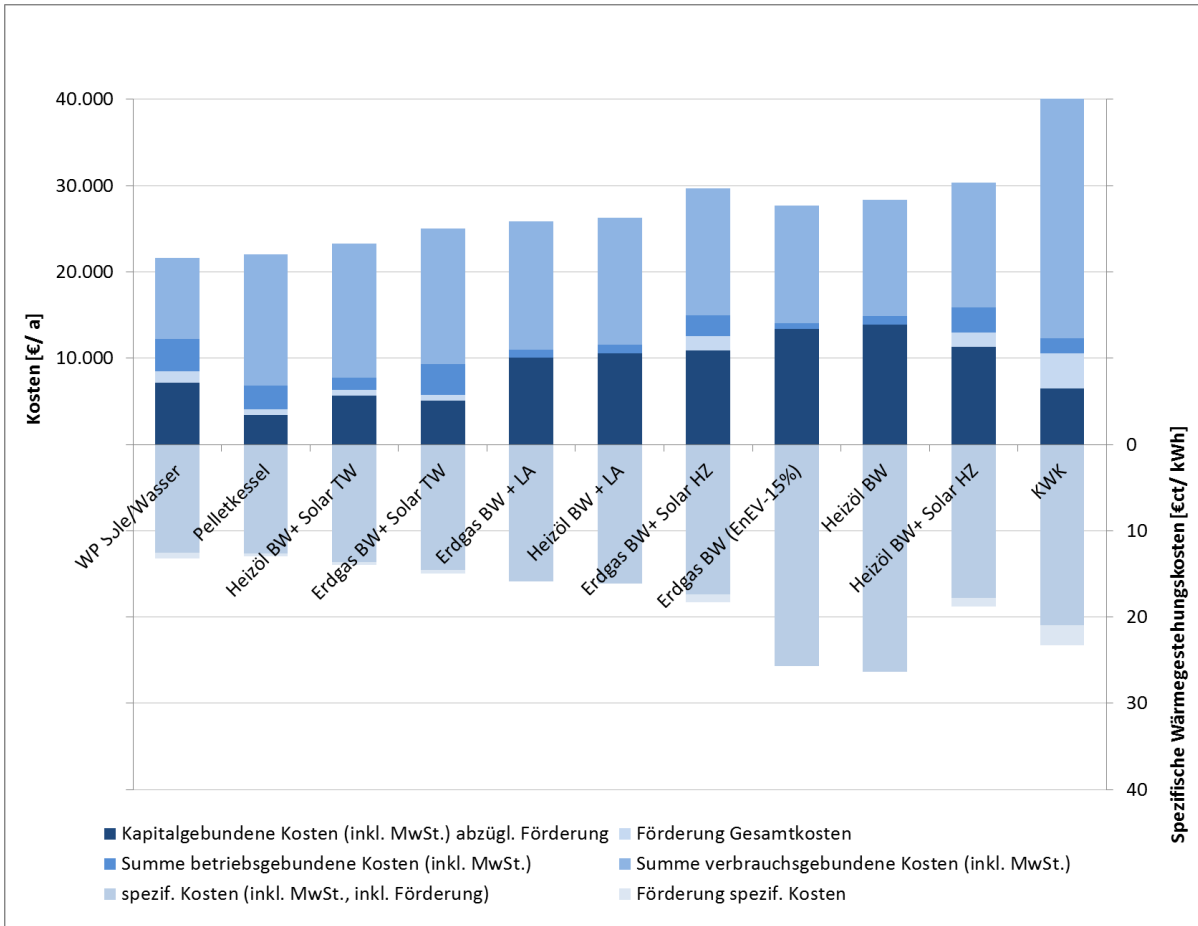


Abbildung 75: Gesamtkosten für das MFH Typ E EnEV 2009
 [eigene Darstellung]

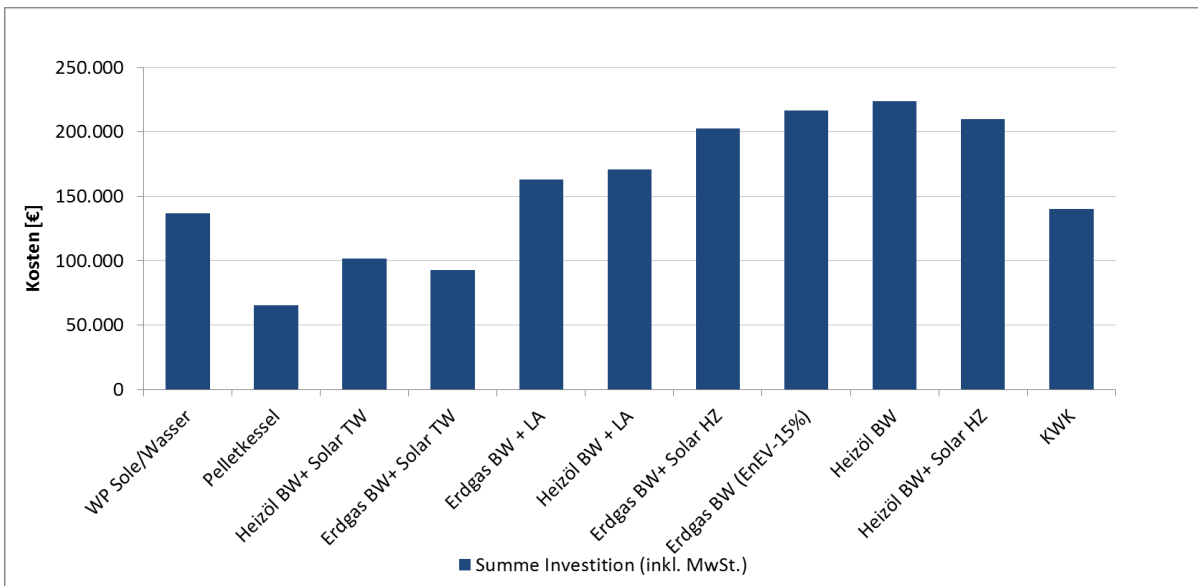


Abbildung 76: Investitionskosten für das MFH Typ E EnEV 2009
 [eigene Darstellung]

8. Ökonomische und ökologische Wirkungen des EEWärmeG

Zur Beurteilung des EE-Ausbaus im Wärmebereich werden üblicherweise die Kosten und Nutzen herangezogen. Es werden nicht die gesamten Kosten oder Nutzen bei Nutzung fossiler und EE-Systeme, sondern die jeweiligen Differenzen mit Bezug zu einem Referenzsystem betrachtet. Die im Folgenden beschriebenen Wirkungen sind somit das Ergebnis einer Differenzbetrachtung. Die Kostenunterschiede – Differenzkosten – sowie der gegenüber den Referenzsystemen erzielte Nutzen – in Form von vermiedenen Umweltbelastungen – werden ermittelt. Die Differenzkosten werden ohne Steuern und CO₂-Preise ausgewiesen.

8.1 Differenzkosten durch das EEWärmeG

Die Berechnung der durch das EEWärmeG anfallenden Differenzkosten für das Jahr 2009-2011 beruhen auf einem systemanalytischen Ansatz, der sich an die Ausarbeitungen zu den Differenzkosten im Wärmebereich von ISI et al. (2010) bzw. Bürger, Steinbach, und Ragwitz (2010) anlehnt. Demnach sind die systemanalytischen Differenzkosten im Wärmebereich als annuitätische Erzeugungsmehr- oder -minderkosten der EE-Wärmebereitstellungstechnologien gegenüber fossilen Systemen auf Vollkostenbasis definiert. Es werden dabei fossile und erneuerbare Referenztechnologien sowie Referenzgebäude definiert, mit denen eine Hochrechnung der Differenzkosten in vereinfachter Form erfolgt. Grundlage hierfür bildet die in Kapitel 7 vorgenommene Wirtschaftlichkeitsrechnung mit den dort definierten Referenztechnologien und –gebäuden.

Aufgrund der noch nicht ausreichend vorhandenen Datenbasis über die Anzahl der bereits 2009 unter die Nutzungspflicht des EEWärmeG fallenden Gebäude und deren Erfüllungsoptionen (EE-Technologien, Ersatzmaßnahmen) kann an dieser Stelle nur eine erste Abschätzung der Differenzkosten erfolgen.

Gebäude mit Nutzungspflicht im Jahr 2009, 2010 und 2011

Die durch das EEWärmeG verpflichteten Neubauten werden über die Bautätigkeitsstatistik für das Jahr 2009, 2010 und 2011 abgeschätzt. Hierbei entsteht sowohl bei Ansetzen der Baugenehmigungen als auch der Baufertigstellungen eine Abgrenzungsproblematik. Die Baufertigstellungen beinhalten Gebäude, die vor dem 1. Januar 2009 genehmigt wurden und damit nicht unter das EEWärmeG fallen. Bei den Baugenehmigungen aus 2009 wiederum handelt es sich um Gebäude, die teilweise noch nicht fertiggestellt worden sind oder mit deren Bau noch gar nicht begonnen wurde. Im Ergebnis ist die Anzahl der jeweils verpflichtenden Neubauten

in 2009 geringer als die ausgewiesene Anzahl der Neubauten der jeweiligen Statistiken (Baugenehmigung und -fertigstellung). Die Baustatistik lässt sich somit als eine Obergrenze der nach dem EEWärmeG verpflichteten Neubauten in den Jahren 2009 bis 2011 auffassen. Abbildung 77 zeigt, dass der Unterschied zwischen der Baugenehmigungs- und -fertigstellungsstatistik hinsichtlich der Anzahl beheizter Gebäude mit insgesamt knapp 7.500 im Jahr 2009 gering ist. In den weiteren Berechnungen werden die niedrigeren Zahlen aus der Baufertigstellungsstatistik zugrundegelegt. Somit soll eine Überschätzung der Anzahl verpflichteter Gebäude vermieden werden. Zudem wird hierdurch auch die Konsistenz zu anderen Statistiken gewahrt, die sich auf installierte – nicht geplante – Anlagen im entsprechenden Jahr beziehen.

In die Berechnung der Differenzkosten fließen aus der Statistik die Anzahl sowie die Wohn- und Nutzflächen der in 2009 bis 2011 errichteten Gebäude ein. Für die Kostenermittlung werden diese den in Kapitel 6 eingeführten Referenzgebäuden im Neubau zugeordnet, wobei repräsentativ für Nichtwohngebäude das Büro-Referenzgebäude, für EFH- und ZFH das Einfamilien-Referenzgebäude (EFH EnEV) und für Gebäude mit mehr als drei Wohnung das Mehrfamilien-Referenzgebäude (MFH EnEV) zugeordnet wird.

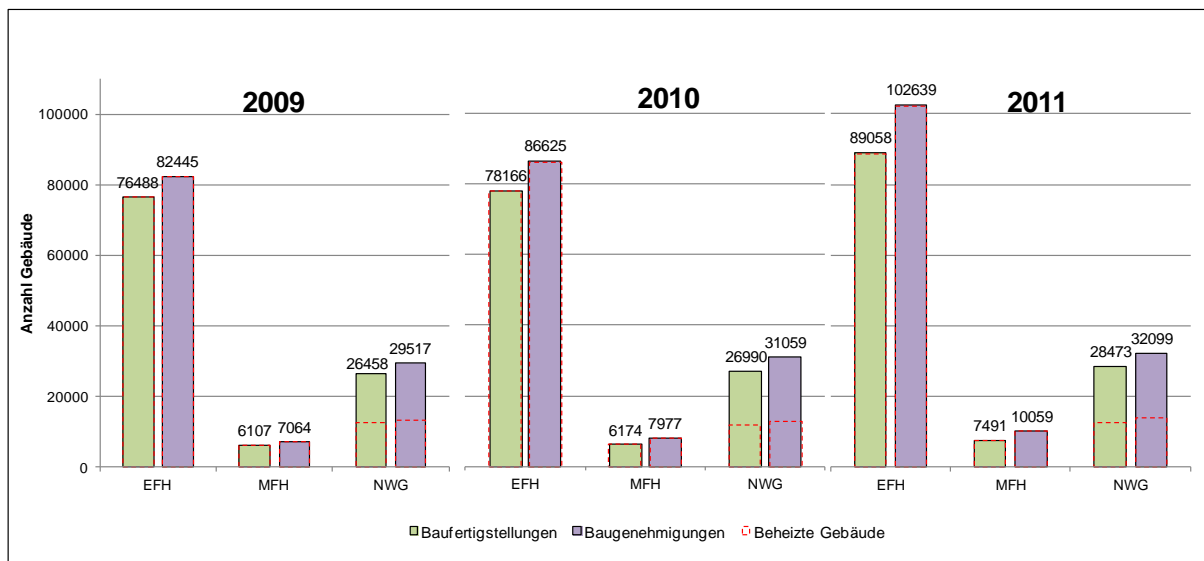


Abbildung 77: Baufertigstellungen und Baugenehmigungen im Hochbau für die Jahre 2009 und 2010

[eigene Darstellung nach Destatis 2010, Destatis 2011]

Technologien zur Erfüllung der Nutzungspflicht

Die Differenzierung der zur Erfüllung der Nutzungspflicht eingesetzten Technologien erfolgt aufgrund der in Kapitel 4 ermittelten Ergebnisse. Auf deren Grundlage werden die Anteile den Referenztechnologien zugeteilt, wobei eine Normierung der Anteile auf 100 Prozent und die anschließende Differenzkostenberechnung nur für die EE-

Nutzung erfolgt.⁵⁵ Bei den installierten Solaranlagen erfolgt entsprechend der in Kapitel 5 definierten Systeme eine weitere Differenzierung nach Warmwasser- und nach Kombianlagen sowie nach dem ebenfalls installierten fossilen Primärwärmeerzeuger⁵⁶. Hierfür werden die Daten aus der Förderstatistik des Marktanreizprogrammes und den Absatzzahlen fossiler Wärmeerzeuger kombiniert. Aus der MAP Förderstatistik geht hervor, dass im Jahr 2009 im Neubau rund 52 % der geförderten Solaranlagen-Systeme reine Warmwasseranlagen waren, entsprechend entfallen knapp 48 % Kombianlagen (BAFA 2010). Bei der Biomasse wird der Pelletskessel als Referenztechnologie gewählt, bei der Erd- und Umweltwärme die Sole- / Wasser-Wärmepumpe. Aus den Absatzzahlen der Erdgas- und Heizöl-Brennwertkessel lassen sich die jeweiligen Anteile dieser beiden fossilen Primärwärmeerzeuger ableiten (BDH 2010; BHD 2011; BDH 2012).

Berechnung der Differenzkosten und Fallunterscheidung

Auf Basis der in Kapitel 7 durchgeführten Wirtschaftlichkeitsberechnung lassen sich spezifische Kosten (pro Quadratmeter Nutzfläche (A_N)) für jede Referenztechnologie in den einzelnen Referenzgebäuden ableiten. Die Berechnung erfolgt dabei ohne Steuern und ohne Förderung. Die Gesamtkosten ergeben sich durch Multiplikation der spezifischen Kosten mit der unter die Nutzungspflicht fallenden Nutzfläche eines jeden Referenzgebäudes. Bei den zugrunde gelegten Energiepreisen werden die durchschnittlichen Endkundenpreise der jeweiligen Jahre entsprechend BMWi (2011) angesetzt.

Für die Berechnung der Differenzkosten ist die Festlegung einer Referenzsituation ohne Erneuerbare Energien bzw. EEWärmeG notwendig. Hierzu werden für die von der Nutzungspflicht betroffenen Gebäude anstelle von EE-Technologien fossile Referenzsysteme (Erdgas- und Heizöl-Brennwert) festgelegt.

Zur Berechnung der Substitutionsfaktoren von Heizöl und Erdgas bieten sich zwei verschiedene Ansätze an, welche sich im Referenzsszenario für fossile Energieträgernutzung unterscheiden. Einerseits können die Substitutionsfaktoren der Emissionsbilanz des UBA (2009) zugrunde gelegt werden. Damit werden für jede EE-Technologie spezifische Substitutionsfaktoren von Erdgas und Heizöl⁵⁷ angesetzt. Ein Nachteil dieses Ansatzes ist die fehlende Differenzierung zwischen Neubau und Bestand, wodurch der durch EE substituierbare Anteil von Heizöl sehr hoch ist.

⁵⁵ Es werden Überlappungen zwischen den Ersatzmaßnahmen berücksichtigt.

⁵⁶ Entsprechend Kapitel 6 sind die solaren Referenztechnologien als Kombi- oder Warmwassersysteme mit einem Erdgas- oder Heizöl-Brennwertkessel als primären Wärmeerzeuger definiert.

⁵⁷ Aus den UBA Substitutionsfaktoren werden die Anteile für Heizöl und Erdgas zusammen auf 100 % normiert, da andere Energieträger wie Kohle oder Stromheizung im Neubau kaum vorkommen.

Im zweiten Ansatz werden die Substitutionsfaktoren nach ISI et al. (2010) aus der Relation der Absatzzahlen von Erdgas- und Heizöl-Brennwertgeräten abgeleitet. Mit diesem Vorgehen wird dem hohen Anteil von Erdgas-Heizsystemen im Neubau Rechnung getragen, jedoch sind diese Anteile für alle EE-Technologien gleich. In Tabelle 275 sind die resultierenden Substitutionsfaktoren für das Jahr 2009 dargestellt. Für die Folgejahre 2010 und 2011 verschieben sich diese noch zu einem noch höherem Erdgas-Substitutionsfaktor – entsprechend der BDH Absatzstatistik.

Tabelle 26: Fossile Referenzszenarien für die Differenzkostenberechnung für das Jahr 2009

[eigene Darstellung]

Referenztechnologien	Fossile Referenz 1 (UBA Emissionsbilanz)		Fossile Referenz 2 (Absatzstatistik nach BDH 2010)	
	Erdgas Substitution	Heizöl Substitution	Erdgas Substitution	Heizöl Substitution
Pelletsessel	53.19 %	46.81 %	82.09 %	17.91 %
WP Sole/Wasser	45.36 %	54.64 %	82.09 %	17.91 %
Solar WW	52.58 %	47.42 %	82.09 %	17.91 %
Solar Kombi	52.58 %	47.42 %	82.09 %	17.91 %

Für die Ergebnisdarstellung findet *der zweite Ansatz* Anwendung, der das fossile Referenzszenario auf Basis der Absatzstatistik ermittelt.

Zur Berechnung der Differenzkosten wird zunächst wie in der Wirtschaftlichkeitsberechnung das Kompensationsprinzip der EnEV berücksichtigt. Zum einen werden dabei die geringeren Anforderungen an die bauliche Wärmedämmung und die damit verbundenen Minderinvestitionen, die aufgrund der günstigen Primärenergiefaktoren beim Einsatz von erneuerbaren Energieträgern aus der Energiesparverordnung resultieren (vgl. Kapitel 6), einbezogen. Zum anderen führt die höhere Wärmedämmung bei den fossilen Wärmeerzeugern zu einem geringeren Heizwärmebedarf.

Da jedoch nicht grundsätzlich davon ausgegangen werden kann, dass Bauherren bzw. Investoren beim Einsatz von erneuerbaren Energien einen geringeren Dämmstandard für die Gebäude wählen, wird in einem Exkurs (Anhang) zusätzlich der Fall „EEWärmeG ohne Berücksichtigung des Kompensationsprinzips der EnEV“ berechnet. In diesem werden die Differenzkosten ohne Berücksichtigung der geringeren Anforderungen und baulichen Investitionen, d.h. bei Unterstellung gleicher Gebäudehüllen (U-Werte) beim Einsatz erneuerbarer und fossiler

Wärmeerzeugungstechnologien ermittelt. Die Ergebnisse werden im Anhang dargestellt.

Abbildung 78 zeigt die Ergebnisse unter Berücksichtigung des Kompensationsprinzips der EnEV für die Jahre 2009 bis 2011. Dabei beinhalten die Zahlen für das Jahr 2010 sowohl die Kostenwirkungen der in 2010 installierten Anlagen als auch der bereits im Jahr 2009 in Betrieb genommenen Anlagen, da es sich bei den Differenzkosten um die jährlich anfallenden Kosten handelt. Selbiges gilt für die Differenzkosten des Jahres 2011, welche die Kostenwirkungen der installierten Anlagen aus den Jahren 2009, 2010 und 2011 beinhalten.

Die ermittelten Differenzkosten des EEWärmeG liegen im Jahr 2009 bei rund 37 Mio. €. Wärmepumpen tragen den größten Anteil zu den Differenzkosten bei, da diese unter der Berechnung zugrundeliegenden Annahmen auch als häufigste Technologie zur Erfüllung des EEWärmeG genutzt wurde. Da die günstigere Luftwärmepumpe in dieser vereinfachten Berechnung nicht als Referenztechnologie verwendet wird und deren Anteil mit den spezifischen Kosten der Erdwärmepumpe bewertet wird, sind die daraus resultierenden Differenzkosten eher zu hoch angesetzt. Des Weiteren ist für die Berechnung vereinfacht unterstellt, dass alle Anlagen bereits zu Jahresbeginn installiert worden sind, womit die ermittelten Differenzkosten als möglicher Maximalwert zu interpretieren sind. Im Jahr 2010 und 2011 kummulieren sich die Differenzkosten auf rund 76 Mio. € bzw. 101 Mio. €

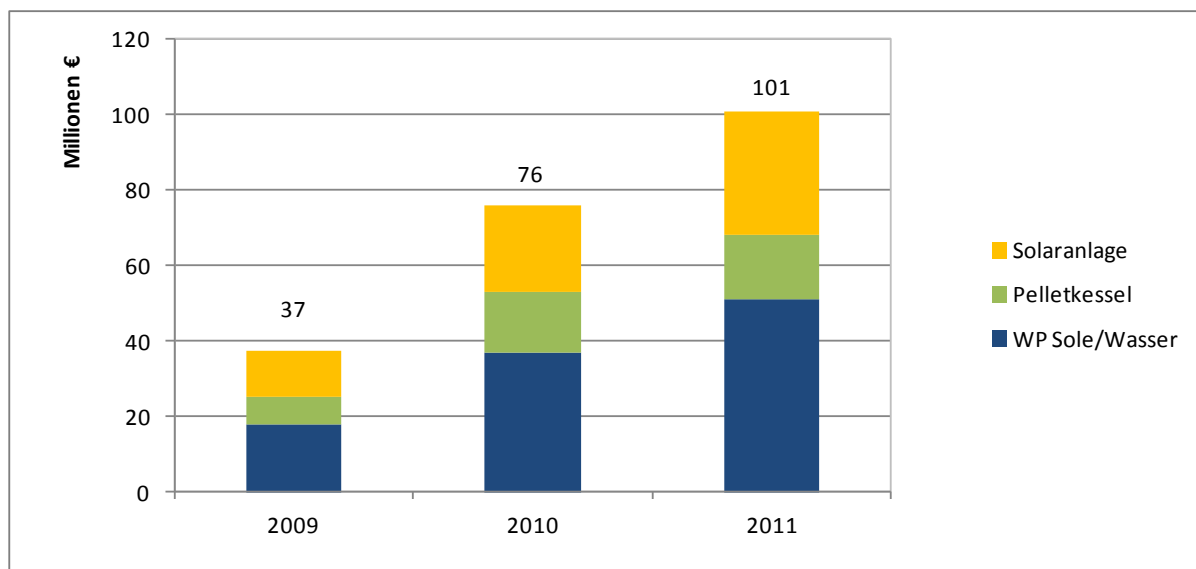


Abbildung 78: Differenzkosten EEWärmeG im Jahr 2009, 2010 und 2011
[eigene Berechnung ISI]

8.2 Ressourcenverbrauch und Schonung fossiler Ressourcen

Neben dem unmittelbaren Beitrag des EEWärmeG zum Ausbau der EE im Gebäudebereich (Neubau) sind weitere Wirkungen des EEWärmeG mit Blick auf Schonung fossiler Ressourcen und Nachhaltigkeit der Energieversorgung zu untersuchen. In diesem Kapitel werden daher diese Wirkungen im Bereich der Gebäudeneubauten näher beleuchtet. Zunächst wird ein kurzer methodischer Umriss gegeben, und anschließend werden die Ergebnisse vorgestellt. Aufgezeigt werden:

- Ressourceneinsatz im Neubau
- Eingesparte fossile Ressourcen im Neubau
- Vermiedene Emissionen im Neubau

8.2.1 Methodische Grundlagen

Als Grundlage zur Berechnung der Umweltwirkungen bzw. der vermiedenen Umweltschäden dienen die Energiebedarfe der in Kapitel 6 und 7 dargestellten Gebäudetypen und EE-Technologien bzw. Ersatzmaßnahmen, die gemäß EnEV 2009 und EEWärmeG ermittelt wurden. Als Gebäudetypen wurden hierbei das Einfamilienhaus (EFH), Mehrfamilienhaus (MFH), Büro und Supermarkt zugrunde gelegt. Die Wärmeerzeugungstechnologien in den jeweiligen Gebäuden gliedern sich zum einen in EE-Wärmeerzeugungstechnologien⁵⁸ und Ersatzmaßnahmen sowie in fossile Referenztechnologien. Sie sind in Tabelle 27 angegeben. Zudem sind in Spalte 2 der Tabelle 27 die jeweiligen Gebäudetypen eingefügt, in denen diese Erzeugungsoptionen zum Einsatz kommen. In Spalte 3 ist das jeweilige fossile Referenzsystem, d.h. die angelegte Vergleichstechnologie ausgewiesen.

Tabelle 27: Übersicht über eingesetzte Wärmeerzeugungsoptionen im jeweiligen Gebäudetyp sowie Angabe der Vergleichsoptionen (Referenz)

[eigene Darstellung]

Technologien/Ersatzmaßnahmen	Gebäudetyp	Vergleichstechnologie
EE-Technologien und Ersatzmaßnahmen		zur Berechnung der vermiedenen Emissionen
Pelletsfeuerung	EFH, MFH, Büro	BW E 82%, BW Ö 18%
Wärmepumpe Sole/Wasser	EFH, MFH, Büro	BW E 82%, BW Ö 18%
Erdgas-Brennwertkessel mit Solarthermie für Trinkwasser	EFH, MFH	BW E
Erdgas-Brennwertkessel mit Solarthermie für Heizungsunterstützung	EFH, MFH	BW E
Heizöl-Brennwertkessel mit Solarthermie für Trinkwasser	EFH, MFH	BW Ö
Heizöl-Brennwertkessel mit Solarthermie für Heizungsunterstützung	EFH, MFH	BW Ö

⁵⁸ Abweichend von den in Kap. 6 und 7 beschriebenen Technologien wird Biogas BHKW (100 % Biogas) statt KWK angesetzt.

Biogas-BHKW	EFH, MFH, Büro, Supermarkt	BW E
Erdgas-Brennwertkessel nach EnEV - 15%	EFH, MFH, Büro, Supermarkt	BW E
Heizöl-Brennwertkessel nach EnEV - 15%	EFH, MFH, Büro	BW Ö
Erdgas-Brennwertkessel mit Lüftung und Wärmerückgewinnung	EFH, MFH, Büro	BW E
Heizöl-Brennwertkessel mit Lüftung und Wärmerückgewinnung	EFH, MFH	BW Ö
Referenztechnologie		
Erdgas-Brennwertkessel (BW E)	EFH, MFH, Büro, Supermarkt	
Heizöl-Brennwertkessel (BW Ö)	EFH, MFH, Büro	

Anmerkung: Erdgas-Brennwertkessel = BW E; Heizöl-Brennwertkessel = BW Ö

Die Vergleichstechnologien stellen ein fossiles Referenzsystem (Gebäudetyp und Referenztechnologie) dar, das ohne EEWärmeG statt einer EE-Wärmeerzeugungstechnologie eingesetzt worden wäre. Es dient als Vergleichsoption zur Ermittlung der vermiedenen Emissionen und erfüllt daher die Vorgaben der EnEV 2009, nicht jedoch jene des EEWärmeG. Die Referenzsysteme umfassen als Heizsystem einen Erdgas-Brennwertkessel und einen Heizöl-Brennwertkessel. Die Dämmung der Gebäude ist entsprechend der EnEV 2009 ausgelegt. Die angelegten U-Werte sind im Anhang aufgeführt.

Bei den EE-Technologien wird feste oder flüssige Biomasse, die zur Wärmeerzeugung über Fernwärmenetze zum Einsatz kommt, nicht erfasst. Ihr Anteil an der Fernwärmeerzeugung liegt ungefähr bei rund 4 %. Bei einem Nah/Fernwärmeanteil von knapp 7 % an den Heizsystemen im Neubau (2011) ist somit der Beitrag fester und flüssiger Biomasse an der Wärmeversorgung im Neubau sehr gering.

Die in der Berechnung zugrunde gelegten Anteile von EE-Technologien oder Ersatzmaßnahmen beziehen sich auf die in 2011 ermittelten Anteile (bezogen auf Gebäudeanzahl) der verwendeten EE-Technologien in den Neubauten (Kapitel 4.2). Zur Gewichtung der Neubauf Flächen nach Technologien und Ersatzmaßnahmen werden sie entsprechend der hier ausgewählten Wärmeerzeugungsoptionen angepasst und normiert (siehe Anhang 11.3) Dementsprechend berücksichtigt dieser konservative Ansatz keine Übererfüllungen bzw. keine Doppelmaßnahmen wie z.B. eine Kombination von EE-Trägern oder EE-Trägern und Ersatzmaßnahmen. Die Abschätzungen für den Wohnungsneubau liegen daher eher am unteren Rand.

Die Flächen der in 2011 errichteten Neubauten gemäß Baufertigstellungsstatistik des statistischen Bundesamtes werden differenziert nach EFH, MFH und beheizte

Nichtwohngebäude eingelesen. Sie beziehen sich bei den Wohngebäuden auf Wohnflächen, bei den Nichtwohngebäuden auf beheizte Nutzflächen.

Zur Berechnung der vermiedenen Emissionen werden die in Kapitel 6 und Kapitel 7 (und Anhang) ausgewiesenen Energiebedarfe mit den hinterlegten Emissionsfaktoren (Quelle: Emissionsbilanz 2009, UBA 2009, Update 2012) multipliziert. Die Differenz der Emissionen von EE-Technologie / Ersatzmaßnahme und Referenztechnologie stellt die vermiedenen Emissionen dar. Eine Gewichtung der EE-Technologien und Ersatzmaßnahmen mit den ermittelten EE-Anteilen (Kapitel 4.2.3) führt zu den insgesamt vermiedenen Emissionen im Neubau.

Die Emissionsfaktoren umfassen die beiden Gruppen **klimaschädliche Treibhausgase** (Kohlendioxid, Methan und Lachgas) sowie **Luftschadstoffe** wie Schwefeldioxid, NO_x-Verbindungen, Staub und NMVOC (organische Verbindungen), die sich negativ auf Gesundheit, Material, Ernteerträge und Biodiversität auswirken können. **CO₂-Äquivalente** schließen Methan und Lachgas ein, **SO₂-Äquivalente** umfassen Substanzen mit versauernder Wirkung (SO₂, NO_x).

Die hier ausgewiesenen Wirkungen basieren auf den hier (Kapitel 5 und 6) modellierten Gebäudetypen und Wärmeerzeugungsoptionen und deren Energieverbrauch. Sie umfassen daher nicht alle in der Realität vorkommenden Wärmeerzeugungsoptionen. Nicht berücksichtigt ist z.B. feste und flüssige Biomasse basierend auf Fernwärme, Solarthermie im Nicht-Wohngebäudebereich etc. Diese Technologien spielen nach Anteilen gerechnet eine geringe Rolle im Neubau.

Darüber hinaus sind auch Übererfüllungen des EEWärmeG im Neubau sowie Kombinationen, die zu einer Übererfüllung führen können wie zum Beispiel eine Kombination von Pelletsheizung und hohe Dämmung, nicht erfasst. Aufgrund der dünnen Datenbasis über die Anzahl der bereits 2009 unter die Nutzungspflicht des EEWärmeG fallenden Gebäude und deren Erfüllungsoptionen (EE-Technologien, Ersatzmaßnahmen) kann an dieser Stelle nur eine erste Abschätzung der Umweltwirkungen erfolgen.

Eine belastbare Darstellung der Biogaswärmenutzung im Neubau ist – wie bei den o.g. Techniken - mit großen Unschärfen in der Datenqualität verknüpft. Eine sichere Differenzierung der Nutzung der Biogas-KWK-Abwärme nach Neubau und Bestandsgebäuden ist anhand der vorhandenen Studien und Statistiken aus wissenschaftlicher Sicht nicht möglich. Biogasanlagen bzw. die Nutzung von Biogas oder Biomethan in KWK-Anlagen tragen im Gebäudebestand sowie in industriellen und gewerblichen Anwendungen bereits erheblich zur Reduktion von Treibhausgasemissionen und der Substitution fossiler Energien bei. Im Neubaubereich ist die Biogasnutzung zur Nutzungspflichterfüllung nach dem EEWärmeG ökonomisch

bedingt nur von untergeordneter Bedeutung. Deshalb erfolgt keine separate Darstellung der Umweltwirkung von Biogas im Rahmen dieses Kapitels.

8.2.2 Ergebnisse

Ressourceneinsatz im Neubau

Der jährliche Endenergiebedarf für Raumwärme- und Warmwasserbereitstellung der im Jahr 2011 errichteten Wohngebäude beträgt knapp 1,4 TWh. Die Verteilung ist aus Abbildung 79 ersichtlich.

Dieser Endenergiebedarf verteilt sich auf die Energieträger Erdgas (56 %), Umweltwärme⁵⁹ (15 %), feste Biomasse (5 %) und Heizöl (12 %) sowie Strom für Wärmepumpen (6 %) und Solarthermie (4 %). Der jährliche Wärmebedarf für Heizung und Warmwasser der im Jahr 2011 errichteten Nichtwohngebäude wird auf rund 1,4 TWh geschätzt. In der Summe ergibt sich hieraus ein jährlicher Endenergiebedarf für Wärme- und Warmwasserbereitstellung der Neubauten aus dem Jahr 2011 von etwas weniger als 2,8 TWh. Davon werden knapp 0,7 TWh durch EE bereitgestellt und die restlichen 2,1 TWh durch fossile Energieträger gedeckt.

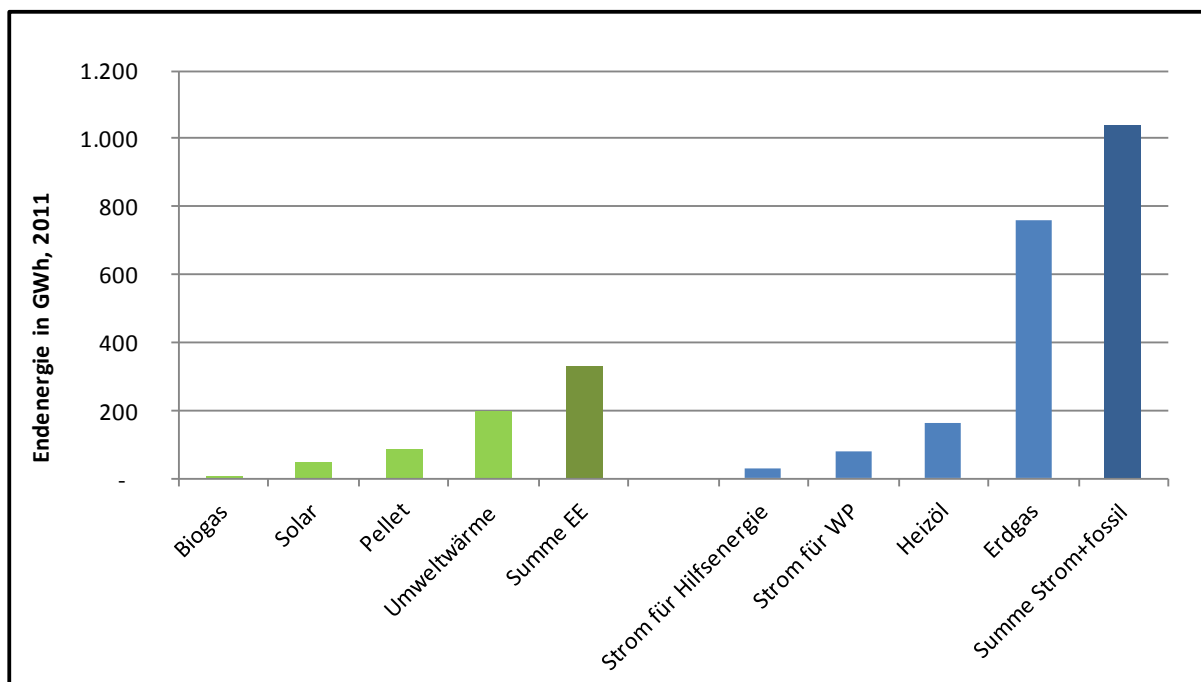


Abbildung 79: Jährlicher Endenergieeinsatz im Wohnungsneubau in GWh der in 2011 errichteten Neubauten p.a. (eigene Abschätzung basierend auf Endenergiebedarf und Technologieanteilen)

[eigene Darstellung]

⁵⁹ Hier: Nutzenergie aus Umweltwärme; Endenergie aus Strom für Wärmepumpe

Der Endenergiebedarf pro Quadratmeter Wohnfläche bei Wohngebäuden bzw. pro Quadratmeter beheizter Nutzfläche bei Nichtwohngebäuden ist im Anhang aufgeführt.

Einsparung an Energie und fossilen Ressourcen

Die durch den Einsatz EE im Neubau eingesparte Primärenergie ergibt sich aus der Differenz zwischen dem Primärenergiebedarf der jeweiligen Erfüllungsoption und der fossilen Referenzsysteme in allen EEWärmeG-verpflichteten Neubauten. Analog dazu ist die eingesparte Endenergie berechnet.

Abbildung 80 bildet die eingesparte Primärenergie sowie Abb. 84 die eingesparte Endenergie für die einzelnen Wärmeerzeugungsoptionen im Vergleich zu den fossilen Referenzsystemen ab. Bei der Ausweisung eingesparter Endenergie ist zu beachten, dass aufgrund der unterschiedlichen Gebäudedämmung der Endenergiebedarf einer EE-Wärmeerzeugungsoption gegenüber den fossilen Referenzsystemen deutlich höher sein kann. Dies trifft vor allem auf die Wärmeerzeugungsoption Pelletsheizung zu.

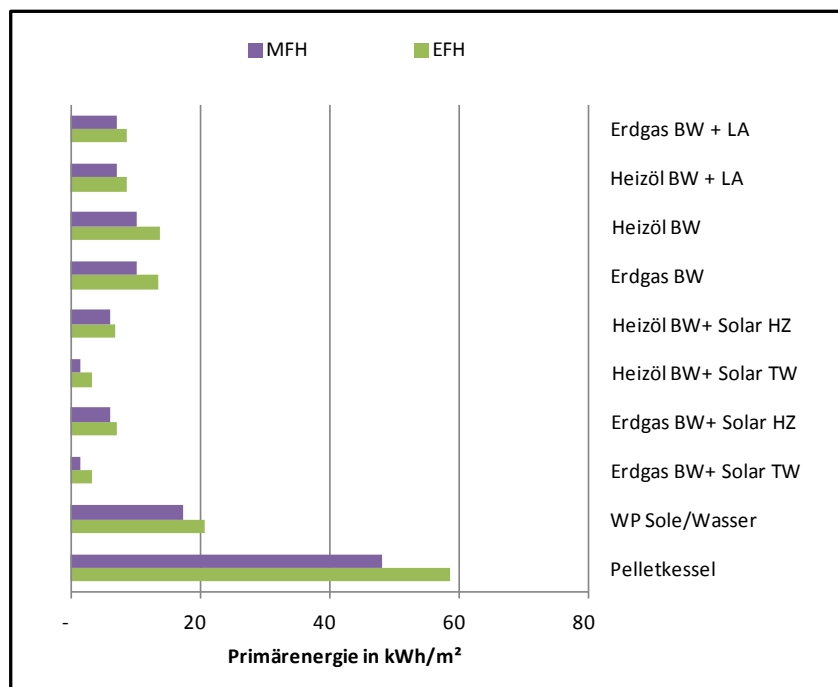


Abbildung 80: Eingesparte Primärenergie nach Wärmeerzeugungstechnologie pro Wohnfläche in Neubauten (bei Wohngebäuden (WG))

Anmerkung: (Erdgas-BW und Heizöl-BW stellen EnEV-Übererfüllungen (-15 %) dar); EFH: Einfamilienhaus; MFH: Mehrfamilienhaus.

[eigene Darstellung]

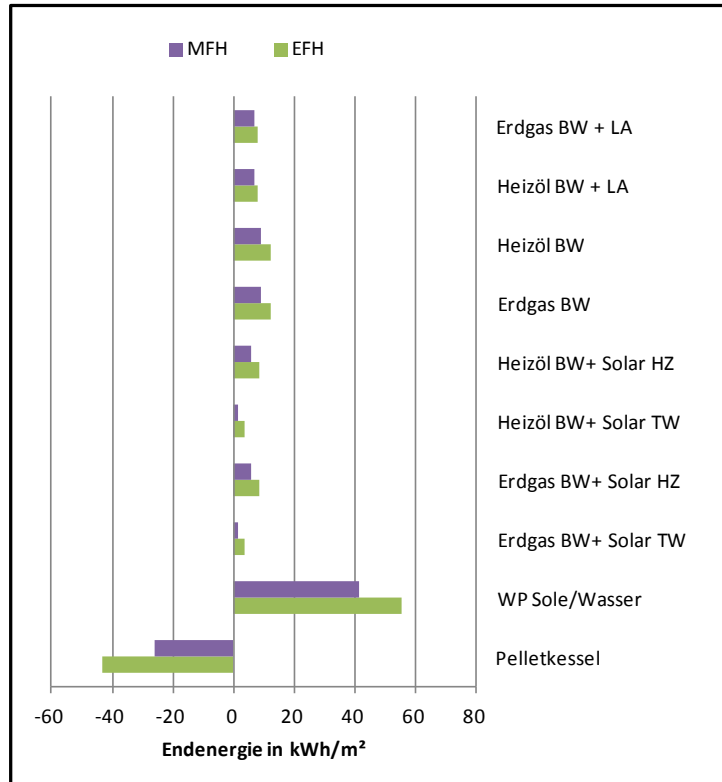


Abbildung 81: Eingesparte Endenergie nach Wärmeerzeugungstechnologie pro Wohnfläche bei neugebauten Wohngebäuden (WG)

Anmerkung: (Erdgas BW und Heizöl BW stellen EnEV-Übererfüllungen (-15%) dar); EFH: Einfamilienhaus; MFH: Mehrfamilienhaus

[eigene Darstellung]

Die durch den Einsatz von EE vermiedenen Brennstoffkosten seit 2009 belaufen sich im Jahr 2011 (ohne Kompensationsprinzip der EnEV) auf rund 57 Mio. €. Bei Einbeziehung des Kompensationsprinzip der EnEV betragen diese rund 32,5 Mio. €. (Abbildung 82). Der geringere Anstieg seit 2009, trotz der Verdreifachung der verpflichteten Gebäude (Neubauten 2009 - 2011), ist auf die niedrigeren realen Brennstoffpreise (insbesondere bei Erdgas) und den gleichzeitig konstanten Strompreisen (Wärmepumpen) zurückzuführen. Die spezifischen vermiedenen Brennstoffkosten (€/m²) nach Technologie und Jahr sind in Abbildung 84 dargestellt.

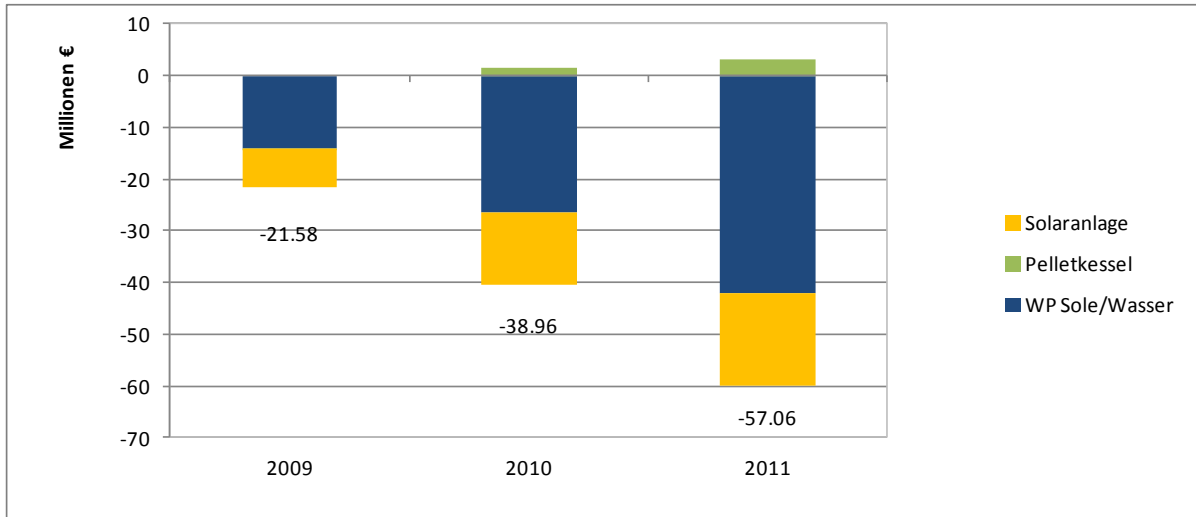


Abbildung 82: Vermiedene Brennstoffkosten nach Wärmeerzeugungstechnologie im Neubau unter Zugrundelegen gleicher Gebäudehüllenstandards (ohne Kompensation nach EnEV)

[eigene Darstellung]

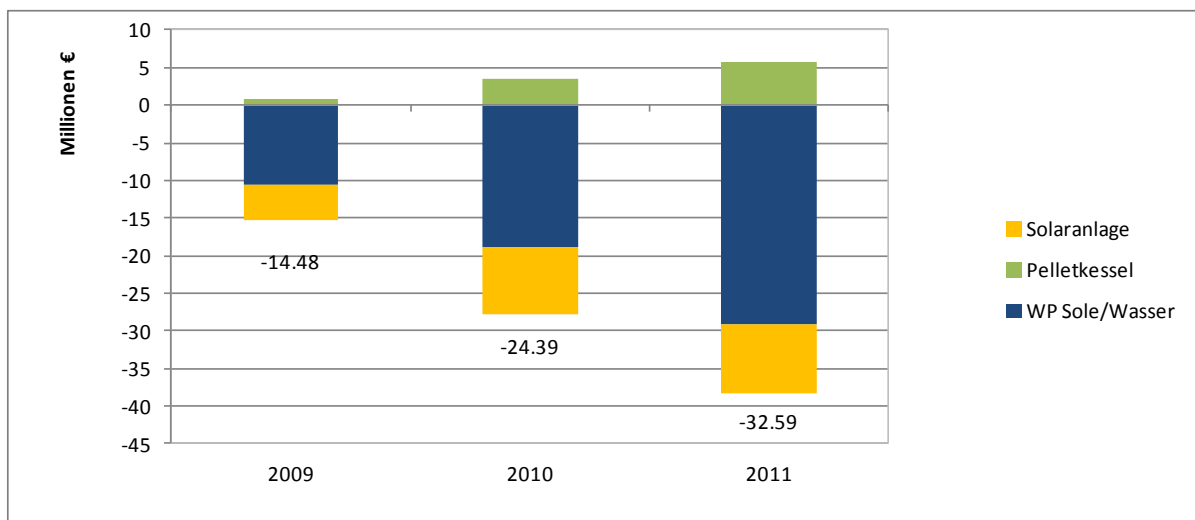


Abbildung 83: Vermiedene Brennstoffkosten nach Wärmeerzeugungstechnologie im Neubau unter Einbeziehung des Kompensationsprinzips der EnEV

[eigene Darstellung]

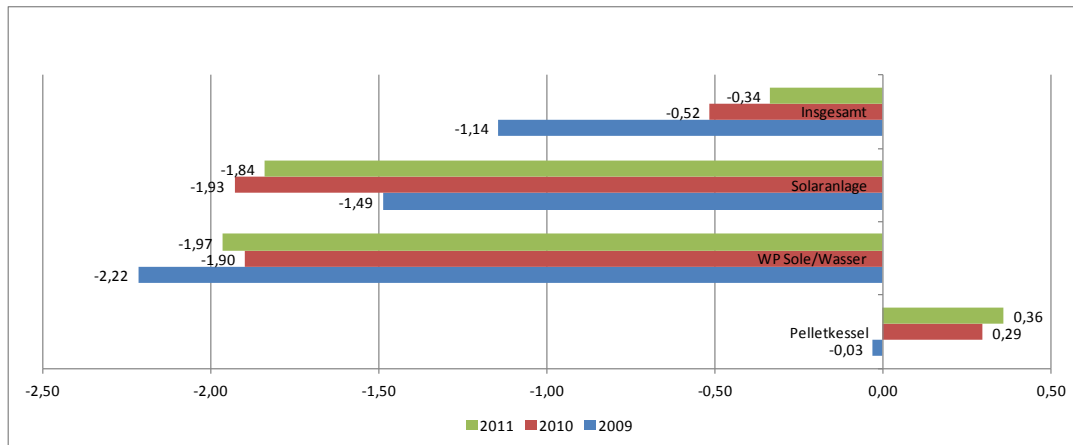


Abbildung 84: Vermiedene Brennstoffkosten (negative Werte) spezifisch pro Quadratmeter Nutzfläche ohne Einbeziehung des Kompensationsprinzips der EnEV exklusive Steuern
[eigene Darstellung]

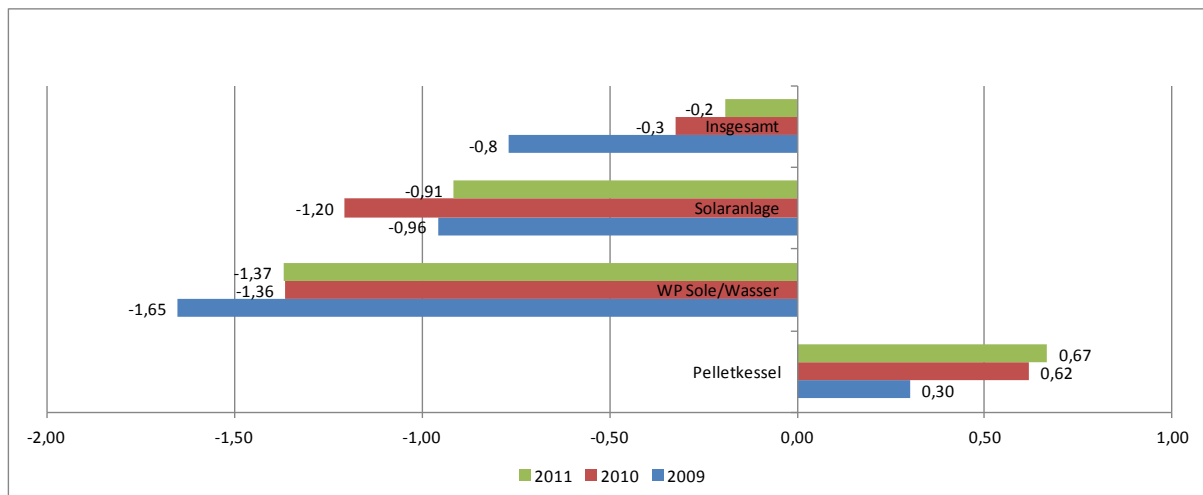


Abbildung 85: Vermiedene Brennstoffkosten (negative Werte) spezifisch pro Quadratmeter Nutzfläche unter Berücksichtigung des Kompensationsprinzips der EnEV exklusive Steuern
[eigene Darstellung]

In Abbildung 86 sind die Einsparungen fossiler Energieträger in Endenergie dargestellt. Hierbei wird ersichtlich, dass durch den vermehrten Einsatz von Strom durch Wärmepumpen und sonstiger Hilfsenergie der Stromverbrauch ansteigt – negative Einsparung –, während Erdgas und Heizöl eingespart wird. Des Weiteren spielen hierbei die Dämmstärken der Gebäude eine Rolle. Zu beachten ist auch die relative Unschärfe der Einsparung im Nicht-Wohngebäudebereich, da für die Berechnung der in Kapitel 6 dargestellten Wärmeerzeugungsoptionen und fossilen Referenzsysteme für Büro und Supermarkt repräsentativ für alle Nichtwohngebäude angesetzt werden.

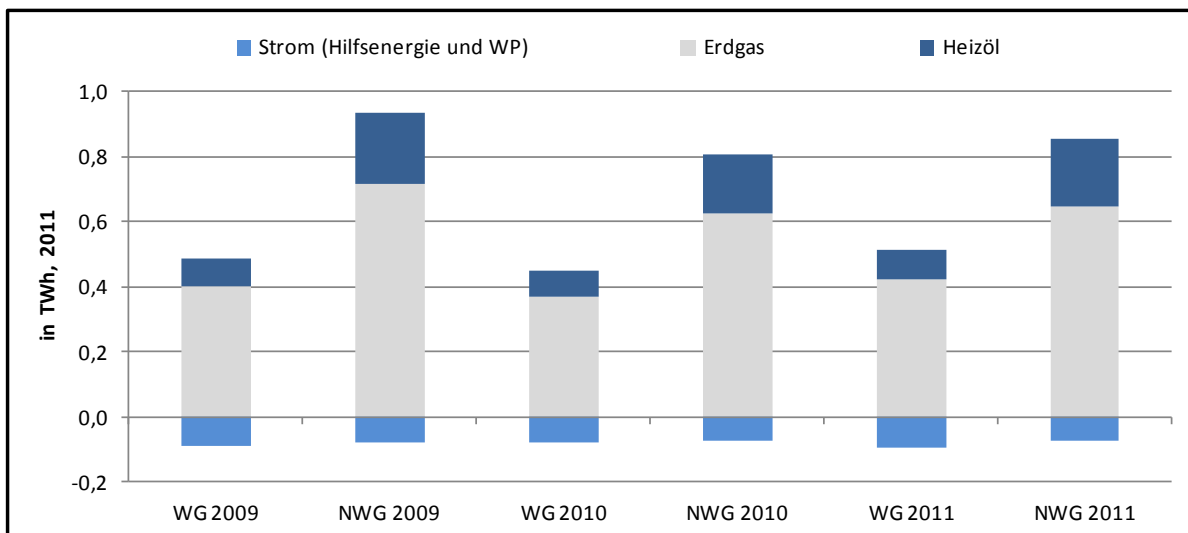


Abbildung 86: Jährlich eingesparter Verbrauch an Strom und fossilen Energieträgern (Endenergie) im Neubau 2011, 2010, 2009
[eigene Darstellung]

Werden im nächsten Schritt die eingesparten fossilen Ressourcen auf die Primärenergie bezogen, kann der Mehraufwand für Strom auf die fossilen Energieträger umgelegt werden. Abbildung 87 zeigt einen Mehreinsatz von Stein- und Braunkohle aufgrund des zusätzlichen Strombedarfs sowie eine Einsparung an Heizöl und Erdgas. Tabelle 28 weist diese Einsparung bzw. den Mehreinsatz in Liter (l) bzw. Volumen (Nm³) und SKE aus. Sie besagt z.B., dass im Wohnungsneubau des Jahres 2011 rund Mio. Liter Heizöl durch das EEWärmeG eingespart wurden. Insgesamt werden im Jahr 2011 durch die Neubauten seit 2009 rund 102 Mio l Heizöl, und 264 Mio Nm³ Erdgas eingespart.

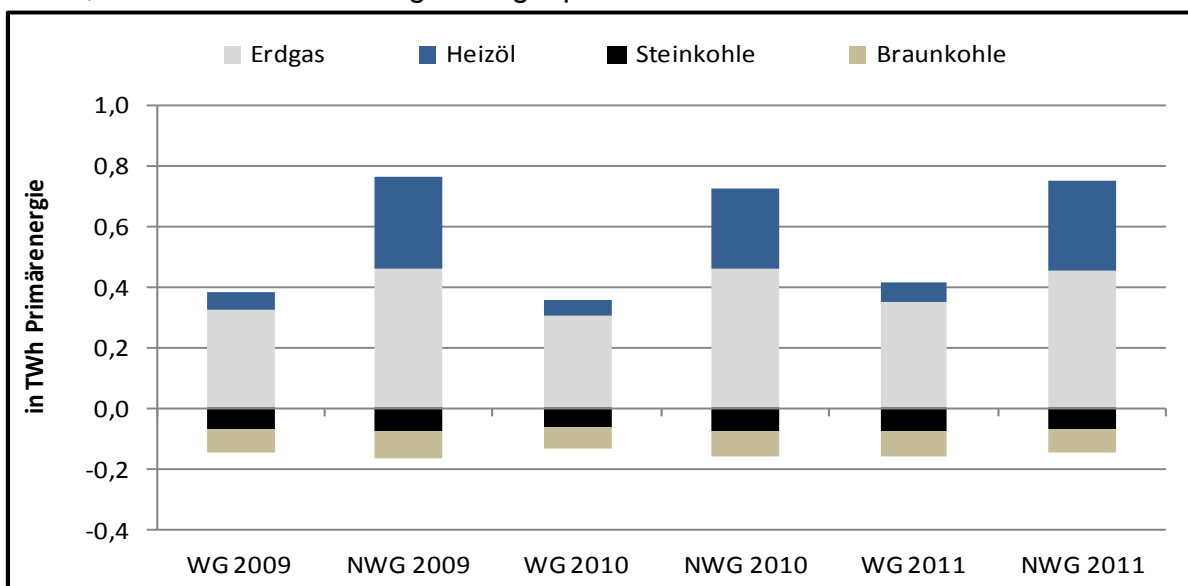


Abbildung 87: Jährlich eingesparte fossile Ressourcen (Primärenergieeinsatz) im Neubau 2011, 2010, 2009
[eigene Darstellung]

Tabelle 28: Eingesparte fossile Energieträger (Primärenergie) im Jahr 2011⁶⁰ durch Neubauten seit 2009 sowie jährliche Einsparungen durch Neubauten in 2011, 2010 bzw. in 2009

[eigene Darstellung]

in Millionen	Heizöl in l	Erdgas in m ³	Steinkohle in kg SKE	Braunkohle in MWh
<i>Jährliche Einsparung durch Neubau in 2009</i>				
WohnG. 2009	6	36	- 8	- 0,1
NichtWohnG. 2009	30	52	- 9	- 0,1
Summe Neubau 2009	36	88	- 17	- 0,2
<i>Jährliche Einsparung durch Neubau in 2010</i>				
WohnG. 2010	5	34	- 7	- 0,1
NichtWohnG. 2010	26	52	- 9	- 0,1
Summe Neubau 2010	31	86	- 16	- 0,2
<i>Jährliche Einsparung durch Neubau in 2011</i>				
WohnG. 2011	6	40	- 9	- 0,1
NichtWohnG. 2011	29	51	- 8	- 0,1
Summe Neubau 2011	35	90	- 17	- 0,2
<i>Gesamte Einsparung in 2011 durch Neubau seit 2009</i>				
WohnG.	18	110	- 25	- 0,2
NichtWohnG.	85	155	- 26	- 0,3
Summe Neubau seit 2009	102	265	- 51	- 0,5
<i>Gesamte Einsparung von 2009 bis 2011 durch Neubau (2009-2011)</i>				
WohnG.	35	217	- 49	- 0,5
NichtWohnG.	171	310	- 53	- 0,5
Summe Neubau 2009 - 2011	205	526	- 102	- 1,0

Vermiedene Emissionen

Abschließend werden die positiven Wirkungen des Ausbaus EE im Wärmebereich auf die Umwelt, d.h. der erzielte Nutzen des EEWärmeG, näher betrachtet. Hierzu wird abweichend zur bisherigen Methodik bei der Ermittlung der vermiedenen Emissionen ein Ansatz angelegt, anhand dessen speziell für den Neubau abgeschätzt werden kann, inwiefern sich durch das EEWärmeG die Umweltbelastungen vermindern (für detaillierte Darstellung der Methodik siehe Anhang 11.3).

Die gesamten Emissionen werden mengenmäßig durch das Treibhausgas CO₂ bestimmt. Daher sind in Abbildung 88 die vermiedenen Emissionen in CO₂-Äquivalenten (kg CO₂-Äquiv./m² WG) je Fläche und nach Gebäudetyp und Nutzungspflicht bzw. Ersatzmaßnahme dargestellt. Sie zeigen auf, in welchem Maße die Technologien oder Ersatzmaßnahmen im Neubau Umweltbelastungen vermeiden. Hierbei ist zu beachten, dass die Einsparungen immer im Vergleich zum Referenzsystem ausgewiesen werden. So steht etwa den Emissionen bei der Option Heizöl-Brennwertkessel mit Solarthermie das Referenzsystem Heizöl-Brennwertkessel gegenüber, das besonders hohe Emissionen aufweist. Daraus resultiert, dass die Option Heizöl mit Solathermie relativ hohe Emissionsminderungen hat. Insgesamt wird deutlich, dass in großen Gebäuden mit höherem spezifischen

⁶⁰ Hilfsenergie berücksichtigt

Verbrauch (z.B. Büro, Mehrfamilienhaus) die höchsten Einsparungen je Wohnfläche (WG) bzw. Nutzfläche (NWG) erzielt werden.

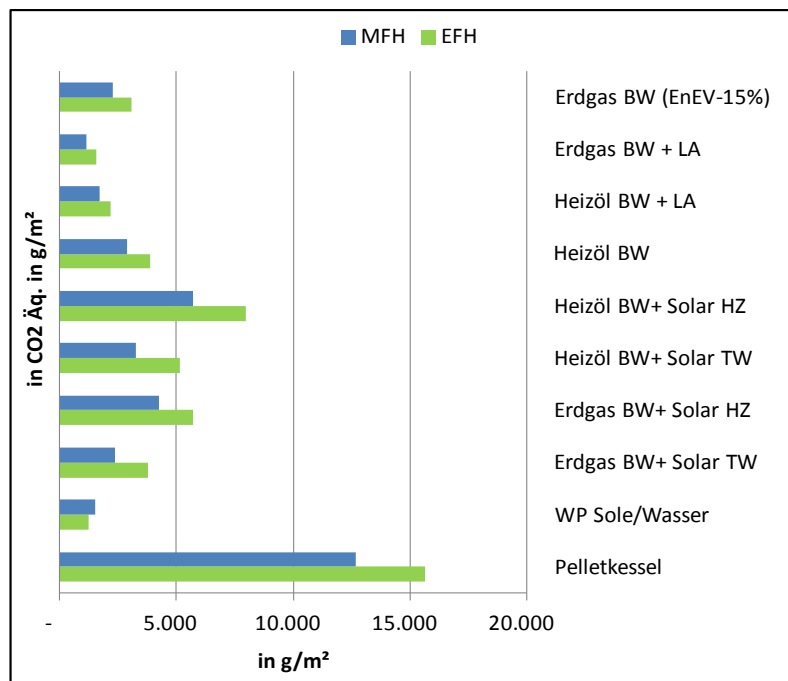


Abbildung 88: Vermiedene Emissionen in kg CO₂-Äquivalenten je m² nach Gebäudetyp und Technologie, bezogen auf die Wohnfläche (WG) im Neubau, gegenüber einem rein fossile beheizten Neubau.

[eigene Darstellung]

Im nächsten Schritt werden die jährlich vermiedenen **Treibhausgas-Emissionen** berechnet. Die Gewichtung der flächenspezifischen vermiedenen Emissionen mit Technologieanteilen und die Multiplikation mit den ausgewiesenen Neubauf Flächen (Wohn- bzw. beheizte Nutzfläche) des gesamten Neubaus 2011 führt zu jährlich vermiedenen CO₂-Äquivalenten in Höhe von rund 217.000 t. Insgesamt werden im Jahr 2011 somit durch den Neubau seit 2009 Emissionen von rund 646.000 t CO₂-Äquivalenten vermieden. Der Einsatz erneuerbarer Energien trägt dazu mit rund 38% bei (siehe Abbildung 89).

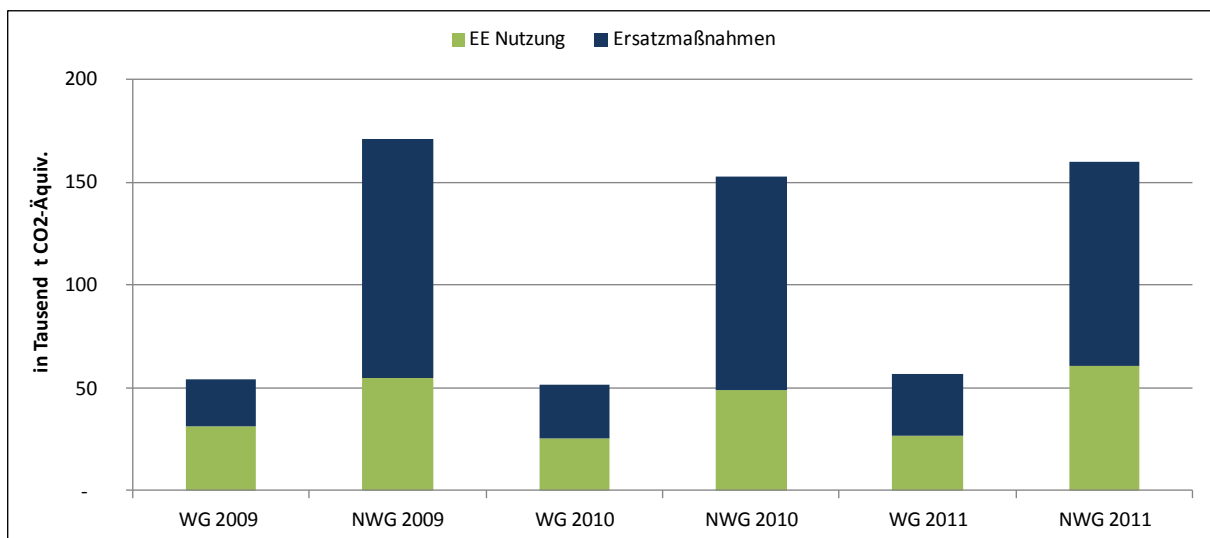


Abbildung 89: Jährliche vermiedene Treibhausgase (in t CO₂-Äquivalenten) im Neubau 2009, 2010, 2011
[eigene Darstellung]

Tabelle 29: Vermiedene Treibhausgase (in t CO₂-Äquivalenten) im Jahr 2011 durch den Neubau seit 2009 sowie jährlich vermiedene Emissionen durch den Neubau in 2009, 2010 und 2011
[eigene Darstellung]

Vermiedene CO ₂ Äquiv. Emissionen in Tausend t			
	EE Nutzung	Ersatzmaßnahmen	Summe
jährliche vermiedene Emissionen Neubau 2009			
WohnG 2009	31	23	54
NichtWohnG 2009	54	116	171
Summe Neubau 2009	85	139	225
jährliche vermiedene Emissionen Neubau 2010			
WohnG 2010	25	26	52
NichtWohnG 2010	49	104	153
Summe Neubau 2010	74	130	204
jährliche vermiedene Emissionen Neubau 2011			
WohnG 2011	27	29	56
NichtWohnG 2011	61	99	160
Summe Neubau 2011	88	129	217
insgesamt vermiedene Emissionen in 2011 durch Neubau seit 2009			
WohnG Neubau 2009 bis 2011	83	79	162
NichtWohnG. Neubau 2009 bis 2011	164	319	484
Summe Neubau 2009 bis 2011	247	398	646
insgesamt vermiedene Emissionen seit 2009 durch Neubau seit 2009			
WohnG Neubau 2009 bis 2011	135	135	270
NichtWohnG. Neubau 2009 bis 2011	274	523	796
Summe Neubau 2009 bis 2011	492	808	1.300

Die Emissionen der **Luftschadstoffe** (LSS) sind im Vergleich zu den Treibhausgasen eher von geringerer Bedeutung. Sie zeigen auf, in welchem Ausmaß durch die Vorgaben des EEWärmeG jährlich die Emission von Luftschadstoffen im Neubau

2011, 2010 bzw. 2009 vermieden werden. Abbildung 90 zeigt die jährlichen vermiedenen oder zusätzlichen Emissionen an SO₂-Äquivalenten des Neubaus in 2009, 2010 bzw. 2011, differenziert nach Wohngebäude (WG) und Nicht-Wohngebäude (NWG). Der Einsatz EE führt zu einer Erhöhung der Emissionen während die Ersatzmaßnahmen eine Verminderung bewirken. So werden durch den Neubau 2011 insgesamt 31 t SO₂-Äquivalente ausgestoßen (EE: rund 116 t SO₂-Äquiv., Ersatzmaßnahmen: - 85 t SO₂-Äquiv.). Netto ergibt sich in 2011 somit durch den Neubau seit 2009 eine jährliche Mehrbelastung von insgesamt über 68 t SO₂-Äquivalenten. Der Beitrag der Nichtwohngebäude ist mit Blick auf die erfolgten Emissionen gering, dürfte jedoch aufgrund der Beschränkung auf zwei Gebäudetypen (Büro und Supermarkt) eher unscharf abgebildet sein. Die Emissionen von Staub steigen durch die EE-Nutzungspflicht im Neubau 2011 an (39 t Staub p.a.), während sie durch die Ersatzmaßnahmen im Neubau 2011 um rund 4 t Staub p.a. zurückgehen.

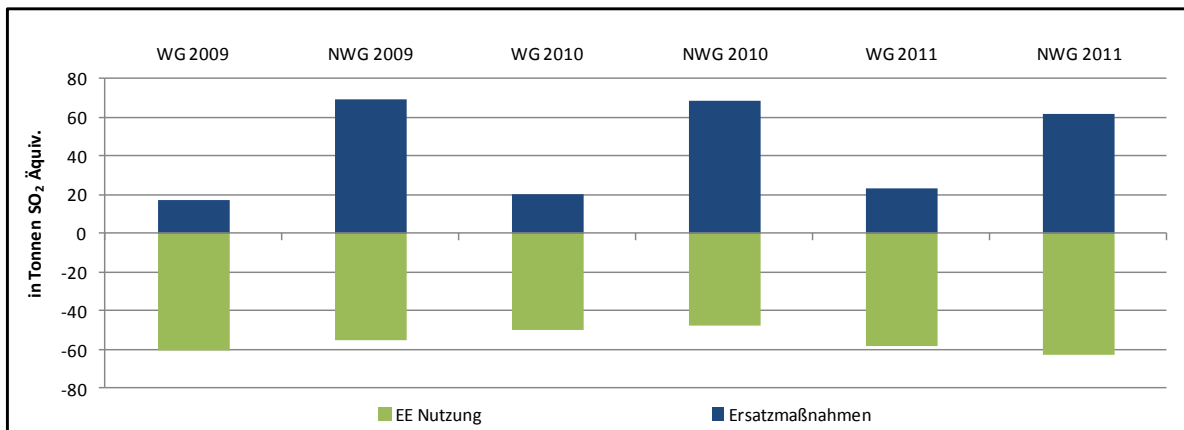


Abbildung 90: Jährliche vermiedene Luftschadstoffe (in t SO₂-Äquivalenten), Neubau 2011

[eigene Darstellung]

Insgesamt ist festzuhalten, dass sich die Wirkungen des EEWärmeG hinsichtlich vermiedener Emissionen und Umweltschäden im Vergleich zu den vermiedenen Umweltschäden durch den Einsatz von EE im gesamten Wärmebereich eher bescheiden ausnimmt. Allerdings umfassen die Wirkungen des EEWärmeG nur die Jahre 2009 bis 2011 während die vermiedenen Emissionen der gesamten EE-Wärmeerzeugung alle EE-Wärmeerzeugungsanlagen umfassen, die in einem größere Zeitraum zugebaut worden sind – unabhängig ihrer Nutzungsdauer. Aufgrund der starken Nutzung von Ersatzmaßnahmen übersteigt der Effekt der Ersatzmaßnahmen die Wirkung des EE-Einsatzes im Neubau insgesamt. Des Weiteren bestimmt der Nicht-Wohnungsneubau die Umweltwirkungen, wobei dessen Beitrag zur Emissionsminderung aufgrund der unzureichenden Datenlage mit Vorbehalt zu sehen ist und eher überschätzt sein dürfte. Dagegen ist der Beitrag der Wohnungsneubauten eher konservativ gerechnet und daher als untere Grenze zu

sehen. Zur Erzielung größerer Umwelteffekte wäre es geboten, das EEWärmeG über den Neubau hinaus anzuwenden und auch Ersatzmaßnahmen mit entsprechender Umweltwirkung zu unterstützen.

8.3 Bedeutung des EEWärmeG im Hinblick auf die gesamtwirtschaftlichen Effekte der Bereitstellung von Wärme aus Erneuerbaren Energien

Aufgrund der kritischen Diskussion zu den Kosten- und Nutzenwirkungen des Ausbaus Erneuerbarer Energien auf gesamtwirtschaftlicher Ebene bestehen Bestrebungen, die Kosten und Nutzen des EE-Ausbaus systematisch und umfassend darzustellen. Insbesondere die mit dem EE-Ausbau verbundenen Mehrkosten im Vergleich zu fossilen Energien auf das Technologiesystem sind auszuweisen. Die so genannten Differenzkosten basieren auf einer systemanalytischen Betrachtungsweise, die die Wärmegestehungskosten für erneuerbare und andere Energieträger basierend auf den Gestehungskosten vergleicht. Die Differenzkosten werden hier nachfolgend für die Bereitstellung von Wärme aus EE dargestellt. Hierbei werden die Differenzkosten des gesamten EE-Ausbaus im Wärmebereich abgebildet, wobei Referenz-technologien und Referenzgebäuden basierend auf Gebäudetypen des Neubaus und Bestands für die Berechnung festgelegt sind.

Sie berechnen sich jeweils aus den annuitätischen Investitions- und Betriebskosten, unabhängig davon, ob die Investitionen in erneuerbare Wärmeanlagen aufgrund gesetzlicher Vorgaben oder freiwillig erfolgten. Auch möglicherweise gewährte Fördermittel oder die auf fossile Brennstoffe erhobenen Energiesteuern bleiben bei dieser Betrachtung unberücksichtigt.

Die Differenzkosten der gesamten EE-Nutzung im Wärmebereich (einschließlich MAP-Anlagen) betragen demnach 2010 rund 1,8 Mrd. € und 2011 rund 1,2 Mrd. € (2009: 1,5 Mrd. €)⁶¹.

⁶¹ Diese Werte liegen unter den Angaben der für das BMU erarbeiteten Leitstudie 2010 (Nitsch et al. 2011), die für erneuerbare Wärmebereitstellung im Jahr 2010 Differenzkosten in Höhe von 2,7 Mrd. € ausweist. Grund hierfür sind unterschiedliche Annahmen zu den spezifischen Kosten der eingesetzten Technologien sowie hinsichtlich der Berücksichtigung von Biomasse-Einzelraumfeuerungen.

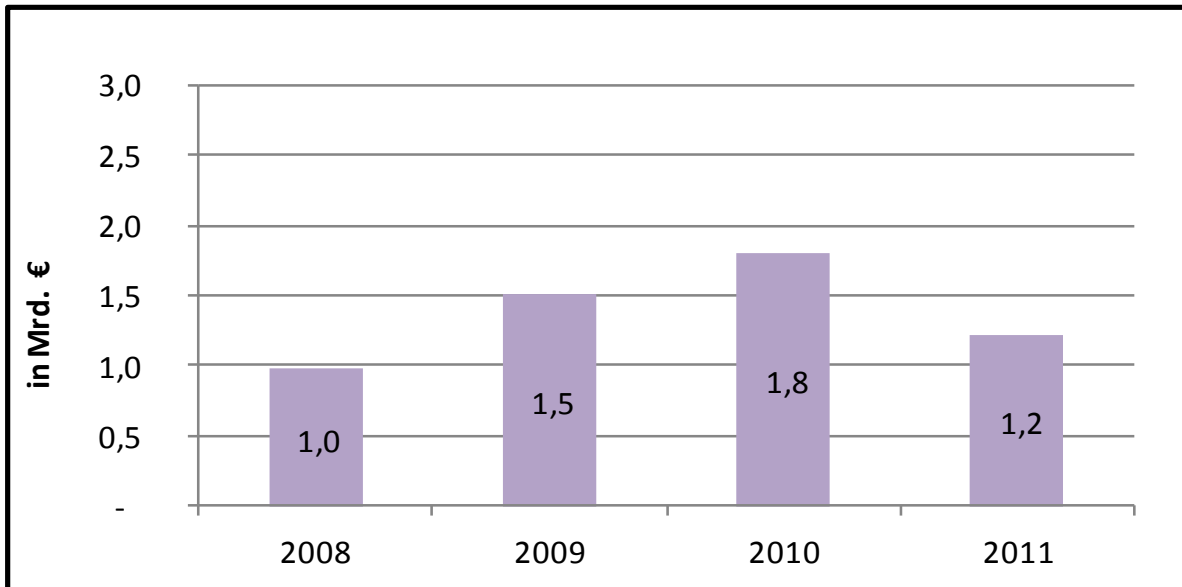


Abbildung 91: Differenzkosten im Wärmebereich
[eigene Berechnung Fh-ISI; zu Preisen von 2005⁶²]

Diesen systemanalytischen Differenzkosten stehen die gesamtwirtschaftlichen vermiedenen Umweltschäden als die bedeutendste Nutzenkategorie des Ausbaus Erneuerbarer Energien gegenüber. Zur Berechnung der durch den Einsatz Erneuerbarer Energien vermiedenen gesamtwirtschaftlichen Umweltbelastungen bzw. -schäden im Wärmebereich wird auf die in der Emissionsbilanz des UBA (2009) zusammengestellten Emissions- und Substitutionsfaktoren zurückgegriffen.

Die vermiedenen Emissionen im Wärmebereich belaufen sich auf rund 37 Mio.t CO₂-Äquiv. (2011). Diese Nutzenwirkung basiert überwiegend auf vermiedenen Emissionen des Treibhausgases CO₂, während die Vermeidung von Methan einen marginalen Beitrag liefert und Emissionen aus Lachgas durch den Einsatz EE in (derzeit) vernachlässigbarem Umfang ansteigen. Die Luftschadstoffe machen sich quantitativ ebenfalls nur geringfügig bemerkbar, werden aber durch den EE-Einsatz tendenziell vermehrt emittiert.

⁶² Im Monitoringbericht zu den Kosten- und Nutzenwirkungen des Ausbaus Erneuerbarer Energien wurden die Differenzkosten zu jeweiligen Preisen angegeben (ISI et al. 2012)

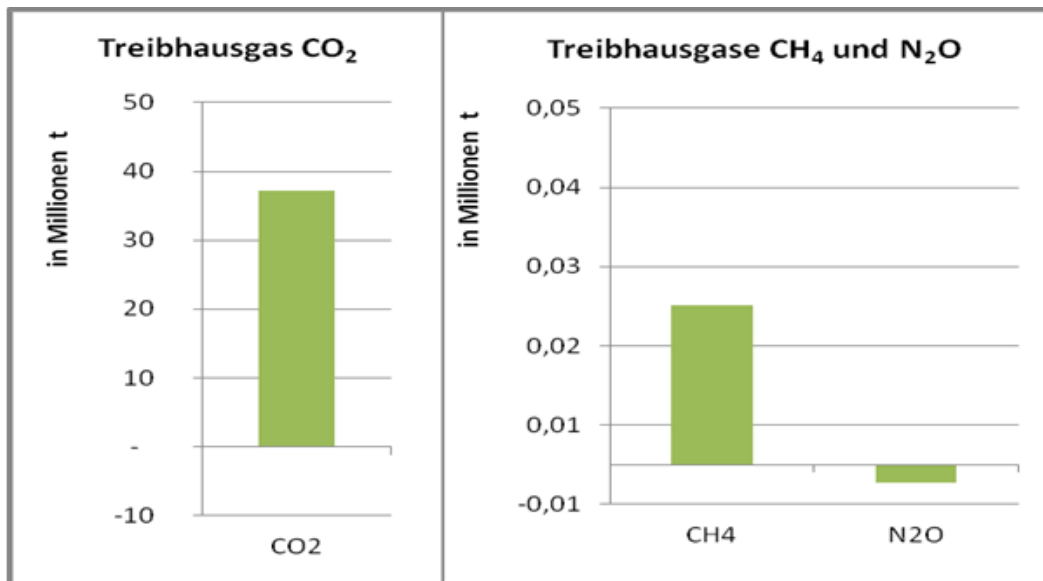


Abbildung 92: Vermiedene Umweltschäden durch verminderte Emission von Treibhausgasen, 2011

[Berechnungen des Fh-ISI; Daten aus UBA 2009, BMU 2010]

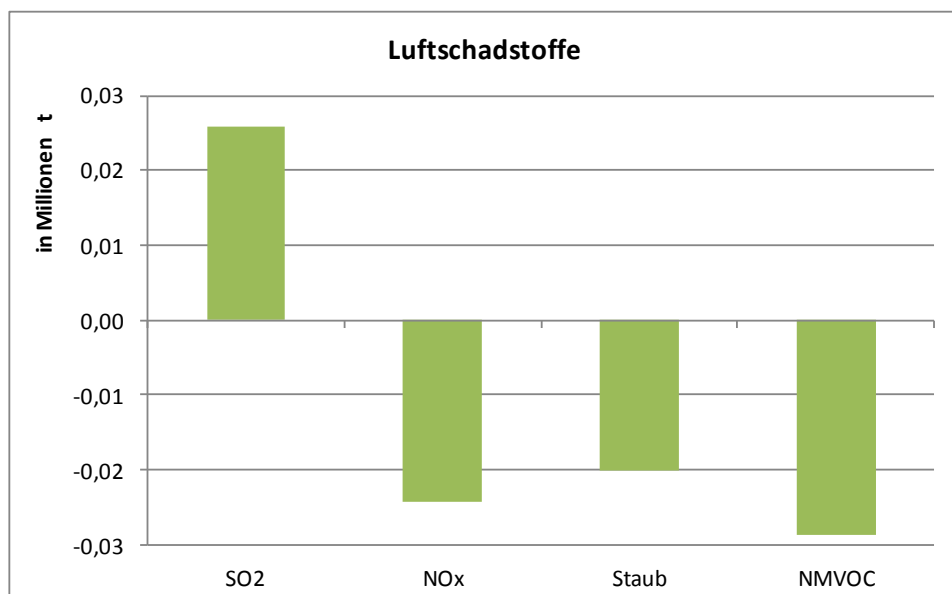


Abbildung 93: Vermiedene Umweltschäden durch verminderte Emission von Luftschadstoffen, 2011

[Berechnungen des Fh-ISI; Daten aus UBA 2009, BMU 2010]

Zweifelsohne stellen die Differenzkosten nicht die einzigen Kostenwirkungen sowie die vermiedenen Umweltschäden nicht die einzige Nutzenwirkung der EE-Wärmeerzeugung dar, doch sind sie bisher die bedeutendsten – auch monetär erfassten - Wirkungen.

Die Höhe der gesamtwirtschaftlichen Differenzkosten und vermiedenen Umweltschäden weist auf eine hohe Bedeutung der EE im Wärmebereich hin. Gegenwärtig

nehmen die EE „nur“ einen recht geringen Anteil von rd. 10 % (2011) an der gesamten Wärmebereitstellung ein. Ein verstärkter Ausbau der EE-Wärme würde daher immense Kosten- und Nutzenwirkungen aufweisen. Auf gesamtwirtschaftlicher Ebene übersteigt die Nutzenwirkung die bisherigen Differenzkosten, während dies bei der differenzierten Betrachtung im Neubau nicht unbedingt gegeben ist. Die Zahlen belegen, dass im Wärmebereich ein deutlich größeres Emissionsminderungspotenzial im Bestand liegt. Zudem sind Emissionsminderungsmaßnahmen durch den EE-Einsatz oder durch Ersatzmaßnahmen in Bestandsgebäuden mit hohen spezifischen Verbräuchen deutlich kosteneffizienter.

Insgesamt gesehen ist der Beitrag des EEWärmeG aufgrund der Beschränkung auf den Neubau, gemessen an den gesamtwirtschaftlichen Wirkungen der gesamten EE-Wärmeerzeugung, gering.

9. Dokumentation und Begutachtung des Vollzugs des Gesetzes

9.1 Anforderungen des EEWärmeG an den Gesetzesvollzug

Die Bestimmungen des EEWärmeG gehen davon aus, dass der Vollzug des Gesetzes entsprechend den Regelungen des Grundgesetzes eine eigene Angelegenheit der Länder ist (Art. 83 GG). Demnach fällt ihnen grundsätzlich auch die Aufgabe zu, das Verwaltungsverfahren im Einzelnen selbst zu regeln (Art. 84 Abs. 1 Satz 1 GG).

Das EEWärmeG enthält jedoch seinerseits einzelne Bestimmungen zum Verwaltungsverfahren, nämlich zur Nachweiserbringung (§ 10 EEWärmeG), zur Stichprobenkontrolle (§ 11 EEWärmeG) und über Ausnahmeentscheidungen (§ 9 EEWärmeG). Der Bund macht hier von der ihm durch Art. 84 GG eingeräumten Möglichkeit Gebrauch, selbst Regelungen zum Verwaltungsverfahren zu treffen. Die Vorschrift sieht für derartige Fälle allerdings vor, dass die Länder „davon abweichende Regelungen treffen“ dürfen (Art. 84 Abs. 1 Satz 2 GG).

Abweichende Verfahrensregelungen der Länder bedürfen nach der Lehre vom „Actus Contrarius“ ihrerseits einer gesetzlichen Grundlage. Sie sind also nur zulässig, soweit dies in einem Landesgesetz vorgesehen ist (und nicht lediglich in einer Rechtsverordnung oder gar nur einer internen Verwaltungsvorschrift).

Von einer abweichenden Regelung kann ohne weiteres ausgegangen werden, wenn ein Bundesland das im Bundesgesetz Vorgesehene inhaltlich anders regelt. Bloße Ergänzungen, mit denen lediglich Aspekte des Verwaltungsverfahrens geregelt werden, die von den bundesgesetzlichen Bestimmungen offen gelassen werden (z.B. die konkrete Festlegung von Zuständigkeiten), stellen demgegenüber keine Abweichungen im Sinne von Art. 84 Abs. 1 Satz 2 GG dar. Nicht eindeutig ist, ob auch dann eine Abweichung vorliegt, wenn ein Bundesland eine eigenständige Regelung erlässt, die sich inhaltlich mit dem Bundesrecht deckt.

Darüber, wie weit eine Abweichung reichen darf, liegt noch keine Rechtsprechung des Bundesverfassungsgerichts vor. Weil (bzw. soweit) es den Ländern lediglich gestattet ist, *verfahrensbezogene* Regelungen aufzustellen, dürfte ihre Abweichungskompetenz dort enden, wo in die materiellrechtlichen Wirkungen des Bundesrechts eingegriffen wird. Eine besondere Frage ist insofern, was für Abweichungen von bundesrechtlichen Verfahrensvorschriften gilt, die nicht ausschließlich verfahrensrechtlichen Charakters sind, sondern zugleich auch einen

materiellrechtlichen Regelungsgehalt haben – was z.B. angenommen werden kann, wenn eine Rechtsvorschrift des Bundes nicht nur regelt, *wie* eine Behörde zu verfahren hat, sondern auch, *ob* sie überhaupt tätig wird. Dann spricht sie nämlich eine an die Behörde gerichtete Verpflichtung aus, tätig zu werden. Es fragt sich, ob die Abweichungskompetenz der Länder hier so weit geht, auch den Verzicht auf die an sich vorgesehene Verwaltungstätigkeit vorsehen zu können.

9.1.1 Nachweiserbringung

Die Anforderungen an die Nachweisführung regelt § 10 EEWärmeG in Verbindung mit der Anlage des Gesetzes. § 10 EEWärmeG unterscheidet vom Ansatz her zwischen der Nachweisführung in drei unterschiedlichen Arten von Fällen:

Im Hinblick auf die in der Anlage zum Gesetz festgelegten qualitativen (insb. technischen) Mindestanforderungen sehen die betreffenden Bestimmungen meist einen Nachweis durch Bescheinigung eines „Sachkundigen“ vor (vgl. im Einzelnen § 10 Abs. 1 Nr. 2 i.V.m. Abs. 3 und den einzelnen Vorschriften der Anlage zum Gesetz). Abweichend hiervon wird für den Einsatz von Solarenergie der „Solar Keymark“ für ausreichend erklärt, beim Bezug von Wärme aus Wärme- oder Kältenetzen wird die Bescheinigung des Wärme- bzw. Kältenetzbetreibers verlangt, und hinsichtlich der Ersatzmaßnahme verbesserter Wärmedämmung reicht der Nachweis durch den Energieausweis aus. Gegenüber der zuständigen Behörde müssen die Nachweise nach Maßgabe von § 10 Abs. 3 EEWärmeG spätestens drei Monate nach Inbetriebnahme und danach auf Verlangen vorgelegt, außerdem fünf Jahre lang aufbewahrt werden.

Sofern die Einhaltung der gesetzlichen Verpflichtung einen regelmäßigen Bezug von erneuerbaren Brennstoffen voraussetzt, ist im Hinblick auf die Einhaltung des jeweils geforderten Mindestanteils deren fortlaufender Bezug sowie die Einhaltung der Nachhaltigkeitsanforderungen nachzuweisen (vgl. § 10 Abs. 1 Nr. 1 i.V.m. Abs. 2 EEWärmeG). Praktisch betrifft das nur die Nutzung von gasförmiger, flüssiger oder fester Biomasse. Hierzu sieht § 10 Abs. 2 des Gesetzes ein differenziertes System vor, nach dem die Verantwortlichen bestimmte Dokumente jeweils für bestimmte Zeiträume aufbewahren und der zuständigen Behörde vorlegen müssen oder auf Verlangen vorzulegen haben.

Gemäß § 10 Abs. 1 Nr. 3 i.V.m. Abs. 4 EEWärmeG ist das Vorliegen der Voraussetzungen einer Ausnahme nach § 9 Abs. 1 Nr. 1 der zuständigen Behörde innerhalb von drei Monaten anzuzeigen.

9.1.2 Stichprobenkontrolle

§ 11 Abs. 1 EEWärmeG sieht vor, dass die zuständigen Behörden die Pflichterfüllung stichprobenweise kontrollieren. Konkret heißt es:

„Die zuständigen Behörden müssen zumindest durch geeignete Stichprobenverfahren die Erfüllung der Pflicht nach § 3 Abs. 1 und die Richtigkeit der Nachweise nach § 10 kontrollieren.“

9.1.3 Ausnahmen

Die Vorschrift des § 9 Abs. 1 EEWärmeG unterscheidet zwischen zwei verschiedenen Ausnahmen. Zum einen ist in § 9 Abs. 1 Nr. 1 des Gesetzes vorgesehen, dass die Pflicht aus § 3 Abs. 1 EEWärmeG von Gesetzes wegen entfällt, wenn ihre Erfüllung und die Durchführung von Ersatzmaßnahmen anderen öffentlich-rechtlichen Vorschriften widersprechen oder im Einzelfall technisch unmöglich sind. Zum anderen verpflichtet § 9 Abs. 1 Nr. 2 in Verbindung mit Satz 2 der Vorschrift die zuständigen Behörden zur Erteilung einer Befreiung in Fällen einer „unbilligen Härte“. Einen behördlichen Vollzug erfordert demnach nur die zweite Bestimmung. Konkret heißt es:

„(1) Die Pflicht nach § 3 Abs. 1 entfällt, wenn

1. ihre Erfüllung und die Durchführung von Ersatzmaßnahmen nach § 7 anderen öffentlich-rechtlichen Pflichten widersprechen oder im Einzelfall technisch unmöglich sind

oder

2. die zuständige Behörde den Verpflichteten auf Antrag von ihr befreit. Von der Pflicht nach § 3 Abs. 1 ist zu befreien, soweit ihre Erfüllung und die Durchführung von Ersatzmaßnahmen nach § 7 im Einzelfall wegen besonderer Umstände durch einen unangemessenen Aufwand oder in sonstiger Weise zu einer unbilligen Härte führen.“

9.2 Bisherige Erfahrungen mit dem Vollzug

9.2.1 Empirische Erfahrungen (Stand der Bearbeitung: September 2012)

Empirische Erfahrungen über den Vollzug liegen auch dreieinhalb Jahre nach Inkrafttreten des Gesetzes kaum vor. Dies liegt vor allem daran, dass in der Mehrzahl der Bundesländer der Vollzug rechtlich noch nicht abschließend geregelt und damit oft sogar die Zuständigkeit auf Behördenebene noch nicht endgültig geklärt ist. Nach den von den Auftragnehmern durchgeführten Recherchen haben die zuständigen Fachministerien in den meisten Bundesländern bislang keine Kenntnis darüber, in welchem Umfang beispielsweise Nachweise auf Ebene der Behörden – in der Regel dürfte es sich dabei um die unteren Bauaufsichtsbehörden handeln, die im Rahmen von Neubauvorhaben z.B. über die Baugenehmigungs- oder Bauanzeigeverfahren in das Bauverfahren eingebunden sind – eingehen bzw. dort geprüft werden.

Auch die Anfragen beispielsweise seitens Bauherren, Architekten und Bauunternehmen halten sich in den meisten Bundesländern mengenmäßig in Grenzen. Die wenigen bisher aufgelaufenen Fragen betreffen v. a. Auslegungsfragen z. B. danach, ob und in welchem Umfang An- oder Umbauten der Nutzungspflicht unterliegen. Keinem der befragten Länderministerien waren offenkundige Verstöße gegen die Nutzungspflicht bekannt.

In einigen Bundesländern gingen den zuständigen Länderministerien einige Anträge auf Ausnahmegenehmigungen ein. Aufgrund der zahlreichen Erfüllungsalternativen des EEWärmeG wurden diese in den meisten Fällen abgelehnt.

Etwaige Probleme, die in der Praxis beim Nachweis der Erfüllung der gesetzlichen Pflichten auftreten könnten, konnten bisher aufgrund der dünnen Datenlage so gut wie nicht analysiert werden. Hier dürften erst einige Monate nach Erlass der entsprechenden rechtlichen Durchführungsnormen auf der Ebene der Bundesländer auswertbare Erfahrungen vorliegen.

Im Rahmen des „Europarechtsanpassungsgesetz Erneuerbare Energien“ wurde auch das EEWärmeG geändert. Dabei wurde mit §18a eine Berichtspflicht der Länder aufgenommen. Die Länder sind verpflichtet, erstmals zum 30. Juni 2011, dann spätestens alle 2 Jahre u.a. über den Vollzug des Gesetzes auf Landesebene zu berichten. Hierzu legte das BMU im März 2011 ein Berichtsmuster vor. Hinsichtlich des Vollzugs sollen die Länderberichte folgende Punkte abdecken:

- wie die Zuständigkeit der Behörden im Sinne des § 12 EEWärmeG geregelt ist,
- wie der Vollzug organisiert ist, insbesondere wie die Durchführung geeigneter Stichprobenverfahren nach § 11 Absatz 1 EEWärmeG sichergestellt ist,
- ob und wie der Vollzug an vorhandene Vollzugsregelungen anknüpft und
- welche weiteren oder abweichenden Vollzugsregelungen bestehen.

Bis Ende Dezember 2012 haben jedoch erst zwölf Bundesländer (Baden-Württemberg, Bayern, Berlin, Bremen, Hamburg, Hessen, Niedersachsen, Rheinland-Pfalz, Saarland, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen) die entsprechenden Berichte eingereicht. Die Berichte werden durch das BMU unter <http://www.erneuerbare-energien.de/die-themen/gesetz-verordnungen/waermegesetz-eewaermeg/laender/> veröffentlicht.

9.3 Auswertung des Vollzugsstandes und der Vollzugskonzepte

9.3.1 Zusammenschau des Vollzugsstandes

Der Umsetzungsstand der Vollzugsregelungen zum EEWärmeG in den einzelnen Bundesländern wird im Anhang des Berichts detailliert dargestellt. Die Darstellung basiert auf der Auswertung erlassener Rechtsnormen, vorhandenen Entwürfen entsprechender Rechtsakte, Interviews mit den zuständigen Fachministerien sowie der bis dato vorliegenden Länderberichte nach §18a EEWärmeG, in denen auch Angaben zum Vollzug gemacht werden müssen. Wenn nicht anders angegeben, spiegelt die Darstellung den Stand September 2012 wider.

9.3.2 Vollzugsstand und Vollzugskonzepte

Hinsichtlich des Vollzugsstandes fällt auf, dass dreieinhalb Jahre nach dem Inkrafttreten des EEWärmeG lediglich acht Bundesländer konkrete Bestimmungen über den Vollzug des Gesetzes erlassen haben (Baden-Württemberg, Bayern, Bremen, Hessen, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Saarland). Überwiegend befinden sich die Regelungen noch in einem Stadium vor der Verabschiedung, teils sogar noch in einem recht frühen Stadium (Referentenentwurf) oder lediglich in Vorbereitung.

Die meisten Bundesländer belassen es in ihren existierenden oder vorgesehenen Rechtsvorschriften bei der Festlegung von Zuständigkeiten für den Vollzug, halten sich also im Grundsatz an das Vollzugskonzept des Bundesgesetzes. Sie verzichten damit auf eigenständige ergänzende, abweichende oder auch in die materielle Seite hineinragende Bestimmungen. Praktisch heißt das vor allem: Die Feststellung der Übereinstimmung mit den technischen Anforderungen der Anlage zum EEWärmeG obliegt Sachkundigen, die Verpflichteten müssen die Belege dazu der zuständigen Behörde vorlegen, und es erfolgt eine stichprobenartige Kontrolle durch die Behörden; lediglich die Bezugsnachweise für die Lieferung von biogenen Heizstoffen sind direkt bei einer behördlichen Stelle einzureichen.

Konzeptionelle Besonderheiten lassen sich demgegenüber für folgende Bundesländer konstatieren:

- Bayern: Hier wurde eine ergänzende Regelung erlassen, nach der eine Genehmigungsfiktion für Anträge auf Befreiung von der Nutzungspflicht gelten soll. Ansonsten bleibt es bei dem Vollzugskonzept des Bundesgesetzes.
- In Bremen werden für große Gebäude die nach dem Konzept des EEWärmeG lediglich (einfachen) Sachkundigen obliegenden Aufgaben der Vollzugskontrolle speziell für den Bereich des energiesparenden Bauens anerkannten Sachverständigen übertragen (für kleine Gebäude können alternativ "einfache" Sachkundige involviert werden). Auf die Vorlage der Belege bei den Behörden wird hierbei im Gegenzug verzichtet. Dabei wird an die landesspezifische

Regelungen zum Vollzug der EnEV angeknüpft, nach denen die Kontrolle der Einhaltung der Wärmeschutzanforderungen den in einem besonderen Verfahren anerkannten Sachverständigen vorbehalten ist.⁶³ Die betreffenden Regelungen sind als Abweichungen vom Bundesrecht im Sinne von Art. 84 Abs. 1 Satz 2 GG einzustufen. Es ist ggf. notwendig, die Bestimmungen hierzu auf landesgesetzlicher Ebene zu verankern.

- In Nordrhein-Westfalen wird praktisch der umgekehrte Weg beschritten. Dort werden (einfache, also keinem besonderen Anerkennungsverfahren unterliegende) Sachkundige mit den gesamten Vollzugsaufgaben betraut (mit Ausnahme der Bezugsnachweise für Heizstoffe). Dabei wird sowohl auf die Pflicht zur Vorlage der Belege bei der Behörde als auch auf eine behördliche Stichprobenkontrolle verzichtet. Auch bei diesen Regelungen handelt es sich um Abweichungen im Sinne von Art. 84 Abs. 1 Satz 2 GG. Die Grundlage hierfür bildet ein (bereits ergangenes) Landesgesetz.

9.3.3 Nachweiserbringung

Die Nachweiserbringung teilt sich nach dem Konzept des EEWärmeG auf in:

- einerseits Anforderungen, deren Einhaltung durch (einfache) Sachkundige zu dokumentieren sind, wobei die Belege bei der zuständigen Behörde vorzulegen sind (vgl. § 10 Abs. 3 EEWärmeG),
- andererseits speziell die Anforderungen zum Nachweis des Bezugs von regenerativen Heizstoffen, welche direkt gegenüber der zuständigen Behörde zu führen sind (vgl. § 10 Abs. 2 EEWärmeG).

Verwendung standardisierter Formblätter

Das Bundesgesetz sieht derzeit nicht vor, dass zum Nachweis standardisierte Formblätter verwendet werden. Im Rahmen des „Europarechtsanpassungsgesetzes Erneuerbare Energien“ wurde allerdings mit dem neuen §10 Abs. 6 eine entsprechende Verordnungsermächtigung zur Einführung standardisierter Formulare in das EEWärmeG aufgenommen.

Nachweis in quantitativer Hinsicht

Die zu erbringenden Nachweise erstrecken sich bei allen Pflicht- und Ersatzpflichtoptionen auf die qualitative Seite, d.h. auf die Frage, ob die betreffenden Anlagen den technischen Mindestanforderungen entsprechen. Ein Nachweis in quantitativer Hinsicht – nämlich im Hinblick darauf, ob Erneuerbare Energien oder Ersatzmaßnahmen auch in dem gesetzlich geforderten Umfang eingesetzt bzw. umgesetzt werden – wird ausdrücklich nur für die biogenen Heizstoffe verlangt (vgl. § 10 Abs. 1 Nr. 1 i.V.m. Abs. 2 EEWärmeG). Implizit – nämlich als Bestandteil der technischen Anforderungen nach der Anlage zum EEWärmeG – wird auch bei den

⁶³ Eine vergleichbare Regelung wird auch für Berlin diskutiert.

meisten anderen Optionen die quantitative Seite mit abgeprüft, weil sich die jeweils erforderliche Bescheinigung nach den Bestimmungen der Anlage zum EEWärmeG in der Regel auf die an der jeweiligen Stelle aufgeführten quantitativen Mindestanforderungen erstrecken muss. Dazu kommt, dass bei einigen EE-Wärmetechnologien (z.B. Holzpelletskessel, Wärmepumpen) davon ausgegangen werden kann, dass ein ökonomischer Anreiz besteht, die Anlagen so zu betreiben, dass die gesetzlich geforderten Mindestanteile in der Regel überschritten werden.

Anders liegt es jedoch bei der Solarthermie, weil hier nur der Nachweis des „Solar Keymark“ verlangt wird, welcher jedoch über den Umfang des Einsatzes dieser Technik keine Auskunft gibt (vgl. Nr. 1 der Anlage zum EEWärmeG). Der Umstand, dass damit eine Kontrolle der Einhaltung der quantitativen Anforderungen bei der Solarenergie nicht zwingend gefordert ist, wird diesseits als eine konstruktive Lücke im Gesetz angesehen.

Die Länder gehen mit diesem Umstand unterschiedlich um. Teils ignorieren sie das Problem, teils sehen sie vor, dass die quantitativen Angaben bei Verwendung von Formblättern freiwillig gemacht werden (z.B. Baden-Württemberg, Thüringen), teils sind gesetzliche Regelungen für entsprechende Pflichtangaben implementiert (Bayern).

Die Aufgabenzuordnung an Sachkundige/Sachverständige

Das derzeitige gesetzliche Konzept weist verwaltungsexternen Sachkundigen eine Schlüsselrolle im Gesetzesvollzug vor, indem es diesen (bei den meisten Erfüllungsoptionen) die Aufgabe gibt, die Einhaltung der technischen Anforderungen zu bescheinigen. Die Sachkundigen müssen die Einhaltung damit in technischer Hinsicht prüfen. Die Behörde sammelt die Belege lediglich ein und wertet diese ggf. stichprobenartig aus. Hinter diesem Konzept steht das Ziel, die Einhaltung des Gesetzes mit möglichst niedrigem behördlichem Aufwand sicherzustellen, ohne hierbei jedoch auf eine Prüfung in der Sache zu verzichten.

Dem Bundesland NRW geht dieses „schlanke“ Konzept nicht weit genug. In NRW findet auf Grundlage der nach Art. 84 Abs. 1 Satz 2 GG möglichen Abweichungsgesetzgebung eine noch weiterreichende Delegation der Vollzugsaufgaben an verwaltungsexterne Sachkundige statt, ohne dass hierbei an die Fachkunde und die Zuverlässigkeit höhere Anforderungen gestellt werden. Demgegenüber verfolgt man in Bremen (vorgesehen auch für Berlin) das Konzept, im Falle großer Gebäude an das fachliche Qualifikationsprofil der externen Sachkundigen besonders hohe Anforderungen zu stellen und hierfür eine behördliche Anerkennung vorzusehen, um hieran anknüpfend die behördlichen Eigenaufgaben zu reduzieren (nämlich auf eine Stichprobenprüfung nach § 11 Abs. 1 EEWärmeG verzichten zu können). Auch dies ist rechtlich eine Abweichung im Sinne von Art. 84 Abs. 1 Satz 2 GG.

Aus dem Blickwinkel eines möglichst wirksamen Vollzuges des Gesetzes erscheint das beispielsweise in Bremen verfolgte Modell überzeugender. Wenn es gelingt, für die Beurteilung der energetischen Gebäudeeigenschaften eine neue Gruppe anerkannter Sachverständiger zu schaffen (Bremen: Sachverständige für energiesparendes Bauen), die über ihr Qualifikationsprofil und die behördliche Anerkennung in besonderem Maße die Gewähr für eine wirksame Gesetzesumsetzung bietet, kann auf der anderen Seite der behördliche Aufgabenanteil gering gehalten werden. *Das gilt besonders dann, wenn dabei die Beurteilung der Anforderungen zur Energieeffizienz und zum Einsatz Erneuerbarer Energien in einer Hand liegt.* Verstärkt würde die Verlässlichkeit außerdem durch die bei Gesetzesverstößen drohende Sanktion der Entziehung des Sachverständigenstatus'. Ein solches Konzept könnte auch die Grundlage für einen integrierten Nachweis zu den Anforderungen der EnEV und des EEWärmeG bilden.

Eine erweiterte Aufgabendelegation an „einfache“ Sachkundige, wie sie beispielsweise in der nordrhein-westfälischen Regelung angelegt ist, verbindet demgegenüber zwei Nachteile miteinander: Einerseits verfestigt sie den bestehenden Missstand, dass an die im Bereich der Energieeffizienz und der Erneuerbaren Energien zulässigerweise tätigen Sachkundigen großenteils entgegen den gesetzlichen Annahmen tatsächlich nicht über einen ausreichenden fachlichen Kenntnishintergrund verfügen. Andererseits erhöht sie die Gefahr von Gesetzesumgehungen, weil die fehlende (stichprobenartige) behördliche Gegenkontrolle bei denjenigen, die gegen das Gesetz handeln wollen, den Eindruck entstehen lässt, dass man schon nichts bemerken wird.

Die Diskussion über Alternativen zum gegenwärtigen Gesetzeskonzept der partiellen Aufgabenwahrnehmung durch externe Sachkundige bedarf, um zu einem in sich stimmigen Bewertungsergebnis zu kommen, der Betrachtung weiterer konzeptioneller Alternativen und der ausführlicheren Betrachtung rechtlicher Implikationen.

Folgerung: Die in einigen Bundesländern praktizierte bzw. vorgesehene Erweiterung der Aufgabendelegation an Private wirft weitergehende konzeptionelle und rechtliche Fragestellungen auf. Diese werden weiter unten im Zusammenhang noch einmal anzusprechen sein (siehe unter Kapitel 9.3.6).

Zuständigkeitsfragen

Die Regelung der behördlichen Zuständigkeit (für die verbleibenden behördlichen Aufgaben) ist eine typischerweise allein auf Landesebene zu klärende Frage, schon weil sich die Verwaltungsstrukturen in den verschiedenen Bundesländern traditionell stark voneinander unterscheiden. Eine bundesweit einheitliche Vorgabe liegt daher

fern. Allerdings zeigt der sehr schleppende Prozess der Gesetzesimplementierung in einigen Bundesländern, dass es sinnvoll gewesen wäre, eine bundesweite Auffangregelung aufzustellen (z.B.: „Soweit von den Bundesländern nichts anderes geregelt wird, liegt die Zuständigkeit bei den unteren Bauaufsichtbehörden.“).

9.3.4 Stichprobenkontrolle

Die Funktion der Stichprobenkontrolle liegt darin, den Gefahren der Gesetzesumgehung entgegenzuwirken. Da die im EEWärmeG angelegte, sehr weitgehende Delegation von Prüfungsaufgaben an Sachkundige (die wiederum selbst an den betreffenden Aufträgen des Bauherrn beteiligt sein können) erhebliche Missbrauchsgefahren mit sich bringt, soll die gesetzliche geforderte Stichprobenkontrolle dazu ein Gegengewicht schaffen.

Die Stichprobenprüfung stellt ihrerseits an die zuständigen Behörden verhältnismäßig große fachliche Qualifikationsanforderungen. Deshalb liegt es nahe, diese Aufgabe entweder an ausreichend (besonders) qualifizierte Sachverständige zu übertragen oder durch eine Verwaltungsstelle wahrnehmen zu lassen, in der die verschiedenen Tätigkeiten zur Prüfung des energetischen Gebäudezustands gebündelt durch besonders qualifizierte Kräfte durchgeführt werden (können).

Ein gänzlicher Verzicht auf eine Stichprobenkontrolle, wie er beispielsweise in NRW bereits gesetzlich verankert ist, kann aus der Perspektive eines möglichst lückenlosen Gesetzesvollzugs nur dann gerechtfertigt sein, wenn durch andere geeignete Maßnahmen dafür Sorge getragen wird, dass den Missbrauchsgefahren wirksam begegnet wird. Das kann angenommen werden, wenn die „normale“ Prüfung nicht durch einfache Sachkundige, sondern besonders qualifizierte Sachverständige durchgeführt wird, deren Qualifikation und Zuverlässigkeit durch staatliche Anerkennung ausgewiesen ist.

Ohne eine derartige Sicherung werden die Missbrauchsgefahren gegenüber dem im EEWärmeG angelegten Prüfungsstandard erheblich erhöht. Aus diesem Grund bestehen Zweifel daran, dass der in dem nordrhein-westfälischen Gesetz verankerte Verzicht auf die Stichprobenkontrolle mit Art. 84 Abs. 1 Satz 2 GG vereinbar ist. Zwar kann sich NRW damit formal auf seine Abweichungskompetenz berufen. Nach hiesiger Auffassung spricht jedoch viel dafür, dass von der Abweichungskompetenz im Rahmen des Art. 84 Abs. 1 GG nur solche Abweichungen getragen werden, welche die Wirksamkeit der bundesgesetzlichen Regelungen in vergleichbarer Weise gewährleisten.

Sinnvoll erscheint es demgegenüber, den Ländern ausdrücklich die Möglichkeit einzuräumen, zwischen einer Stichprobenkontrolle und einer Aufgabenübertragung an besonders qualifizierte Sachverständige zu wählen. Damit könnte, wie

beispielsweise in Bremen für große Gebäude praktiziert, ein Anreiz gegeben werden, die neue Rolle eines Prüfsachverständigen für die energetische Gebäudeplanung einzuführen, deren Einführung auch die Anstrengungen für mehr Energieeffizienz im Gebäudebereich voranbringen könnte.

Hilfreich wäre darüber hinaus die Schaffung einer ergänzenden Bestimmung zur Verpflichtung der am Bau bzw. an der Heizungsinstallation Beteiligten zur Information über die gesetzlichen Pflichten, bei der auch auf gesetzlich vorgegebene Merkblätter zurückgegriffen werden könnte. Zur Verstärkung könnte eine solche Regelung mit einem Ordnungswidrigkeitentatbestand flankiert werden.

9.3.5 Ausnahmeentscheidungen

§ 9 Abs. 1 Nr. 2 EEWärmeG verpflichtet die zuständige Behörde zur Erteilung einer Befreiung, soweit die Erfüllung der EE-Nutzungspflicht und die Durchführung von Ersatzmaßnahmen „im Einzelfall wegen besonderer Umstände durch einen unangemessenen Aufwand oder in sonstiger Weise zu einer unbilligen Härte führen.“

Die Voraussetzungen der Vorschrift sind so eng formuliert, dass in der Praxis kaum Befreiungsfälle auftauchen dürften. Das schließt aber nicht aus, dass die zuständigen Behörden mit einer gewissen Anzahl von (zumeist unbegründeten) Befreiungsanträgen konfrontiert werden.

Schlüsselbegriff der Vorschrift ist die „unbillige Härte“. Diese kann sich entweder aus dem im Einzelfall erforderlichen „unangemessenen Aufwand“ oder aus „sonstigen“ Umständen ergeben. Die erste Tatbestandsvariante kann in dem von der Nutzungspflicht des EEWärmeG (bislang) nur adressierten Neubaubereich praktisch fast nie auftauchen, weil in aller Regel zumindest eine der verschiedenen Erfüllungs- und Ersatzalternativen wirtschaftlich zumutbar sein dürfte. Der Begriff der „unbilligen Härte“ macht dabei deutlich, dass ganz außergewöhnlich hohe Kostenbelastungen vorliegen müssen, um die Befreiung zu rechtfertigen, also solche, die weit über die in Durchschnittsfällen üblichen Mehrbelastungen des EE-Einsatzes gegenüber dem Einsatz konventioneller Energien liegen.

Hilfreich wären für die behördliche Praxis sicher Vollzugshinweise, in denen die Maßstäbe für die Beurteilung verdeutlicht werden. Angesichts der geringen Zahl der anerkennungsfähigen Fälle wird der Bedarf in dieser Hinsicht aber nicht als groß eingeschätzt. Etwas anderes würde gelten, wenn die EE-Nutzungspflicht auch auf den Gebäudebestand ausgedehnt würde.

Vor diesem Hintergrund wird die Erstellung eines Leitfadens für Befreiungsfälle für nicht notwendig erachtet.

9.3.6 Konzeptionelle Gesamtwürdigung und grundlegende Alternativen

Die Motive für die sehr schleppende vollzugstechnische Umsetzung des EEWärmeG in den Bundesländern können an dieser Stelle nicht umfassend analysiert werden. Die Betrachtung macht jedoch in jedem Falle deutlich, dass es den Ländern schwer fällt, sich dieser neuen Vollzugsaufgabe zu stellen – sicher (zumindest auch) deshalb,

- weil der finanzielle Druck der Länder und Kommunen sehr hoch ist und eine generelle Abwehrtendenz gegen jede neue Aufgabe provoziert,
- weil die Länder und Kommunen bislang auf den unteren Verwaltungsebenen keine genügende Fachkompetenz auf dem Gebiet der energetischen Gebäudeplanung und -sanierung aufgebaut haben, auf die sie hier zurückgreifen könnten,
- und weil sie sich zumindest in Teilen der Bedeutung der betreffenden Aufgaben für die zukünftige Entwicklung nicht ausreichend bewusst sind.

Vor diesem Hintergrund mag die schleppende vollzugstechnische Umsetzung verständlich sein. Das macht den Missstand aber nicht kleiner, sondern eher größer, weil offenkundig tiefer liegende strukturelle Hindernisse überwunden werden müssen.

Das Vollzugskonzept des EEWärmeG kann für sich genommen als „Minimalkonzept“ bezeichnet werden. Es versucht, die vollzugstechnische Belastung der Behörden so gering wie möglich zu halten, den Aufwand aber zugleich so groß wie nötig zu halten, um die Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen in der Breite sicherzustellen. Die zurückhaltende Umsetzung in sehr vielen Bundesländern einerseits und die Bemühungen in anderen Bundesländern um Alternativkonzepte andererseits deuten darauf hin, dass dieses Konzept nicht vollständig aufgegangen ist, jedenfalls die Akteure auf Seiten der Länder nicht auf die wünschenswerte Weise „mitgenommen“ hat.

Von daher stellt sich die Frage, ob und ggf. auf welche Weise grundlegende konzeptionelle Verbesserungen erreicht werden können, mit denen es möglich ist, die Durchschlagskraft des Gesetzes zu verbessern und gleichzeitig den behördlichen Vollzug zu erleichtern.

Das nordrhein-westfälische Konzept erscheint dafür ungeeignet, weil es wegen des Verzichts auf die behördliche Stichprobenkontrolle (ohne ein geeignetes Zulassungsverfahren zur Sicherstellung der fachlichen Kompetenz der Sachkundigen) die inhaltliche Wirksamkeit des Gesetzes nicht auf befriedigende Weise sicherstellen kann. Zudem bestehen Zweifel an der Verfassungsmäßigkeit, weil die Landesbestimmung einen partiellen Vollzugsverzicht vorsieht, der von der Abweichungskompetenz aus Art 84 Abs. 1 Satz 2 GG nicht mehr gedeckt sein dürfte.

Interessanter ist die in Bremen verfolgte Konzeption, nach der die Nachweiserbringung bei großen Gebäuden statt über (einfache) Sachkundige durch besonders anerkannte Prüfsachverständige für energiesparendes Bauen erfolgt. Die nachgewiesene besondere Fachkunde und die mit der behördlichen Anerkennung verbundene erhöhte Gewähr für Sorgfalt und Zuverlässigkeit erlauben es auf eine tragfähige Weise, die behördlichen Eigenkontrollen zu vermindern und insb. auf die Stichprobenprüfung zu verzichten. Diese Konstruktion ermöglicht auch eine fachlich sinnvolle Zusammenführung der Aufgaben nach dem EEWärmeG mit solchen nach der Energieeinsparverordnung.

Eine weitere denkbare Alternative läge darin, die behördlichen Aufgaben grundsätzlich bei diesen zu belassen, aber für die meisten Fallgestaltungen vorzusehen, dass die Nachweiserbringung gegenüber den Schornsteinfegern zu erfolgen hat (Ausnahmen: Anschluss an ein Fern-/Nahwärmenetz nach § 7 Abs. 1 Nr. 3, Abwärmenutzung nach § 7 Abs. 1 Nr. 1 EEWärmeG). Damit würden die (sonst meist zuständigen) unteren Bauaufsichtsbehörden entlastet. Die Nachweisanforderungen als solche sind nach der Anlage zum EEWärmeG in den meisten Fällen recht einfach gestaltet, so dass die Schornsteinfeger zumindest einen großen Teil dieser Aufgaben übernehmen könnten (u. a., da davon ausgegangen werden kann, dass hier auch die entsprechende Fachkompetenz vorliegt). Allerdings könnte eine fachgerechte Stichprobenprüfung durch sie nicht sichergestellt werden.

Die Aufgabenzuweisung an die Schornsteinfeger brächte einige rechtliche Fragen mit sich. Das Schornsteinfegerrecht ist auf Druck der EU-Kommission kürzlich grundlegend neu gestaltet worden.⁶⁴ Danach findet eine Trennung statt zwischen hoheitlichen (Sicherheits-)Aufgaben, die durch die Bezirksschornsteinfeger durchzuführen sind, und den reinen Dienstleistungen (regelmäßiges Kehren), die nunmehr auch durch private Wettbewerber angeboten werden können. Da für die hoheitlichen Aufgaben grundsätzlich nur ein dreijähriger Tätigkeitsrhythmus vorgesehen ist, müsste für den Fall einer Erweiterung der EE-Nutzungspflicht auf den Gebäudebestand dann entweder von diesem Rhythmus abgewichen werden, oder es müsste auch eine Einbeziehung der Kehr-Schornsteinfeger in das Kontrollsystem erfolgen. Das wäre regelungstechnisch relativ kompliziert, würde aber gehen.

Bei der Bewertung konzeptioneller Alternativen zum Gesetzesvollzug müssen allerdings die Implikationen von Art. 84 Abs. 1 Satz 2 GG immer mitbedacht werden: Welche Alternativen auch diskutiert werden, es bleibt dabei, dass die Länder grundsätzlich das Recht haben, abweichende Regelungen zum Verfahren zu treffen. Das spricht dagegen, im Bundesgesetz generell vorzusehen, dass die Kerntätigkeiten der Nachweiserbringung entweder generell bestimmten

⁶⁴ Siehe die Bestimmungen des Schornsteinfeger-Handwerksgesetz – SchfHwG v. 26.11.2008, BGBl. I S. 2242.

Prüfsachverständigen oder generell den Schornsteinfegern zugewiesen werden. Denn es ist anzunehmen, dass weder das eine noch das andere Konzept in den Ländern ohne weiteres Anklang finden wird.

Speziell für die Alternative der Prüfsachverständigen wird gegen das Konzept vorgebracht werden können, dass es hierfür an einer anknüpfungsfähigen Rechtskonstruktion fehlt, weil die Länder dafür erst einmal die Grundlagen schaffen müssten (nämlich ein Anerkennungsverfahren). Da sich dies sinnvollerweise auch auf den Bereich der Gebäude-Energieeffizienz erstrecken sollte, wird man eine solche Grundlage im EEWärmeG selbst nicht schaffen können.

Für das „Schornsteinfeger-Konzept“ ist vermutlich schon auf Bundesebene mit vergleichsweise großem Widerstand zu rechnen. In den Ländern wird das Konzept wahrscheinlich auf wenig Akzeptanz stoßen, weil die Schornsteinfeger fachlich nur über eine Teilkompetenz verfügen und es bei der Missbrauchskontrolle bleiben müsste.

In Anbetracht dieser in Art. 84 Abs. 1 Satz 2 GG angelegten Schwierigkeiten empfiehlt sich das bereits oben im Abschnitt zur Stichprobenkontrolle (siehe oben) beschriebene Vorgehen, den Ländern ausdrücklich die Möglichkeit zu geben, auf die Stichprobenkontrolle zu verzichten, wenn sie gesetzlich vorsehen, dass die maßgebenden Nachweise an Stelle der (einfachen) Sachkundigen durch besonders qualifizierte Sachverständige für die energetische Gebäudeplanung (bzw. Gebäudetechnik) erbracht werden.

Aus verfassungsrechtlicher Sicht ist für ein derartiges Vorgehen zu diskutieren, ob damit nicht eine Beschränkung der den Ländern durch Art. 84 Abs. 1 Satz 2 GG eingeräumten Abweichungskompetenz verbunden ist, die gemäß Art. 84 Abs. 1 Satz 6 GG nur bei einem besonderen Bedürfnis nach bundeseinheitlicher Regelung und nur mit Zustimmung des Bundesrates zulässig wäre.

Das ist nach hiesiger Auffassung allerdings schon deshalb nicht anzunehmen, weil den Ländern im Rahmen des Art. 84 Abs. 1 Satz 2 GG ohnehin keine Abweichungen gestattet sind, mit denen die Wirksamkeit der materiellen Regelungen des jeweiligen Bundesgesetzes herabgesetzt würde. Abweichungen von den verfahrensrechtlichen Vorgaben des Bundesgesetzes dürfen dessen Erfüllung nicht schmälern – was jedoch der Fall wäre, wenn auf die Stichprobenkontrolle ohne einen in der Wirkung vergleichbaren Ersatz verzichtet würde. Wenn der Bund die Möglichkeit zum ersatzlosen Verzicht auf die Stichprobenkontrolle ausdrücklich verneint, bringt er lediglich explizit zum Ausdruck, was verfassungsrechtlich an sich ohnehin gilt.

Zu beachten ist dabei allerdings, dass die erwogene Regelung, den Ländern die Möglichkeit zum Verzicht auf die Stichprobenprüfung zu geben, wenn die maßgebenden Nachweise an Stelle der (einfachen) Sachkundigen durch besonders qualifizierte Sachverständige für die energetische Gebäudeplanung (bzw. Gebäudetechnik) erbracht werden, demgegenüber noch etwas einengender ist. Denn es ist denkbar, dass ein Land noch eine andere Form der zuverlässigen Erfüllungskontrolle findet (z.B. in Gestalt einer direkten behördlichen Erfüllungskontrolle). Deshalb ist zu empfehlen, den Ländern ergänzend zusätzlich noch die Option zu einer anderweitigen Regelung *mit vergleichbarer Wirksamkeit* einzuräumen. Sofern das gewährleistet ist, wird die Abweichungskompetenz der Länder aus Art. 84 Abs. 1 Satz 2 GG in der Sache nicht eingeschränkt.

Indem gegenüber den Ländern hier mit einer Anreizoption und nicht mit einer neuen Verpflichtung agiert wird, besteht eine gute Chance dazu, dass sich mehr Länder als nur Bremen (dort für große Gebäude) dieser auch mit Blick auf die Energieeffizienzseite aus fachlicher Sicht besten Option der Vollzugskontrolle zuwenden.

10. Handlungsempfehlungen

10.1 Einleitung

Das EEWärmeG soll regelmäßig überarbeitet werden, um die Entwicklung der Technologien und der Märkte zu reflektieren, neue Erfordernisse und Ziele zu berücksichtigen, Praxisnähe anzustreben, den Vollzug sicherzustellen, das Instrument auf andere Instrumente abzustimmen und die Wirkungsweise des Gesetzes insgesamt zu schärfen.

Aufgabe dieses Kapitels ist es, aus den im Rahmen der Untersuchung gewonnenen Erkenntnissen konkrete Handlungsempfehlungen für die anstehende erste Überarbeitung des EEWärmeG zusammenzutragen. Da sich zwischenzeitlich die europarechtlichen Vorgaben für die nationalen Systeme zur Förderung der EE geändert haben, wird im ersten Schritt erörtert, welche (neuen) Rahmenbedingungen hierbei zu beachten sind. Dem schließen sich nacheinander einzelne Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Datenlage, zu den technologiebezogenen Anforderungen sowie zum Gesetzesvollzug an. Schließlich werden, jedoch mehr in der Funktion einer Übersicht über instrumentelle Handlungsspielräume, die Möglichkeiten zur Schaffung spezieller Rechtsinstrumente zur Förderung der EE-Nutzung im Gebäudebestand diskutiert.

10.2 Rahmenvorgaben der EE-Richtlinie der EU

10.2.1 Einleitung – Fragestellung

Durch die im Jahr 2009 ergangene Richtlinie **2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (EE-RL)**⁶⁵ haben sich die übergeordneten rechtlichen Rahmenbedingungen für Instrumente zur Nutzung von EE im Wärme- und Kältebereich wesentlich geändert. Anders als bei Schaffung des EEWärmeG gibt es nunmehr jeweils innerhalb bestimmter Zeiträume umzusetzende Verpflichtungen aus der EE-RL, mit denen die nationalen Regelungsspielräume zum Teil eingeschränkt werden. Von daher ist bei der Fortentwicklung des Gesetzes dafür Sorge zu tragen, dass die Vorgaben der EE-RL angemessene Beachtung finden.

Zwei wesentliche Elemente der Anforderungen aus der Richtlinie sind durch das zwischenzeitlich in Kraft getretene **Europarechtsanpassungsgesetz Erneuerbare Energien (EAG EE)**⁶⁶ bereits umgesetzt worden:

- zum einen die Forderung danach, bis Anfang 2012 sicherzustellen, dass öffentliche Gebäude nach Maßgabe von Art. 13 Abs. 5 der EE-RL eine Vorbildfunktion erfüllen,
- zum anderen die sich aus Art. 13 Abs. 6 der EE-RL ergebenden, harmonisierenden Vorgaben für die Ausgestaltung von technischen Anforderungen auf nationaler Ebene an einzelne Anlagenarten zur Nutzung von EE.

Mit Blick auf das EAG EE soll hier auf den Regelungsbedarf der Richtlinie in dieser Hinsicht nicht näher eingegangen werden. Ein Hinweis darauf ist jedoch wichtig, auch um klarzustellen, dass dieser Aspekt nicht übersehen, sondern bewusst aus der Erörterung ausgenommen wurde.

Die Forderung der EE-RL nach nationalen Regelungen zu einer Vorbildpflicht knüpft ihrerseits an die in Unterabsatz 3 von Art. 13 Abs. 4 der Richtlinie aufgestellte, eigentliche Hauptpflicht an, bis Ende 2014 auf geeignete Weise sicherzustellen, dass in bestimmten Gebäuden ein Mindestmaß an Energie aus erneuerbaren Quellen genutzt wird.

Die betreffende Regelung (Art. 13 Abs. 4 Unterabs. 3 EE-RL) hat folgenden Wortlaut:

„Bis spätestens zum 31. Dezember 2014 schreiben die Mitgliedstaaten in ihren Bauvorschriften und Regelwerken oder auf andere Weise mit vergleichbarem Ergebnis, sofern angemessen, vor, dass in neuen Gebäuden

⁶⁵ Richtlinie 2009/28/EG (...) vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG, ABl. EU Nr. L 140, 16.

⁶⁶ Gesetzes zur Umsetzung der Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (Europarechtsanpassungsgesetz Erneuerbare Energien – EAG EE) vom 12. April 2011 (BGBl. I S. 619); vgl. hierzu auch BT-Drs. 17/3629 (Gesetzentwurf), 17/4233 (Stellungnahme Bundesrat und Gegenäußerung) und 17/4895 (Beschlussempfehlung und Bericht).

und in bestehenden Gebäuden, an denen größere Renovierungsarbeiten vorgenommen werden, ein Mindestmaß an Energie aus erneuerbaren Quellen

genutzt wird. Die Mitgliedstaaten gestatten, dass diese Mindestanforderungen unter anderem durch Fernwärme und Fernkälte erfüllt werden, die zu einem bedeutenden Anteil aus erneuerbaren Quellen erzeugt werden.“

Die englische Fassung hat folgenden Wortlaut:

„By 31 December 2014, Member States shall, in their building regulations and codes or by other means with equivalent effect, where appropriate, require the use of minimum levels of energy from renewable sources in new buildings and in existing buildings that are subject to major renovation. Member States shall permit those minimum levels to be fulfilled, inter alia, through district heating and cooling produced using a significant proportion of renewable energy sources.“

Für den Bestand und die Weiterentwicklung des EEWärmeG wirft die Bestimmung mehrere Fragen auf:

- Kann das Grundkonzept des EEWärmeG erhalten bleiben?
- Muss der Anwendungsbereich (partiell) auf Bestandgebäude erweitert werden?
- Welche sonstigen instrumentellen Optionen verbleiben Deutschland für den Bereich des Wärmeeinsatzes, insbesondere in Bestandsgebäuden?
- Welche Auswirkungen hat die Bestimmung auf die einzelnen Erfüllungsoptionen und die Ersatzmaßnahmen nach dem EEWärmeG?

Diesen Fragen soll im Folgenden im Einzelnen nachgegangen werden.

10.2.2 Grundkonzept des EEWärmeG

An der Vereinbarkeit des Grundkonzepts des EEWärmeG mit Art. 13 Abs. 4 Unterabs. 3 der EE-RL kann kein ernstlicher Zweifel bestehen.

Das Gesetz schafft eine anteilige Nutzungspflicht für erneuerbare Energien für Wärmezwecke, die der Sache nach also nichts anderes als eine Verpflichtung zur Nutzung eines Mindestmaßes an Energie aus erneuerbaren Quellen darstellt.

Genauere Festlegungen darüber, welche Arten von EE hierbei in welchem Umfang und auf welche Weise zu berücksichtigen sind, enthält die Richtlinie nicht. Insoweit überlässt sie den Mitgliedstaaten grundsätzlich einen eigenen Beurteilungs- und Gestaltungsspielraum. Es ist nicht ersichtlich, dass die Richtlinie den Mitgliedstaaten im Hinblick auf die Bewertung einzelner Technologien oder die anzuerkennenden Mindestanteile einengende Vorgaben machen würde. Die Umsetzung der Richtlinienanforderungen setzt daher notwendigerweise voraus, dass den

Mitgliedstaaten auf nationaler Ebene ein Beurteilungs- und Gestaltungsspielraum zuerkannt wird.

Lediglich im Hinblick auf technische Standards enthält Art. 13 der Richtlinie in seinem Absatz 6 für bestimmte Arten von EE einzelne Mindestvorgaben und Ausgestaltungsanweisungen an die Mitgliedstaaten. Hierauf wird weiter unten im Kapitel zu den einzelnen Erfüllungsoptionen eingegangen.

Art. 13 Abs. 4 Unterabs. 3 der EE-RL lässt bei alledem nicht erkennen, dass die Mitgliedstaaten ausschließlich die Nutzung von regenerativen Energien für Zwecke der Gebäudewärme oder -kälte zum Gegenstand machen dürften. Von daher ist es durchaus auch möglich, über das bisherige Konzept des EEWärmeG hinaus die Erzeugung von EE-Strom im EEWärmeG zu berücksichtigen. Das zeigt auch der systematische Zusammenhang mit Art. 13 Abs. 5 Satz 2 EE-RL, der für den Fall der Vorbildfunktion öffentlicher Gebäude ausdrücklich auch die Möglichkeit der Überlassung von Dachflächen an Dritte erwähnt. Allerdings sind die Mitgliedstaaten umgekehrt auch nicht dazu verpflichtet, Anlagen zur Stromerzeugung mit in das nationale System für die Umsetzung von Art. 13 Abs. 4 Unterabs. 3 EE-RL einzubeziehen. Eine derartige Einengung würde der generellen Ausrichtung der Richtlinie widersprechen, den Mitgliedstaaten bei der Konzipierung von nationalen Förderinstrumenten grundsätzlich freie Hand zu lassen (vgl. Art. 3 der EE-RL).

Allerdings ist zu betonen, dass es in Art. 13 Abs. 4 bis 6 der EE-RL gegenständlich um die Nutzung von EE für „Gebäude“ geht. Der nur vertraglich geregelte Bezug von durch Dritte hergestelltem regenerativem Strom durch den Gebäudeeigentümer oder -nutzer reicht hierfür nicht aus, weil es nicht möglich ist, ihn dem Gebäude selbst als dessen Eigenschaft zuzuschreiben. Ein gegenständlicher Zusammenhang mit dem Gebäude kann nur anerkannt werden,

- wenn entweder in dem Gebäude selbst eine Erzeugung von Nutzenergie aus regenerativen Quellen stattfindet (so insb. bei in/an/auf dem Gebäude befindlichen EE-Anlagen – sei es zur Wärme-, Kälte- oder Stromerzeugung für das Gebäude selbst oder für Dritte),
- oder wenn die Quelle der Erzeugung von regenerativer Nutzenergie zwar außerhalb des Gebäudes liegt, aber von der Funktion her eine Anlage ersetzt, die sich normalerweise in dem betreffenden Gebäude befinden würde (so bei auf erneuerbaren Energien basierender Nah- und Fernwärme).

Das bestehende Regelungssystem des EEWärmeG, welches mit seinem Fokus auf die Gebäudewärme sowie – nach Verabschiedung des EAG EE akzentuiert – auch auf die Gebäudekälte zielt, passt sich somit insgesamt gut in den Anforderungsrahmen von Art. 13 Abs. 4 Unterabs. 3 EE-RL ein.

10.2.3 Erweiterung des Anwendungsbereiches auf Bestandsgebäude

Einer näheren Betrachtung bedarf die Frage, ob und ggf. inwieweit aus Art. 13 Abs. 4 Unterabs. 3 der Richtlinie zu schließen ist, dass die im EEWärmeG statuierte anteilige Nutzungspflicht (**spätestens zum 31.12.2014, praktisch also mit Geltung zum Jahr 2015**) – ihren Fortbestand bei den Neubauten vorausgesetzt – auch auf Bestandsgebäude ausgedehnt werden muss.

Der Text der Vorschrift stellt „neue Gebäude“ und „bestehende Gebäude, an denen größere Renovierungsarbeiten vorgenommen werden“ auf derselben Stufe nebeneinander. Für beide soll die betreffende Verpflichtung gelten. Es kann also grundsätzlich nicht sein, dass die Gruppe der „bestehenden Gebäude, an denen größere Renovierungsarbeiten vorgenommen werden“, über den in der Vorschrift genannten Zeitpunkt hinaus generell aus dem jeweiligen nationalen Regelungssystem ausgenommen bleibt.

Damit ist allerdings nicht zwingend gesagt, dass sämtliche Fälle der Anwendung im Bereich der neuen und im Bereich der (einzubeziehenden) Bestandsgebäude auch im Hinblick auf quantitative Anforderungen in jeder Hinsicht gleich zu behandeln wären. Insofern ist einerseits zu betonen, dass den Mitgliedstaaten grundsätzlich ein Beurteilungs- und Gestaltungsspielraum hinsichtlich der genaueren Ausformung des nationalen Systems zusteht, andererseits herauszustellen, dass die Vorschrift selbst ihre Forderung nach einem Mindestanteil an EE davon abhängig macht, ob diese „angemessen“ ist. Von daher kann davon ausgegangen werden, dass es den Mitgliedstaaten durchaus gestattet ist, gewisse fallgruppenbezogene Differenzierungen zwischen Neubauten und Fällen der Anwendung auf Bestandsgebäude vorzusehen, jedenfalls soweit sich die baulichen, technischen oder wirtschaftlichen Rahmenbedingungen von denen des Einsatzes in Neubauten wesentlich unterscheiden.

Zu klären ist darüber hinaus, was genau unter der Formel der „bestehenden Gebäude, an denen größere Renovierungsarbeiten vorgenommen werden“, zu verstehen ist. Auf den ersten Blick wirkt relativ unklar, welchen Verpflichtetenkreis die Vorschrift damit genau anspricht.

Das Problem ist jedoch weniger gravierend, als es zunächst scheint, weil an dieser Stelle ein direkter Bezug zur Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (GEEG-RL) möglich ist, aus der sich eine europarechtliche Definition für die Begriffsformel ergibt.

Die betreffende Definition lautet in der im Mai 2010 novellierten Fassung der Richtlinie (siehe dort Art. 2 Nr. 10):

- „10. „größere Renovierung“ [ist] die Renovierung eines Gebäudes, bei der
- a) die Gesamtkosten der Renovierung der Gebäudehülle oder der gebäudetechnischen Systeme 25 % des Gebäudewerts — den Wert des Grundstücks, auf dem das Gebäude errichtet wurde, nicht mitgerechnet — übersteigen oder
 - b) mehr als 25 % der Oberfläche der Gebäudehülle einer Renovierung unterzogen werden,

Die Mitgliedstaaten können entscheiden, ob sie die Option a oder b anwenden;”

Zu beachten ist, dass diese Definition zum Zeitpunkt des Erlasses der EE-RL noch nicht bestand. In der bei Beschlussfassung der zuständigen Organe über die EE-RL maßgebenden Fassung der GEEG-RL (2002/91/EG) wurde die betreffende Formel im 13. Erwägungsgrund definiert:

„Größere Renovierungen sind solche, bei denen die Gesamtkosten der Arbeiten an der Gebäudehülle und/oder den Energieeinrichtungen wie Heizung, Warmwasserversorgung, Klimatisierung, Belüftung und Beleuchtung 25 % des Gebäudewerts, den Wert des Grundstücks — auf dem das Gebäude errichtet wurde, nicht mitgerechnet — übersteigen, oder bei denen mehr als 25 % der Gebäudehülle einer Renovierung unterzogen werden.“

Diese Fassung muss aus rechtlicher Sicht für die Anwendung von Art. 13 Abs. 4 Unterabs. 3 der EE-RL als maßgebend erachtet werden, denn in der EE-RL gibt es keine ausdrückliche oder dynamische Verweisung auf die neue Fassung der GEEG-RL. Die neuere Fassung kann nicht maßgebend sein, weil sie zum Zeitpunkt der Beschlussfassung über die EE-RL noch nicht bekannt war.

Die Definitionen der beiden Richtlinienfassungen unterscheiden sich zwar in einigen Punkten, namentlich im Hinblick auf den Maßstab für die Variante des Abstellens auf die Gesamtkosten. Das kann jedoch im vorliegenden Zusammenhang dahinstehen, weil es ohne weiteres möglich ist, die Vorschriften des deutschen Rechts so auszugestalten, dass eine Übereinstimmung mit beiden Definitionen erreicht werden kann, z.B. indem – was ohne weiteres zulässig wäre – allein darauf abgestellt wird, dass/ob mehr als 25 % der Gebäudehülle einer Renovierung unterzogen werden. Da die EE-RL in dieser Hinsicht nur eine Mindestvorgabe aufstellt, könnte auch ein niedrigerer Prozentsatz zugrunde gelegt werden, wie es im Rahmen des Entwurfs zum EAG EE für den Anwendungsbereich der Vorbildfunktion für öffentliche Gebäude beabsichtigt ist.⁶⁷

Ergänzend sollte eine Festlegung darüber getroffen werden, auf welchen Zeitraum die prozentuale Anforderung (= Renovierung von 25 % der Gebäudehülle) jeweils zu

⁶⁷ Vgl. BR-Drs. 647/2010, dort Art. 2 Nr. 4.

beziehen ist. Ohne eine solche Festlegung bestünde die Gefahr, dass einzelne Adressaten der Pflicht durch eine zeitliche Entzerrung der Maßnahmen zu entgehen versuchen. Auch insofern kann eine Anleihe beim Entwurf des EAG EE genommen werden, der auf einen Zeitraum von insgesamt zwei Jahren abstellt.

Nicht notwendig ist es demgegenüber aus dem Blickwinkel des Art. 13 Abs. 4 Unterabs. 3 EE-RL, zusätzlich zu dem auf die Renovierung der Gebäudehülle bezogenen Auslösekriterium auch eine Entstehung der Pflicht bei einem Heizungs-austausch vorzusehen. Das ist zwar vorstellbar, würde den Anwendungsbereich aber deutlich größer zuschneiden, als es europarechtlich zwingend erforderlich ist.

Somit kann die Frage, ob und ggf. inwieweit bis Ende 2014 eine Erweiterung des Anwendungsbereichs der anteiligen Nutzungspflicht aus dem EEWärmeG auf Bestandsgebäude auf Grund der EE-RL erforderlich ist, zusammenfassend wie folgt beantwortet werden:

- Sofern es für den Neubaubereich konzeptionell beim Anforderungskonzept des EEWärmeG bleibt – wovon hier ausgegangen wird – ist es mit Blick auf die EE-RL geboten, den Anwendungsbereich auf „bestehende Gebäude, in denen größere Renovierungsarbeiten vorgenommen werden“, zu erweitern.
- Um sichere Konformität mit der EE-RL zu gewährleisten, reicht es aus und bietet sich an, als Auslösekriterium vorzusehen, dass/ob innerhalb von zwei Jahren mehr als 25 % der Gebäudehülle einer Renovierung unterzogen werden.

Ergänzend sei darauf hingewiesen, dass es auf dieser Basis grundsätzlich nicht notwendig sein dürfte, für die (wenigen) von der Nutzungspflicht erfassten Fälle der Renovierung von Bestandsgebäuden quantitativ andere Mindestanforderungen zum EE-Einsatz aufzustellen als für Neubauten. Denn bei Änderungen von mehr als 25 % der Gebäudehülle wird es schon zur Einhaltung der Vorschriften zur Energieeinsparung typischerweise angebracht sein, auch am Heizsystem wesentliche Änderungen durchzuführen, weil durch den erforderlichen zusätzlichen Wärmeschutz der Wärmebedarf des Gebäudes insgesamt wesentlich herabgesetzt wird. In diesem Falle wird sich der EE-Einsatz regelmäßig auch wirtschaftlich ähnlich darstellen wie bei Neubauten.

10.2.4 Alternative instrumentelle Optionen, insb. für den Gebäudebestand

Allgemeines

Relativ große Auslegungsunsicherheiten ergeben sich hinsichtlich der weitergehenden Frage, ob es Deutschland und den anderen Mitgliedstaaten auch möglich wäre, an Stelle des Pflichtensystems des EEWärmeG für den Neubau und/oder für den Gebäudebestand (bzw. Teile des Gebäudebestands) ein andersartiges Fördersystem für den Einsatz von EE-Wärme und EE-Kälte zu stellen,

etwa in Gestalt eines reinen Subventionsprogramms oder eines wirtschaftlichen Anreizmodells (wie einem Bonus- oder Quotensystem).

In der (noch wenig zahlreichen) Rechtsliteratur werden dazu gegenteilige Auffassungen vertreten:

- Während *Milkau* mit Verweis auf die recht verworrene Entstehungsgeschichte der Norm davon ausgeht, dass die Richtlinie den Mitgliedstaaten letztlich „entgegen dem ersten Anschein – freie Hand“ bei der Auswahl der Förderinstrumente lasse,⁶⁸
- entwickelt *Müller* unter maßgebender Bezugnahme auf eine Wortlaut- und Grammatikanalyse die Auffassung, es könnten „lediglich eine ordnungsrechtliche Nutzungspflicht oder eine vergleichbare Mengenvorgabe wie etwa in einem Quotenmodell“ in Frage kommen.⁶⁹
- Eine reine Förderlösung sehen auch *Lehnert/Vollprecht* als nicht richtlinienkonform an; mit andersartigen Alternativoptionen setzen sie sich allerdings nicht vertieft auseinander.⁷⁰

Die Fragestellung wird im vorliegenden Kontext letztlich nicht abschließend geklärt werden können, schon weil in diesem Rahmen kein eigenständiges Rechtsgutachten erstellt werden kann. Gleichwohl ist es möglich, einige grundlegende rechtliche Vorklärungen vorzunehmen, die sich aus dem eingeschränkten Anwendungsbereich des Art. 13 Abs. 4 Unterabs. 3 der EE-RL ergeben.

Regelungen außerhalb des Anwendungsbereichs der Norm

Art. 13 Abs. 4 Unterabs. 3 der EE-RL verpflichtet die Mitgliedstaaten nur für einen Teil der Bestandsgebäude zu Regelungen darüber, ein Mindestmaß an Energie aus erneuerbaren Quellen zu nutzen. Daraus ergeben sich zwei für die Konzipierung des nationalen Rechts grundlegende Erkenntnisse:

- Die Vorschrift adressiert der Sache nach neben dem Neubaubereich lediglich einen verhältnismäßig kleinen Teil der Bestandsgebäude – nämlich diejenigen Gebäude, bei denen größere Renovierungsarbeiten im Sinne der GEEG-RL vorgenommen werden. Das bedeutet im Umkehrschluss, dass sich aus Art. 13 Abs. 4 Unterabs. 3 EE-RL für diejenigen Bestandsgebäude, die von der Vorschrift nicht ausdrücklich angesprochen werden, *keine* instrumentellen Vorgaben herleiten lassen. Die nationalen Gesetzgeber sind folglich frei darin, diesen (quantitativ weit überwiegenden) Teil der Bestandsgebäude einem anderen Förderinstrument zuzuführen.
- Die zweite wichtige Erkenntnis ist, dass alternative nationale Förderinstrumente, die über den nicht von Art. 13 Abs. 4 Unterabs. 3 der EE-RL erfassten Teil der

⁶⁸ Milkau, Ansätze zur Förderung der erneuerbaren Energien im Wärmemarkt, 2009, S. 98 f.

⁶⁹ Müller, in: Müllen/Oschmann/Wustlich, EEWärmeG, 2010, EL Rdnr. 146 ff., insb. 151.

⁷⁰ Lehnert/Vollprecht, ZUR 2009, S. 307/314

Bestandsgebäude hinaus auch in den Anwendungsbereich der Vorschrift hineinreichen, also auch Bestandsgebäude mit größeren Renovierungen und/oder Neubauten mit einbeziehen, ebenfalls mit Art. 13 Abs. 4 Unterabs. 3 der EE-RL vereinbar sind, *sofern* sie nicht so weit gehen, diese Gebäude aus dem System der Nutzungspflicht herauszulösen. Mit anderen Worten: Wenn sich ein andersartiges Förderinstrument – wie ein Subventionierungs-, Bonus- oder Quotensystem – *auch* auf neue Gebäude und bestehende Gebäude mit größeren Renovierungen erstrecken, *ohne diese zugleich aus der Nutzungspflicht zu entlassen*, kann keine Kollision mit der EE-RL entstehen.

Die Frage, ob ein andersartiges Förderinstrument mit der EE-RL zu vereinbaren ist, stellt sich also nur, wenn dieses Fördermodell so zugeschnitten wird, dass es vollständig oder zumindest partiell *innerhalb* des Anwendungsbereiches von Art. 13 Abs. 4 Unterabs. 3 der EE-RL *an Stelle der Nutzungspflicht* tritt. Sollte das Modell jedoch derart konstruiert werden, dass es für die betreffenden Gebäude lediglich zu Überlappungen kommt, ist man mit dem alternativen Instrument im Hinblick auf die EE-RL „auf der sicheren Seite“.

Regelungen innerhalb des Anwendungsbereichs der Norm

Sofern allerdings in den Anwendungsrahmen der anteiligen Nutzungspflicht durch das alternative Instrument eingegriffen werden sollte, befindet man sich in einem vergleichsweise unsicheren rechtlichen Terrain, weil die richtige Auslegung von Art. 13 Abs. 4 Unterabs. 3 EE-RL wohl nur durch Rechtsprechung auf oberster EU-Ebene rechtssicher geklärt werden kann. Vor diesem Hintergrund soll an dieser Stelle ergänzend nur auf einige für die Auslegung wichtige Gesichtspunkte hingewiesen werden.

Ausgehend von Wortlaut und Entstehungsgeschichte ergeben sich innerhalb der Vorschrift zwei Ansatzpunkte für die Möglichkeit, neben einer Art ordnungsrechtlicher Verpflichtung auch andere instrumentelle Optionen erwägen zu können: zum einen die Wendung „oder auf andere Weise mit vergleichbarem Ergebnis“ (englisch: „or by other means with equivalent effect“), zum anderen die Einschränkung „sofern angemessen“ (englisch: „where appropriate“).

Die Formel „oder auf andere Weise mit vergleichbarem Ergebnis“ (englisch: „or by other means with equivalent effect“) ist von ihrer Satzstellung her so platziert, dass man eigentlich annehmen müsste, sie beziehe sich nicht auf die Art des gewählten Instruments, sondern lediglich auf die Frage, ob die Nutzungsverpflichtung sich in den „Bauvorschriften“ oder in anderen nationalen Bestimmungen befindet.

Angesichts der Vielzahl der im legislativen Verfahren auf EU-Ebene zu berücksichtigenden Sprachen ist jedoch fraglich, ob der Satzstellung eine derartige Tragweite zugesprochen werden kann. Vom Sinn und Zweck der Vorschrift gedacht,

liegt es sehr viel näher anzunehmen, dass den Mitgliedstaaten generell ein instrumenteller Freiraum eingeräumt werden sollte, mit Hilfe welcher Arten von Regelungen sie das Ziel erreichen können, die Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen im Gebäudebereich wesentlich zu steigern.

Ein vergleichbares „Ergebnis“ oder passender – aus dem Englischen übersetzt („equivalent effect“) – eine vergleichbare Wirkung muss das Instrument haben. Die Wirkung zur Verbreitung der EE muss also mindestens ebenso ausgeprägt sein, wie es bei einer anteiligen EE-Nutzungspflicht für die in der Vorschrift angesprochenen Gebäude der Fall wäre. Wenn das mit wirtschaftlichen Anreizinstrumenten, die auf einen größeren Anwendungsbereich als den in der Vorschrift beschriebenen ausgerichtet sind, gleich gut oder besser erreicht werden kann, warum soll das Europäische Recht daran hindern und stattdessen die Mitgliedstaaten auf ein nicht besser, sondern unter Umständen sogar weniger gut wirksames Mittel verpflichten? Das ergäbe keinen Sinn, auch vor dem Hintergrund dessen, dass den Mitgliedstaaten im Bereich des europäischen Umweltrechts nach Art. 176 EGV (mittlerweile Art. 193 AEUV) das Recht zugebilligt wird, auf nationaler Ebene schärfere Maßnahmen zu ergreifen.

Die Worte „sofern angemessen“ können dahin verstanden werden, dass bei der Ausgestaltung der nationalen Regelungen auf die Verhältnismäßigkeit im Einzelfall Rücksicht zu nehmen ist. Die jeweils gesetzten Mindestanforderungen haben ihre Grenze dort, wo den Betroffenen Unzumutbares abverlangt würde, sei es aus baulichen, technischen oder wirtschaftlichen Gründen. Es wäre unangemessen, darüber hinauszugehen. Die nationalen Vorschriften dürfen und müssen also so ausgestaltet werden, dass für die Berücksichtigung individueller Härten Raum bleibt. Das ergibt sich nicht nur aus dem (deutschen) Verfassungsrecht, sondern ist auch für das europäische Recht allgemein anerkannt. Von daher kommt der Formel an dieser Stelle eine insoweit klarstellende Wirkung zu.

Es ist jedoch auch denkbar, die Formel (ggf. auch zusätzlich) weitergehend auf die Ebene der Instrumentenkonzeption anzuwenden. Dann käme ihr eine spezifische Bedeutung für den Fall zu, dass sich der Mitgliedstaat für ein deutlich über den engen Anwendungsbereich von Art. 13 Abs. 4 Unterabs. 3 der EE-RL hinausgehendes Förderinstrument entscheidet (z.B. ein sowohl den Neubau- als auch den Bestandsbereich übergreifendes wirtschaftliches Anreizmodell in Gestalt einer Bonus- oder Quotenregelung). Denn in einem solchen Fall könnte es als nicht „angemessen“ („appropriate“) betrachtet werden, dem Mitgliedstaat aufzuerlegen, auf das in der Wirkungsweise breiter angelegte Instrument zu verzichten oder dessen Anwendungsbereich einzuschränken, um der deutlich enger angelegten Pflicht zur Schaffung von Ordnungsrecht nach Art. 13 Abs. 4 Unterabs. 3 EE-RL Genüge zu tun.

Von daher spricht im Ergebnis Einiges dafür, die betreffende Vorschrift nicht in einem engen Sinne dahin zu verstehen, dass sie ausschließlich Raum für ein ordnungsrechtliches Instrument lasse.

Hinzugefügt sei: Wenn die enge Interpretation allerdings richtig sein sollte, stünde sie (innerhalb des Anwendungsbereiches der Vorschrift) *jeglichem* Modell entgegen, das nicht an einer ordnungsrechtlichen Verpflichtung der Bauherren ansetzt, sondern diesen gegenüber mit wirtschaftlichen Anreizen arbeitet und zu deren Finanzierung Verpflichtungen gegenüber Dritten ausspricht (z.B. gegenüber dem Brennstoffhandel oder den Heizungsinstallateuren). Es träfe Bonus- und Quotenmodell gleichermaßen. Denn die Formel „mit vergleichbarem Ergebnis“ müsste dann so verstanden werden, dass grundsätzlich für jeden Fall des Neubaus und der größeren Renovierung der Einsatz eines Mindestmaßes an EE sichergestellt werden müsste – mit welchem Instrument auch immer. Da sich das mit einer an den Brennstoffhandel oder die Installateure gerichteten Bonus- oder Quotenverpflichtung nicht gewährleisten lässt, wären derartige Instrumente unzulässig.⁷¹

10.2.5 Auswirkungen auf einzelne Erfüllungsoptionen und Ersatzmaßnahmen

Art. 13 Abs. 4 Unterabs. 3 der EE-RL hat darüber hinaus für den Zeitraum ab 2015 erhebliche Auswirkungen darauf, welche Ersatzmaßnahmen im nationalen Recht für zulässig erachtet werden können.

Satz 2 der Regelung enthält eine spezifische Aussage für die Anerkennung von Fernwärme und Fernkälte an Stelle der (Selbst-) Nutzung von EE. Zum Umgang mit anderen Arten der Ersatzmaßnahmen gibt die Vorschrift keine ausdrückliche Auskunft.

Fernwärme und Fernkälte

Art. 13 Abs. 4 Unterabs. 3 Satz 2 der EE-RL lautet:

„Die Mitgliedstaaten gestatten, dass diese Mindestanforderungen unter anderem durch Fernwärme und Fernkälte erfüllt werden, die zu einem bedeutenden Anteil aus erneuerbaren Quellen erzeugt werden.“

Daraus ergibt sich eindeutig, dass eine generelle Anerkennung der Nutzung von Fernwärme / Fernkälte als Ersatzmaßnahme für die an sich gebotene Nutzung von EE zu dem jeweiligen Zweck grundsätzlich nicht (mehr) zulässig sein soll. **Eine**

⁷¹ Die Äußerung von Müller (in Müller/Oschmann/Wustlich, EEWärmeG, EL Rdnr. 151), zulässig sei lediglich „eine ordnungsrechtliche Nutzungspflicht oder eine vergleichbare Mengenvorgabe, wie etwa in einem Quotenmodell“, ist insoweit missverständlich. Es ist zwar durchaus denkbar, dass ein „Quotenmodell“ eine vergleichbare Wirkung auch in einem engen Verständnis der Vorschrift hat. Das würde aber voraussetzen, dass sich die Quotenverpflichtung an die *Hauseigentümer* richtet. Ist sie stattdessen (wie es im politischen Raum üblicherweise angenommen wird) an Marktakteure gerichtet, lässt sich eine vergleichbare Wirkung in diesem engen Sinne nicht sicherstellen.

Anerkennung von auf fossilen Energieträgern beruhender Fernwärme/Fernkälte aus Kraft-Wärme-Kopplung ist über den Stichtag 31.12.2014 hinaus daher grundsätzlich nicht gewollt. Bei allen Varianten der Ersatzpflichterfüllung durch Fernwärme oder Fernkälte muss grundsätzlich sichergestellt werden, dass die Wärme bzw. Kälte zu einem „bedeutenden Anteil“ aus erneuerbaren Quellen erzeugt werden.

Zwar definiert die Richtlinie nicht näher, was unter einem „bedeutenden Anteil“ von EE zu verstehen ist. Das ist aber durchaus nicht untypisch, weil es den Mitgliedstaaten auch im übrigen Kontext der Vorschrift überlassen bleibt, den jeweils für angemessen erachteten EE-Mindestanteil im Rahmen eines Beurteilungs- und Gestaltungsspielraumes selbst festzulegen. Deutschland kann vor dem Hintergrund der selbst gesetzten EE-Ausbauziele also vom Ansatz her selbst bestimmen, wie hoch der geforderte Anteil sein soll. Da es perspektivisch von großer Bedeutung ist, auf dem Einsatz von EE beruhende Wärmenetze aufzubauen, wird es sinnvoll sein, den Anteil nicht allzu niedrig festzusetzen (unter Umständen auch, ihn in mehrjährigen Stufen nach oben zu steigern). Als problematisch wird angesichts der Richtlinienvorgabe eine Festlegung auf einen mehr oder weniger symbolischen, sehr niedrigen Wert (z.B. unter 10 %) erachtet.

Die bisherige Regelung von § 7 Abs. 1 Nr. 3 i.V.m. Anlage VII des deutschen EEWärmeG muss spätestens zum Stichtag 31.12.2014 auf die Richtlinienvorgabe angepasst werden.

Allerdings ist zu beachten, dass es den Mitgliedstaaten nach Satz 1 von Art. 13 Abs. 4 Unterabs 3 der EE-RL gestattet ist, darauf Rücksicht zu nehmen, ob die Forderung nach einem Mindestmaß an EE „angemessen“ ist. Für Fallgestaltungen, in denen die Angemessenheit nicht anzunehmen ist, wird man sowohl für diese als auch für alle anderen Ersatzmaßnahmen davon ausgehen können, dass es dem Gesetzgeber erlaubt ist, geeignete Ausnahmeregelungen zu schaffen.

Fraglich ist, für welche Fallgestaltungen man von einer fehlenden Angemessenheit ausgehen kann:

- Im Falle der Neubebauung größerer Gebiete mit Fern- oder Nahwärmeversorgung wird die Gewährleistung eines nicht unerheblichen EE-Anteils regelmäßig nicht problematisch sein, weil sich die Investoren von vornherein auf diese Grundbedingung einstellen und wirtschaftlich mit ihr kalkulieren können.
- Anders kann sich die Situation für den neu hinzukommenden Bereich der Gebäude mit größeren Renovierungsarbeiten darstellen. Hier liegt es aus Gründen der Angemessenheit nahe, eine allgemeine Ausnahme für Fälle vorzusehen, in denen das Gebäude bereits vor der Renovierung an ein

existierendes Netz angeschlossen war, welches die Anforderungen nach dem EEWärmeG vom Stand 2009 erfüllt hat

- Vergleichbare Problemsituationen können sich darüber hinaus auch bei einzelnen Neubauvorhaben innerhalb bestehender Versorgungsnetze ergeben. Für derartige Konstellationen ließe sich vorstellen, *entweder* die soeben für größere Renovierungsfälle angesprochene allgemeine Ausnahme für entsprechend anwendbar zu erklären *oder* die betroffenen Gebäudeeigentümer auf die Möglichkeit zu verweisen, eine Einzelfall-Befreiung nach § 9 Abs. 1 Nr. 2 EEWärmeG zu beantragen (die unter der weiteren Voraussetzung stehen würde, dass dem Gebäudeeigentümer auch die Wahrnehmung einer anderen Option zur Pflicht- oder Ersatzpflichtenerfüllung nicht zugemutet werden kann).

Sonstige Arten der Ersatzmaßnahmen

Für die übrigen Arten von Ersatzmaßnahmen ergeben sich aus Art. 13 Abs. 4 der EE-RL keine näheren Aussagen. Das betrifft:

- die anteilige Nutzung von Abwärme nach § 7 Abs. 1 Nr. 1 lit. a) i.V.m. Anlage IV EEWärmeG,
- die anteilige Nutzung von (nicht netzgebundener) KWK nach § 7 Abs. 1 Nr. 1 lit. b) i.V.m. Anlage V EEWärmeG,
- Maßnahmen zur Einsparung von Energie nach Maßgabe von § 7 Abs. 2 Nr. 2 i.V.m. Anlage VI EEWärmeG.

Im weiteren Kontext der Richtlinienbestimmung finden sich allerdings durchaus Hinweise darauf, dass auch derartigen Maßnahmen im Rahmen der Gesamtstrategie eine gewisse Bedeutung zuerkannt werden soll.

So heißt es – zum einen – in Art. 13 Abs. 4 Unterabs. 1 und 2 der EE-RL:

„Die Mitgliedstaaten nehmen in ihre Bauvorschriften und Regelwerke geeignete Maßnahmen auf, um den Anteil aller Arten von Energie aus erneuerbaren Quellen im Gebäudebereich zu erhöhen.

Bei der Ausarbeitung solcher Maßnahmen oder in ihren regionalen Förderregelungen können die Mitgliedstaaten nationale Maßnahmen für eine deutliche Steigerung der Energieeffizienz und in Bezug auf Kraft-Wärme-Kopplung sowie Passiv-, Niedrigenergie- oder Nullenergiehäuser berücksichtigen.“

Zum anderen hebt die Richtlinie in Art. 13 Abs. 5 Satz 2 speziell „Nullenergiehäuser“ sogar als vorbildlich hervor:

„Die Mitgliedstaaten stellen sicher, dass neu errichtete öffentliche Gebäude sowie bestehende öffentliche Gebäude, an denen größere Renovierungsmaßnahmen vorgenommen werden, auf nationaler, regionaler und lokaler Ebene ab dem 1. Januar 2012 eine Vorbildfunktion im Rahmen

dieser Richtlinie erfüllen. Die Mitgliedstaaten können unter anderem zulassen, dass diese Verpflichtung durch die Einhaltung von Normen für Nullenergiehäuser oder dadurch erfüllt wird, dass die Dächer öffentlicher oder gemischt privat und öffentlich genutzter Gebäude durch Dritte für Anlagen zur Erzeugung von Energie aus erneuerbaren Quellen genutzt werden.“

Abgesehen von dem daraus entstehenden Eindruck nur unvollständiger innerer Konsistenz der verschiedenen Vorschriften von Art. 13 Abs. 4 EE-RL wird einerseits deutlich, dass für die Strategie zur Steigerung der EE-Nutzung durchaus wechselseitige Bezüge zu Maßnahmen der Effizienzsteigerung anerkannt werden sollen. Andererseits fehlt es aber speziell im Kontext des dritten Unterabsatzes außerhalb des Teilbereiches Fernwärme / Fernkälte an konkreten Anknüpfungspunkten für die Absicht, Effizienzmaßnahmen gerade im Hinblick auf die Nutzungspflicht für EE ersatzweise anzuerkennen.

Von daher lässt sich eine ersatzweise Anerkennung von Effizienzmaßnahmen in den Bereichen Abwärme, KWK und Gebäude-Energieeffizienz nur unter dem Gesichtspunkt der Angemessenheit rechtfertigen – mit anderen Worten: Ersatzmaßnahmen dürfen (nur) anerkannt werden, wenn/soweit die Forderung nach einem Mindestmaß an EE-Nutzung nicht „angemessen“ (also unzumutbar) wäre. Lediglich für Fallgestaltungen, in denen die Angemessenheit nicht anzunehmen ist, wird man davon ausgehen können, dass es dem Gesetzgeber gestattet ist, geeignete Ausnahmen für Ersatzmaßnahmen vorzusehen.

Als nicht mehr angemessen im Sinne von unzumutbar kann die Forderung nach einem EE-Einsatz angesehen werden, soweit andere, gegenüber dem EE-Einsatz im Hinblick auf die Ziele der Treibhausgasreduktion wesentlich wirksamere Maßnahmen ergriffen werden, deren Wirtschaftlichkeit durch den zusätzlichen Pflichteinsatz von EE wesentlich herabgesetzt würde.

Konkret könnte einerseits daran gedacht werden, besondere Ausnahmetatbestände für die Anerkennung in Einzelfällen vorzusehen. Das hätte allerdings einen nicht unerheblichen Verwaltungsaufwand zur Folge. Andererseits dürfte es aber ebenso möglich sein, generelle Ausnahmeregelungen dadurch zu schaffen, dass die Anerkennung der betreffenden Ersatzmaßnahmen allgemein unter geeignete Voraussetzungen gestellt wird, in denen Fallgestaltungen fehlender Angemessenheit typisiert abgebildet werden.

Allgemein lässt sich somit an dieser Stelle schließen, dass die Spielräume für die Zulassung von Ersatzmaßnahmen der Optionen „Wärmedämmung“, „Kraft-Wärme-Kopplung“ und „Abwärme“ ab Ende 2014 erheblich geringer werden. Es sind deutlich strengere Maßstäbe anzulegen, die darauf hinauslaufen, dass diese Ersatzmaßnahmen nur noch in Ausnahmesituationen anerkannt werden können, in denen

die Forderung des Einsatzes erneuerbarer Energien für Wärme- und Kältezwecke in Ansehung der Richtlinienziele nicht zumutbar wäre.
Die daraus für die drei Optionen der Ersatzmaßnahmen zu ziehenden konkreten Folgerungen werden in den Einzelkapiteln zu den Handlungsempfehlungen für die einzelnen Technologien diskutiert (siehe unten, Kap. 10.4.5 bis 10.4.8).

10.3 Datenbeschaffung

Aufgrund des vielfach noch nicht umgesetzten Vollzugs zum EEWärmeG sowie der bestehenden Personal- und Kostenproblematik der Länder hinsichtlich der Auswertung und Prüfung der gemäß Gesetz durch den Bauherrn einzureichenden Unterlagen, besteht die Frage, wie seitens des Gesetzgebers die Wirkung des Gesetzes und damit die Erreichung der gesetzten Ziele überprüft werden kann. Im Laufe der dazu geführten Diskussionen wurde eine Reihe von Vorschlägen unterbreitet, wie bereits in Kapitel 3 aufgezeigt wurde. Darüber hinaus hat der Gesetzgeber bereits durch das „EAG EE“ eine Verpflichtung der Länder (§ 18a EEWärmeG) sowie eine Option, einheitliche Formulare für die bessere Auswertung der Daten vorzugeben, eingeführt.

Empfehlung: Direkte Datenabfrage bei den Verpflichteten über einen entsprechend erweiterten Erhebungsbogen für Bauanträge

Diese Form stellt den aus den Diskussionen mit den Ländern am ehesten realisierbaren Weg dar, um die notwendigen Informationen – wenn auch nicht in der aus Sicht der Forschungsnehmer gewünschten Tiefe – für die Weiterentwicklung des EEWärmeG hinsichtlich der Erreichung der Ziele zu erhalten.

Eine weitergehende Verpflichtung der Länder dürfte aus derzeitiger Sicht auf erheblichen Widerstand stoßen, wodurch die Datenermittlung weiterhin verzögert wird und nur eine Ausweichung auf andere statistische Daten und Verbändeangaben bleibt. Hieraus lässt sich aber nur schwerlich auf die genutzten Kombinationen von EE und Ersatzmaßnahmen schließen und damit nur unzureichend geeignete Anpassungsmaßnahmen am Gesetz erarbeiten.

Mittelfristig wäre darüber nachzudenken, ob es nicht sinnvoll wäre, die Datenlieferungsverpflichtungen aus EEWärmeG und EnEV z.B. im Gebäudeausweis zusammenzuführen, sofern der Vollzug sowie die Auswertung der Informationen sichergestellt werden kann.

Inzwischen wurde im Rahmen des Europarechtsanpassungsgesetzes Erneuerbare Energien auch das Hochbaustatistikgesetz mit Wirkung zum 01.01.2012 angepasst, sodass ab 2013 erweiterte Daten für den Neubau hieraus zur Verfügung stehen (vergl. Kap. 3.1). Es wird abzuwarten sein, ob die so generierten Daten für die Beurteilung der Wirksamkeit des Gesetzes genügen werden.

10.4 Technologiebezogene Handlungsempfehlungen

In diesem Kapitel werden technologiebezogene Handlungsempfehlungen zur Anpassung des EEWärmeG formuliert.

10.4.1 Solare Strahlungsenergie

Empfehlung Technologien: Kein Handlungsbedarf - Beibehaltung der verschiedenen Technologieoptionen zur Erfüllung der Nutzungspflicht

Generell sind zur Erfüllung der Nutzungspflicht durch solare Strahlungsenergie eine große Technologieviefalt sowohl bei den Kollektoren (Flachkollektoren, Vakuum-Röhrenkollektoren, Absorber etc.) als auch bei den Systemen (Heizungsunterstützung, Warmwasserbereitung, solare Kühlung etc.) möglich. Die Nutzungsheterogenität der verpflichteten Gebäude insbesondere im gewerblichen Bereich erfordert den Einsatz unterschiedlicher Systeme für die jeweiligen Bedarfe. Eine grundsätzliche Einschränkung auf bestimmte Systeme ist daher nicht sinnvoll. Hinsichtlich des Einsatzes der verschiedenen Technologieoptionen besteht daher kein Handlungsbedarf

Empfehlung Standards und Effizienz: Solar Keymark und Effizienzanforderung aus Marktanreizprogramm

Voraussetzung für die Anerkennung von Solarthermieanlagen bei der Nutzungspflicht ist das Qualitätszertifikat „Solar Keymark“. Diese Voraussetzung existiert seit Anfang an im EEWärmeG, wurde jedoch durch das „Europarechtsanpassungsgesetz Erneuerbarer Energien (EAG EE)“ auf solarthermische Anlagen mit Flüssigkeiten als Wärmeträger beschränkt. „Solar Keymark“ basiert auf dem internationalen Normenreihe DIN EN 12975 und DIN EN 12976 und ist das anerkannteste und verbreitetste europäisches Qualitätszertifikat. Von Seiten der Qualitätsanforderung besteht demnach kein Handlungsbedarf.

Jedoch ist die Qualitätsanforderung nicht mit Effizienzanforderung an die Kollektoren gleichzusetzen. Bisher bestand im Rahmen des Marktanreizprogramm (MAP) eine indirekte Effizienzanforderung durch den geforderten spezifischen Mindestkollektorertrag. Nach dem Wegfall der Förderung im MAP für den Neubau besteht möglicherweise weniger Anreiz für den Einbau von effizienteren – teureren – Kollektoren im Neubau. Handlungsbedarf wird daher darin gesehen, die Effizienzanforderungen des MAP für „abgedeckte“ Solarkollektoren ebenfalls im EEWärmeG aufzunehmen. Diese besteht derzeit in einem Mindestkollektorertrag unter Testbedingung von $Q_{kol} = 525 \text{ kWh/m}^2$. Diese Anforderung kann jedoch nicht an Absorber gestellt werden, deren Einsatz in Abhängigkeit der Nutzungsart des verpflichteten Gebäudes (z.B. Schwimmbad) als Erfüllungsoption sinnvoll sein kann (siehe oben).

Empfehlung Bezugsgrößen und Nachweisverfahren: Angleich von flächenbezogener Bezugsgröße und EnEV-Referenzgebäude

Derzeit sind im EEWärmeG zwei unterschiedliche Bezugsgrößen zum Nachweis der Nutzungspflichterfüllung zugelassen:

- Anteil am Wärme- und Kälteenergiebedarf
- Flächenbezogene Bezugsgröße (Verhältnis Aperturfläche zu Nutzfläche)

Die Bezugsgröße Wärme- und Kälteenergiebedarf berücksichtigt implizit den energetischen Zustand des Gebäudes sowie die Effizienz der solarthermischen Anlagen. So kann im Fall einer energetisch höher gedämmten Gebäudehülle und damit resultierendem niedrigeren Wärme- und Kälteenergiebedarf, der 15 %ige Mindestanteil mit einer kleineren Anlage erreicht werden. Auch beim Einsatz von beispielsweise Vakuum-Röhrenkollektoren anstelle von Flachkollektoren ist eine geringere Fläche zur Erfüllung des EEWärmeG nötig.

Die flächenbezogene Bezugsgröße hingegen berücksichtigt Gebäude- und Anlageneffizienz nicht und differenziert nur nach Gebäudegröße (Anzahl Wohneinheiten). Diese Bezugsgröße hat als vereinfachtes Nachweisverfahren jedoch seine Berechtigung. Bisher liegen keine belastbaren Daten vor, welches Verfahren vornehmlich zum Nachweis des EEWärmeG gewählt wird. Hinzu kommt, dass ein Nachweis der quantitativen Pflichterfüllung bisher auch gar nicht erbracht werden muss. Es ist jedoch zu vermuten, dass aus Praktikabilitätsgründen überwiegend das vereinfachte Verfahren angewendet wird. Handlungsbedarf ergibt sich aus der Inkonsistenz zwischen den Anforderungen der EnEV und des EEWärmeG: die resultierende Mindestgröße einer Solaranlage nach dem EEWärmeG ist mit der des Referenzgebäudes nach der Energieeinsparverordnung (EnEV) nicht vergleichbar. Die EnEV bezieht sich auf DIN 4701-10, in der nicht nach Gebäudegröße unterschieden wird, sondern nach Kollektorart⁷².

Das EEWärmeG bezieht sich an vielen Stellen auf die EnEV – Effizienzanforderung, Berechnung der Nutzfläche – setzt bei der Bestimmung der Mindestkollektorgröße jedoch eigene Maßstäbe für die Berechnungsweise, so dass das Referenzgebäude EnEV 2009 nicht den Anforderungen des EEWärmeG genügt und ein weiterer Planungs- bzw. Berechnungsaufwand erforderlich ist.

Abbildung 94 zeigt die Unterschiede zwischen EEWärmeG und EnEV Referenzgebäude am Beispiel eines Einfamilienhauses nach EnEV 2009 Standard. Damit wird deutlich, dass in der Regel mit den in der DIN 4701-10 (EnEV)

⁷² EEWärmeG: $A_c = 0,04 \cdot A_N$ für EFH und $A_c = 0,03 \cdot A_N$ für MFH. EnEV Referenzgebäude (DIN 4701-10): $A_c = 0,09 \cdot (A_N)^{0,8}$ für Flachkollektoren und $A_c = 0,066 \cdot (A_N)^{0,8}$ für Röhrenkollektoren (A_c = Aperturfläche, A_N = Gebäudenutzfläche)

angegebenen Referenzflächen für Solarkollektoren nicht ein 15-prozentiger Deckungsanteil erreicht werden kann.

Die Handlungsempfehlung bezüglich einer Anpassung von EnEV Referenzgebäude und flächenbezogenem Nachweisverfahren für solarthermische Anlagen im EEWärmeG besteht hingegen nicht darin, einen Angleich an die niedrigeren Referenzwerte vorzunehmen. Vielmehr sollte im Hinblick auf die Novellierung von EEWärmeG und EnEV für die Solarthermie eine gemeinsame Berechnungsweise festgelegt werden. Außerdem sollte die Solaranlage im EnEV-Referenzgebäude auf die Mindestfläche des EEWärmeG angehoben werden.

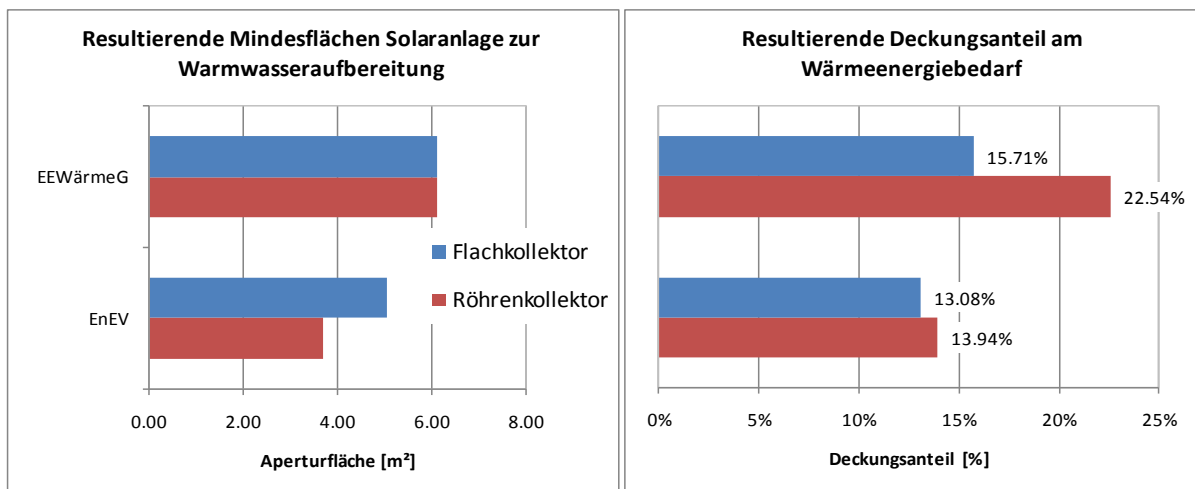


Abbildung 94: Mindestflächen und daraus resultierender Deckungsanteil am Wärmeenergiebedarf nach EEWärmeG und EnEV (am Beispiel eines EFH nach EnEV 2009, Wärmeenergiebedarf = 9.692 kWh/a, spezifischer Wärmeenergiebedarf = 72,9 kWh/(m²a))

[eigene Darstellung]

Empfehlung: Erhöhung des Mindestanteils zur Erfüllung des EEWärmeG (bei Verschärfung der EnEV)

Für die Anpassung des derzeitigen Mindestanteils von 15 % am Wärmeenergiebedarf lassen sich zwei Gründe aufzuführen:

Generell ist der Einbau von Kombianlagen zur (Heizungsunterstützung und Warmwasseraufbereitung) aus Klimaschutzsicht wünschenswert, da eine höhere Energieeinsparung und CO₂-Minderung erzielt werden kann. Jedoch weisen kleinere Anlagen zur Warmwasseraufbereitung aufgrund eines höheren spezifischen Solarertrages und weniger Peripheriebauteile eine höhere Wirtschaftlichkeit aus. Im Marktanzreizprogramm wurde dies teilweise durch unterschiedliche Förderhöhen adressiert. Durch den Wegfall der MAP Förderung im Neubau hat sich nunmehr der wirtschaftliche Nachteil von Kombianlagen gegenüber der solaren Warmwasseraufbereitung verstärkt. Durch eine Erhöhung des Mindestanteils könnte der

Einbau von Kombianlagen vorangetrieben bzw. als Standardtechnologie im Neubau etabliert werden.

Ein weiterer Grund für eine Anhebung des Mindestanteils könnte die Änderung der EnEV im Zuge der gegenwärtig diskutierten Novelle darstellen.. Maßgeblich hierfür wäre das Ausmaß der Erhöhung der energetischen Anforderung an die Gebäudehülle, mit dem der durchschnittliche Heizenergiebedarf im Neubau weiter sinken würde. Der Warmwasserbedarf ist davon jedoch weitgehend unabhängig, wodurch der Anteil des Endenergiebedarfs zur Warmwasserbereitung am gesamten Wärmeenergiebedarf zunimmt. Unabhängig vom ersten Argument - Eingrenzung der Förderung auf Anlagen mit Heizungsunterstützung – würde damit eine Verschärfung der EnEV bedeuten, dass mit der gleichen Anlagengrößen, die nach EnEV 2009 einen Deckungsanteil von 15 % erreicht, eine höhere Deckung am Wärmeenergiebedarf erzielt wird.

Fazit Handlungsempfehlung Solarthermie:

- Erhöhung des bisherigen Deckungsanteils von 15%, in Abhängigkeit der Novellierung der EnEV hinsichtlich der Gebäudehülle
- Anpassung der Berechnungsweise der Kollektor-Mindestfläche von EEWärmeG und EnEV-Referenzgebäude (ohne Absenken des Mindestanteils)
- Effizienzanforderung an Kollektoren nach MAP
- Effizienzanforderungen an Speicher/Verteilung

10.4.2 Biomasse

Die Biomasseressourcen in Deutschland sind begrenzt (besonders die zur Verfügung stehenden Flächen zum Energiepflanzenanbau). Die Nutzung sollte vornehmlich in der Bereitstellung von Nahrungsmitteln und Futtermitteln sowie Baustoffen und Grundstoffen für die chemische Industrie liegen. Zunehmende Relevanz liegt aber auch in der Strom- und Wärmeerzeugung sowie in der Kraftstoffnutzung. Aufgrund der Nutzungs-Konkurrenzsituation sollte Bioenergie in der effizientesten Art und Weise genutzt werden. Was gasförmige und flüssige Biomasse zur Zielerreichung im Wärmebereich beitragen könnten, fehlt also auf Grund der geringeren Substitutionswirkung und der möglichen Blockierung von Alternativen zur Zielerreichung in den anderen beiden Bereichen. Durch den ineffizienten Einsatz von Biomasse zur Erreichung der Ziele im Wärmebereich würde man die Erreichung der anderen Sektorziele und damit auch der Gesamtziele gefährden.

Anders als im Strom- oder Wärmesektor gibt es im Kraftstoffbereich zurzeit keine praxisnah realisierbare Alternative zum Einsatz von Bioenergie. Somit muss ein Teil des Bioenergiepotentials im Kraftstoffsektor eingesetzt werden.

Auch aufgrund vorhandener technischer Alternativen für Erneuerbarer Energien im Wärmesektor ist der direkte Einsatz von flüssiger oder gasförmiger Bioenergie zu Heizzwecken nicht empfehlenswert.

Insgesamt sollten aus ökologischen, technischen und Effizienzgründen Bioenergien prioritär in der KWK-Anwendung, sekundär im Kraftstoffsektor und somit nicht in der direkten Verbrennung genutzt werden (zur Begründung der Priorisierung siehe zusätzlich Unterkapitel gasförmige Biomasse) .

Der Einsatz speziell von fester Biomasse im Wärmebereich ist aber weiterhin als sinnvolle Nutzungsmöglichkeit einzuschätzen, da mit einem Einsatz dezentraler Heizungsanlagen eine ökologische und energieeffiziente Wärmebereitstellung im Einzelobjekt erfolgen kann.

Im Folgenden werden Handlungsempfehlungen, differenziert nach fester, flüssiger und gasförmiger Biomasse, dargestellt.

Feste Biomasse

Empfehlung: An den Stand der Technik angepasste zeitlich progressive Anhebung der Wirkungsgradanforderungen

Auch wenn die aktuellen Wirkungsgradanforderungen an die Feuerungsanlagen momentan noch ausreichend sind, so lassen sich in verschiedenen Marktübersichten von Biomassekessel doch bereits wesentlich effizientere Geräte im Markt finden. Seit 2009 sind verschiedene Biomasse-Brennwertgeräte am Markt erhältlich (insbesondere für die Verfeuerung von Pellets), die bereits heute Wirkungsgrade von über 96 % aufweisen. Deren weitere Verbreitung sollte angestrebt werden; ob Brennwertkessel jedoch direkt gefordert werden sollten, kann erst zukünftig aus Praxiserfahrungen abgeleitet werden.

Um generell die technische Entwicklung in diesem Bereich anzuregen, sollten die Wirkungsgradanforderungen perspektivisch auf 90 – 92 % angehoben werden (aktuell 86 – 88 %). Diese Erhöhung ist u.a. auch daher begründet, dass die Wirkungsgrade von Biomassekesseln stetig ansteigen (siehe dazu auch die historische Wirkungsgradentwicklung, dargestellt in Kapitel 5.2.1) und in den letzten 25 Jahren eine absolute Wirkungsgradsteigerung von etwa 30 % erreicht wurde. Somit würden sich diese verschärften Anforderungen nur an die realen Gegebenheiten anpassen.

In diesem Zusammenhang sollte auch eine nach Technologien differenzierte Anpassung der Anforderungen in Betracht gezogen werden. Je nach Biomasseart (Pellets, Hackschnitzel, Scheitholz) sind höhere Wirkungsgrade wesentlich einfacher zu realisieren; verschiedene Energieträger sollten aber nicht ausgegrenzt werden.

Empfehlung: Prüfen, ob die Emissionsgrenzwerte für Staub vorfristig ggü. den Regelungen der 1. BImSchV angehoben werden sollten.

Im Jahr 2015 werden die Immissionsschutzanforderungen an Feuerungsanlagen für feste Biomasse nach der 2. Intensivierungsstufe der 1. BImSchV angehoben. Durch eine Aufnahme strengerer Emissionsgrenzwerte (für Staub auf 0,015 g/m³ und für Kohlenstoffmonoxid (CO) auf 0,2 g/m³) in die betreffenden technischen Anforderungen des EEWärmeG können für die vom Gesetz erfassten Gebäude umweltpolitisch wünschenswerte Vorzieheffekte erzielt werden. Es ist aber anzumerken, dass Emissionsbeschränkungen primär im entsprechenden Fachrecht zu regeln ist, während eine Aufnahme dieser Thematik im EEWärmeG eher der Gesetzesharmonisierung dient.

Flüssige Biomasse

Keine Handlungsempfehlungen.

Gasförmige Biomasse

Empfehlung: Die Nutzung von Biogas ist auch zukünftig nur in KWK-Anlagen zulässig.

Die effizienteste Nutzung von Biogas ist die Verwendung in Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen. KWK-Anlagen sind primärenergetisch, ökologisch (CO₂-Emissionen pro kWh Energie) und flächenspezifisch (kWh pro Hektar Ackerfläche) die bessere Option als die Nutzung in Brennwertkesseln zu Heizzwecken. Daher ist aus ökologischen und energetischen Argumenten die Anwendung von Biogas in KWK-Anlagen anzustreben (geringste CO₂-Emissionen und Flächenbelegung pro Nutzenergie).

Eine Nutzung von Biogas in Brennwertkesseln wäre zudem im Vergleich zu den anderen EE-Maßnahmen (aufgrund der geringeren Investitionskosten) unverhältnismäßig günstiger und würde diese daher benachteiligen (Verdrängungswettbewerb zu Lasten anderer EE).

Zusätzlich müsste die Einhaltung dieser Maßnahme über einen längeren Zeitraum überprüft werden, da die Verbraucher jederzeit wieder auf die günstigere Versorgung mit Erdgas umstellen könnten (vermehrter Kontrollaufwand).

10.4.3 Tiefengeothermie

Keine Handlungsempfehlungen innerhalb des EEWärmeG.

Möglicher Forschungsbedarf zu Effizienz und Emissionen der Tiefengeothermie, um teils gegensätzliche Forschungsergebnisse zu validieren:

Mit Gesamtemissionen von Geothermie haben sich aktuell das Leipziger Institut für Energie gGmbH (IE), das GeoForschungsZentrum (GFZ) in Potsdam sowie das Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft (IUE) der Technischen Universität Hamburg-Harburg auseinandergesetzt. Aktuelle Literaturangaben verweisen zudem auf die gemeinsame Studie [Frick et al 2008] im Auftrag des Umweltbundesamts.

Seitens dem Umweltbundesamt wurde nun der Versuch unternommen, die wärmespezifischen Emissionen abzuschätzen. Unter Heranziehung dieser Werte – die auch seitens des UBA 2010⁷³ als lediglich grobe Einschätzung dargestellt werden, da jede Tiefengeothermieanlage eigene Charakteristika und damit andere Emissionswerte aufweist - und den Schadenskostenansätzen für Luftschadstoffe und Treibhausgase, zusammengestellt in ISI et al. 2010, würde die monetär ausgewiesene Umweltbelastung von Erdgas leicht weniger als die Tiefengeothermie, jeweils bezogen auf den gesamten Lebensweg, betragen. Dieser Vergleich bezieht sich auf den Brennstoffeinsatz inklusive aller Vorketten. Diese Gegenüberstellung berücksichtigt dabei nicht die vermiedenen Emissionen des KWK-Prozesses der Geothermieanlage oder eine Stromgutschrift, sondern es werden die Gesamtemissionen der Geothermieanlage lediglich nach dem Schema des UBA auf Strom- und Wärme aufgeteilt, so dass ein Vergleich der Nutzenergieemissionen möglich ist. Unter Berücksichtigung einer Gutschrift wird die Tiefengeothermie sicherlich immer deutlich bessere Werte vorweisen können.

Daher wird angeregt, zu den Emissionen der Tiefengeothermie weitere Untersuchungen anzustrengen und auf wissenschaftlicher Ebene eine Konvention zur Ermittlung der wärmeseitigen Emissionen (z.B. finnische Methode) zu finden. Bisherige Werte seitens UBA geben zwar eine erste Orientierungsgröße, doch scheint die hierbei verwendete Grundlage noch zu gering zu sein, um diese Werte als guten Durchschnittswert übernehmen zu können.

⁷³ Durchschnittswerte alter und neuer Technologien. Die Emissionen resultieren gemäß der Studie „Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger“ (Climate Change 12/2009) des Umweltbundesamtes vor allem aus dem Stromverbrauch der Anlagen für den Thermalwasser-, Kühl- und Konversionskreislauf, welcher unter anderem von der Förderrate und der Produktivität des Reservoirs, von dem Konversionsprozess, der Anlagengröße und der Wärmeauskopplung sowie von der Kühltechnologie abhängt. Die Emissionsfaktoren der geothermischen Stromerzeugung variieren daher beträchtlich. Als konservative Emissionsfaktoren verwendet das UBA hier Ökobilanzergebnisse für eine ORC-Modellanlage im Süddeutschen Molassebecken mit 3 MWel und 13 MWth angesetzt (Modellrechnung Frick et al. 2008). Der Modellfall geht von einer relativ hohen Wärmeerzeugung im Vergleich zur Stromerzeugung aus, so dass ein großer Teil (43 %) der Prozessemissionen hier der Wärme zugerechnet wird.

Aufgrund der derzeit vorliegenden Daten könnte es mittelfristig geboten sein für Tiefengeothermieanlagen Mindestanforderungen an Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionen einzuführen, die in der Summe jene moderner Erdgas-Brennwertkessel – in Bezug auf Emissionen pro kWh - deutlich unterschreiten. Dies kann vielleicht durch die Vorgabe einer gekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme sichergestellt werden.⁷⁴

10.4.4 Wärmepumpen

Empfehlung: Überprüfung der nach VDI 4650 berechneten JAZ nach einem Jahr durch einen unabhängigen Sachverständigen oder, wenn dies nicht möglich ist, durch den jeweiligen Fachhandwerker und Bauherrn.

Die Jahresarbeitszahl (JAZ) wird durch den Fachunternehmer nach der VDI-Richtlinie 4650 berechnet. Die Auswahl der richtigen Parameter, die der Berechnung zugrunde liegen ist jedoch zumindest teilweise Ermessenssache des Fachunternehmers und bietet einen großen Variationsspielraum. Durch eine geschickte Auswahl dieser Randparameter ist es möglich, Jahresarbeitszahlen zu errechnen, die einerseits den Vorgaben aus EEWärmeG bzw. MAP entsprechen, sich aber andererseits deutlich von der tatsächlich erreichbaren Arbeitszahl des betreffenden Gerätes unterscheiden können [TGA 2009].

Eine nachträgliche JAZ-Ermittlung anhand der gemessenen Werte eines Jahres, bevorzugt durch einen unabhängigen Sachverständigen, würde sicherlich im Vorfeld dämpfend auf die Motivationen zu Berechnungen überhöhter JAZ wirken und somit die Entscheidung hin zu effizienteren Anlagen positiv beeinflussen. Der Markteintritt ineffizienter Billigangebote würde effektiv erschwert werden.

Ist die Überprüfung durch einen externen Prüfer nicht realisierbar, wäre als abgeschwächte Form der Kontrolle eine Überprüfung durch den verantwortlichen Fachunternehmer oder den Bauherren selbst denkbar. Da der Fachunternehmer in diesem Fall davon ausgehen kann, dass seine Berechnung im Folgejahr von dem Bauherren anhand der realen JAZ bewertet wird, wäre seine Motivation, die JAZ möglichst realistisch im Voraus zu berechnen, zumindest in einem Teil der Fälle sicherlich größer, als wenn keine Nachkontrolle stattfinden würde. Die Wirkung würde sich allerdings nur dann entfalten, wenn der Bauherr nicht selbst Initiator der „geschönten“ JAZ-Berechnung gewesen ist.

Die Ausarbeitung möglicher Sanktionen für den Betrieb nachweislich ineffizienter Anlagen im Sinne des Gesetzes bzw. der Fördervorgaben, die durch eine sinnvolle

⁷⁴ Siehe "Bericht der Bundesregierung über ein Konzept zur Förderung, Entwicklung und Markteinführung von geothermischer Stromerzeugung und Wärmenutzung" vom 14.05.2009; Kapitel 6.1 sowie Frick, S., Kaltschmitt, M. (2009): Ökologische Aspekte einer geothermischen Stromerzeugung - Analyse und Bewertung der Umwelteffekte im Lebensweg. - Erdöl, Erdgas, Kohle, 125, 1, 37-42.

Anpassung der Parameter bei der Folgeprüfung hinsichtlich der JAZ nicht verbessert werden können, wäre in beiden Fällen allerdings unumgänglich.

Empfehlung: Garantierte JAZ

In Anlehnung an den Mustervertrag für Wärmepumpenanlagen des Bundesverbandes der Verbraucherzentralen [Verbraucherzentrale 2009] schlagen wir als Alternative zur vorherigen Empfehlung die Einführung einer verbindlichen Mindest-JAZ-Garantie vor, die der Fachunternehmer, welcher die Wärmepumpe installiert, dem Bauherren ausstellen muss. Da die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer WP, nach der sich ein Bauherr für eine WP-Anlage entscheidet, auf einer bestimmten JAZ basiert, sollte es aus Sicht des Installateurs keine nachvollziehbaren Gründe geben, diese von ihm berechnete Effizienz nicht zu garantieren. Lassen die Parameter des spezifischen Aufstellungsort keine präzise Aussagen zu, muss die zur Wirtschaftlichkeitsberechnung zugrunde gelegte JAZ-Berechnung dementsprechend niedrig angesetzt werden. Ob die Installation danach noch sinnvoll erscheint, können Installateur und Bauherr mithilfe der Garantieberechnungen auf einer belastbaren Zahlenbasis gemeinsam entscheiden. Sind die Parameter des Aufstellungsortes nicht ausreichend spezifizierbar, um eine Garantie ausstellen zu können, ist die Notwendigkeit für eine alternative Wärmeerzeugung gegeben.

Empfehlung: Anhebung der JAZ-Grenzwerte in Teilschritten

Zur Bewertung der Klimarelevanz von Wärmepumpen werden die JAZ in der Regel auf die CO₂-Äquivalente des deutschen Strommixes bezogen. Der zusätzliche Strombedarf einer jeden Wärmepumpe, die neu ans Netz geht, wird aber ausschließlich durch fossile Mittel- und Spitzenlastkraftwerke gedeckt, da

- a) der EEG-Ausbau unabhängig des Strombedarfs erfolgt und somit keine Effekte auf kurzfristige Steigerungen der Stromnachfrage erwirkt.
- b) der Stromeinkauf für Wärmepumpen auf Basis von standardisierten Lastfällen über OTC- und Futures-Märkte erfolgt und damit größtenteils fossil ist (Ausnahme Wasserkraft).

Eine verstärkte Stromnachfrage durch Wärmepumpen würde also zwangsläufig einen Ausbau von fossilen Mittel- und Spitzenlastkraftwerken, die in der Heizperiode verstärkt zum Einsatz kommen, erfordern. Sie würde sich negativ auf die Effizienzziele (Einsparung von Primärenergie und Reduzierung des Strombedarfs) auswirken und das Erreichen der Anteilsziele zu den Erneuerbaren Energien verlangsamen.

Geht man von einem CO₂-Faktor des Mittellastkraftwerksparks von 783 g/kWh, d.h. ohne Berücksichtigung des Anteils der regenerativen Energien im Stromnetz, aus, wäre bei einem Beispielhaushalt mit einem Wärmebedarf von 20.000 Kilowattstunden pro Jahr eine JAZ von 3,7 notwendig, um mit einem Gas-BWK auch

nur gleichzuziehen⁷⁵. Rechnet man Netzverluste von ca. 6% dazu, wäre hierfür sogar eine JAZ von 3,9 erforderlich^{76/77}. Wird weiterhin berücksichtigt, dass gemäß EEWärmeG bei reiner Gasversorgung der EnEV-Wert für das Gebäude um 15 % unterschritten werden muss, so ergeben sich bei sonst vergleichbaren Gebäuden für dasjenige mit Erdgas-BWK ein um mehr als 60% geringerer Wärmebedarf aufgrund der höheren Dämmung. Anhand der EFH-EnEV 2009-Beispielgebäude in Kapitel 7 müsste die JAZ der Wärmepumpe (ohne Berücksichtigung der Netzverluste) dann schon über 10 liegen, um emissionsseitig mit dem Gas-BWK auch nur annähernd gleichzuziehen. Oder aber der stromspezifische Emissionsfaktor muss (für eine JAZ von hier beispielsweise 3,5) auf etwa 75 g/kWh absinken. Ein für alle Energiequellen gleicher Dämmstandard von mindestens dem Passivhaus-Dämmstandard wäre sicherlich, auch angesichts der im Energiekonzept der Bundesregierung formulierten Ziele, der beste Weg.

Vor diesem Hintergrund empfehlen wir eine Überarbeitung der aktuellen Grenzwerte in Gesetz und MAP und eine schrittweise Anpassung der JAZ für alle elektrischen Wärmepumpentypen. Weiterhin empfehlen wir die Festlegung der Notwendigkeit der Überprüfung der JAZ-Grenzwerte im EEWärmeG spätestens alle zwei Jahre, um die Möglichkeit zu schaffen neue wissenschaftliche Erkenntnisse sowie den Abgleich mit dem technischen Fortschritt in festgelegten Zyklen in das Gesetz einfließen lassen zu können. Dies würde die Möglichkeit offen lassen, sich einer hohen JAZ, die ggf. aufgrund diverser Hemmnisse nicht unmittelbar in das Gesetz aufgenommen werden kann, sukzessive und wissenschaftlich begründet annähern zu können.

Empfehlung: Verstärkte Forschung zur Thematik „Wärmepumpen in Kombination mit einem aktiven Stromlastmanagement“

Die Idee, Leistungsspitzen, welche durch die fluktuierende Einspeisung Erneuerbarer Energien in regionalen Netzen auftreten, durch Wärmepumpen mit Pufferspeicher und Anbindung an ein Smart Grid aufzufangen und in Form von Wärmeenergie zu speichern, wird momentan in der Branche stark diskutiert. Der BWP rechnet in einem Positionspapier vor, dass Wärmepumpen bis 2020 schaltbare Lasten bis zu 4.400 MW zur Verfügung stellen könnten (bei angenommenen 1,2 Millionen installierten Geräten) [BWP 2010d]. Hinzu käme ein positiver Einfluss auf die Einsparung von Netzausbaukosten, da Wärmepumpen dezentral verteilt sind. Flankiert werden die Thesen von der Tatsache, dass Wärmepumpen (im Gegensatz zum viel diskutierten Speicher „Elektromobil“) bereits in großer Anzahl im Markt verfügbar sind und die notwendigen Investitionen überwiegend in den Ausbau des Smart Grid fließen könnten. Da Wärmepumpen ihre Hauptarbeit überwiegend zu Starkwindzeiten verrichten, würde ein Lastmanagement zur Verbesserung des CO₂-

⁷⁵ bei einem CO₂-Emissionsfaktor für Erdgas von 201 g/kWh

⁷⁶ bei einem angenommenen CO₂-Emissionsfaktor von 830 g/kWh

⁷⁷ Quelle aller Emissionsfaktoren [Seifried 2009]

Mixes des bezogenen Stromes führen. Besondere Tarife könnten den Betreibern u.U. einen kostengünstigen Wärmebezug ermöglichen.

Demgegenüber steht zunächst einmal, dass die angesprochene Problematik nennenswerter Überschüsse aus EE zum aktuellen Zeitpunkt nicht existiert⁷⁸. Zudem lässt der geplante Atomausstieg sowie das Stromeinsparziel von 10 % bis 2020 nach dem Energiekonzept der Bundesregierung [BMWi/BMU 2010] die Notwendigkeit, überschüssige elektrische Energie aus EE-Anlagen in Stromsenken zu verbrauchen, in noch weitere Ferne rücken. Problematisch ist hingegen bereits zum jetzigen Zeitpunkt, dass jede neue Wärmepumpe einen weiteren Verbraucher im Netz darstellt und, wie bereits weiter oben erläutert, die Stromnachfrage vergrößert. Dies steht den Einsparbemühungen im Sinne des Klimaschutzes und des Atomausstiegs entgegen. Würde man Strom aus EE-Anlagen vorrangig in Stromsenken wie Wärmepumpen leiten, würden die Verdrängungseffekte auf fossile und atomkraftbetriebene Kraftwerke nach dem EEG ohne Notwendigkeit abgeschwächt werden und dazu führen, dass konventionelle Kraftwerke länger als geplant am Netz bleiben. Hinzu käme, dass diese Lasten für Nicht-Überschusszeiten vorgehalten werden müssten, was wiederum einen verstärkten Ausbau von konventionellen Spitzenlastkraftwerken und einen damit verbundenen Anstieg der Energiekosten zur Folge hätte, der auf alle Verbraucher umgelegt werden müsste. Insbesondere zu diesem Punkt sehen wir noch großen Forschungsbedarf.

Ein weiteres Problem ist, dass bei der Umwandlung von wertvollem elektrischen Strom (aus Überproduktion erneuerbarer Energien) in thermische Energie zur Speicherung in Wärmepuffer ein exergetischer Verlust stattfindet. Denn im Vergleich zu den oben genannten Elektromobilen kann die gespeicherte Energie nicht mehr ins Stromnetz rückgespeist werden. Hinzu kommt, dass die durch das Lastmanagement notwendigen größeren Wärmepumpen-Pufferspeicher unmittelbaren negativen Einfluss auf die JAZ haben (Wärmeverluste, höhere notwendige Vorlauftemperatur etc.). Zudem sind Wärmepumpen, bei richtiger Planung, so ausgelegt, dass sie in der kalten Jahreszeit voll ausgelastet und rund um die Uhr in Betrieb sind; eine Schaltbarkeit ist also gerade zu Zeiten hoher Windstromanteile nicht mehr gegeben.

Zu den genannten Argumenten, zum Speicherpotenzial der Wärmepumpen und zu den technischen Möglichkeiten und Auswirkungen eines Lastmanagements sind weitere Studien und Abschätzungen durchzuführen. Ebenfalls sind u.E. grundlegende Untersuchungen notwendig, die die Auswirkungen eines verstärkten Wärmepumpen-Ausbaus auf die Stromnetze und die zukünftige Erzeugungslandschaft beleuchten.

⁷⁸ in 2011 gab es z.B. insgesamt nur 15 Stunden mit negativen Börsenpreisen im Day-Ahead-Markt [Quelle: www.epexspot.com]

Empfehlung: Mittelfristige Vorgabe einer einheitlichen JAZ für alle Wärmepumpentypen

Die Verwendung unterschiedlicher JAZ für die verschiedenen Elektro-Wärmepumpen-Technologien ist im Hinblick auf die Klimaschutzziele der Bundesregierung aus wissenschaftlicher Sicht nicht zu begründen, da für den bezogenen Strom bei allen Wärmepumpentypen unabhängig von der Wärmequelle derselbe CO₂-Faktor herangezogen werden muss. Legt man sich aus Klimaschutzgründen auf einen bestimmten JAZ-Grenzwert fest, muss dieser daher zwangsläufig für alle elektrischen Wärmepumpentypen gelten. Für die Förderung im MAP stellt sich zudem die Frage, warum Wärmepumpen, die aufgrund von speziellen Stromtarifen der EVU bereits jetzt wirtschaftlich betrieben werden können, eine zusätzliche Förderung erhalten sollen, wenn sie nicht besonders effizient sind. Hier muss die Effizienzgrenze deutlich nach oben angepasst werden. Vor diesem Hintergrund ist die zwischenzeitliche Herabsetzung der JAZ-Werte sowie die generelle Begünstigung der Luft/Wasser-Wärmepumpen in Form eines niedrigeren JAZ-Grenzwertes in der BAfA-Förderung für uns nicht nachvollziehbar.

Bleibt die Frage nach den Möglichkeiten der technischen Realisierbarkeit weiterer Effizienzsteigerungen im Bereich der Luft-Wasser-Wärmepumpen insbesondere beim Einsatz im Altbau. Ein momentan in der Schweiz durchgeführtes Forschungsprojekt zeigt ein Entwicklungspotenzial bis zu einer JAZ von 4,9 bei Luft-Wasser-Wärmepumpen im Altbau durch Optimierung einzelner technischer Bauteile wie Verdampfer, Verdichter, Wärmetauscher etc. [TGA 2010]. Die Umsetzung solcher Innovationsvorschläge in serienreife Produkte lässt sich allerdings nur mit einem verstärkten Entwicklungsaufwand realisieren. Umso mehr sind starke Anreize für Hersteller notwendig, um noch intensiver in die Effizienz ihrer Produkte zu investieren. Eine einheitliche JAZ für alle elektrischen Wärmepumpen könnte ein solcher Anreiz sein. Auch hier empfiehlt sich ein sukzessives Vorgehen bei der Angleichung der Grenzwerte.

Empfehlung: Orientierung an der Leistungszahl zur Pflichterfüllung bei monovalentem Betrieb

Von allen Wärmepumpenbetriebsarten erreicht der monovalente Betrieb die besten JAZ, da hierbei in der Regel sowohl Wärmepumpe und Peripherie optimal ausgelegt sind als auch das betreffende Gebäude energetisch optimiert ist (keine oder sinnvoll dimensionierte kleine Speicher, isolierte Rohrleitungen, Flächenheizung, gedämmte Gebäudehülle etc.). Gleichzeitig lasten monovalent betriebene Anlagen das Stromnetz gleichmäßiger aus. Aufgrund der aufwendigeren Planung und der Verwendung hochwertiger Komponenten sind die Investitionskosten allerdings meist höher als bei bivalenten Systemen mit vergleichbarer Heizleistung.

Als Anreiz für eine Entscheidung für eine monovalente Betriebsweise könnte sich eine vereinfachte Effizienzbewertung anhand des COP zur Pflichterfüllung im EEWärmeG als sinnvoll erweisen. Allerdings sollte auch hierbei auf einen einheitlichen Wert für alle Wärmepumpentypen geachtet werden, damit z.B. dem Einsatz überdimensionierter Luft-Wasser-Wärmepumpen entgegengewirkt wird. Es müsste eine einmalige Überprüfung durch einen Sachverständigen stattfinden, die bestätigt, dass die Anlage in der Tat monovalent betrieben wird und auch nicht anders betrieben werden kann.

Eine generelle Orientierung an der Leistungszahl anstelle der bisherigen Jahresarbeitszahl zur Pflichterfüllung im EEWärmeG kann jedoch nicht empfohlen werden.

Empfehlung: Im EEWärmeG nur Wärmepumpen in Kombination mit Flächenheizung und hohem Dämmstandard anerkennen:

Je höher die Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Heizkreis ausfällt umso kleiner ist die JAZ der installierten Wärmepumpe. Eine klimafreundliche JAZ wird daher in der Regel nur beim Einsatz einer Flächenheizung und einem hohen Dämmstandard erreicht. Sollte sich die nachträgliche Überprüfung (siehe Punkt 1) als nicht durchführbar erweisen, könnte ein Grenzwert für die Vorlauftemperatur zur Erfüllung der Pflicht nach §3 Abs. 1 die Möglichkeiten für den Fachunternehmer, unrealistisch hohe JAZ berechnen zu können, eindämmen. Dies könnte durch eine vorgeschriebene Optimierung der Heizkurven nach einem Jahr unterstützt werden, denn auch inkonstante Vorlauftemperaturen wirken sich negativ auf die JAZ aus. (Dies könnte im Zusammenhang mit der unter 0 genannten Informationspflicht der am Bau beteiligten Personen/Unternehmen wahrgenommen werden).

Empfehlung: Einbau eines Displays zur Echtzeit-Anzeige der Arbeitszahl

Das geltende EEWärmeG befreit Betreiber einer Anlage mit einer Vorlauftemperatur von max. 35°C vom Einbau von Wärmemengen- und Stromzähler, die zur Berechnung der realen JAZ notwendig sind. Dies halten wird für bedenklich, da auf diese Weise eine Effizienzüberprüfung der Anlage im laufenden Betrieb nicht zu realisieren ist. Insbesondere die Auswirkungen einer ineffizienten Betriebsweise trotz korrekter Auslegung des Gesamtsystems kann ohne die genannten Zähler nur indirekt über die Temperaturanzeigen des Systems erfasst werden.

Wir befürworten im Gegenteil eine unmittelbare Anzeige der Arbeitszahl (AZ) auf einem speziellen Display der Anlage für alle Wärmepumpen-Typen, wie es z.B. aktuell von der Fa. Waterkotte für deren Erd-Wärmepumpe angeboten wird (Quelle s. unten). Das Echtzeit-Feedback-System sollte die Daten aus Wärmemengen- und Stromzähler auslesen und daraus die momentane AZ der Anlage berechnen und

visualisieren können. Wird ein zusätzlicher elektrischer Heizstab eingesetzt, sollte dessen Verbrauch zwingend in die Berechnungen einfließen.

Die Effizienz der Wärmepumpen-Anlage könnte somit im laufenden Betrieb überwacht, Korrekturen an der Betriebsweise unmittelbar überprüft werden. Sinnvollerweise sollten die Messdaten über längere Zeiträume gespeichert werden, sodass Jahresbilanzen ((Kalender-) Jahresscheiben) und -vergleiche möglich wären. Die bisherige umständliche Berechnung der JAZ durch den Betreiber der Anlage selbst, die immer auch ein gewisses Eigenengagement voraussetzt und fehleranfälliger ist, wäre damit hinfällig.

Für diese mittelfristig umsetzbare technische Neuerung wären gezielte Entwicklungsanreize für die Industrie notwendig, die, wenn nicht im Gesetz verankerbar, z.B. im Rahmen der Förderprogramme forciert werden könnten.

Exkurs: Grundsatzdiskussion

Wir möchten an dieser Stelle die grundlegende Diskussion eröffnen, ob WP als gleichwertige EE zu den anderen im Gesetz genannten Technologien anerkannt werden sollten. Nach der Anlage „Anforderungen an die Nutzung von Erneuerbaren Energie und Ersatzmaßnahmen“ Punkt III. des EEWärmeG werden WP als Erfüllung der Pflicht nach §3 anerkannt, sofern sie eine bestimmte Effizienz (JAZ) überschreiten. Die Diskussion um eine sinnvolle Effizienzgrenze ist u. E. n. noch nicht zu Ende diskutiert, soll aber an dieser Stelle nicht weiter vertieft werden. Wir möchten auf die Tatsache hinweisen, dass selbst wenn durch eine hohe WP-Effizienz eine primärenergetische Einsparung stattfinden würde, mit jeder neuen WP die Stromnachfrage steigt, was weitere Effekt zur Folge hat, welche dem Klimaschutz entgegen stehen und daher WP nicht alleine primärenergetisch betrachtet werden dürfen. Insbesondere ein verstärkter Ausbau von WP und die damit verbundene und zum aktuellen Zeitpunkt nur sehr schwer einschätzbare Steigerung der Lastnachfrage macht uns Bedenken. Denn eine Steigerung der Nachfrage in der kalten Jahreszeit bedingt eine Lastvorhaltung in den heizfreien Tagen, also einen weiteren Ausbau von Kraftwerkskapazität, der im Sommer nicht benötigt und daher zu weiteren Energiepreissteigerungen führen wird. Es kann zudem davon ausgegangen werden, dass nicht-ausgelastete Kraftwerke den EVU nur wenig Anreize zur Forcierung ihrer Energieeinsparbemühungen liefern werden.

Aus diesem Grund empfehlen wir die Aufnahme eines Passus in das Gesetz, der einem WP-Einbau immer eine Prüfung von alternativen Heizsystemen voraussetzt. Konkret sollten WP nur anerkannt werden,

wenn eine Anbindung an Gas- sowie Nah- oder Fernwärmenetze nicht gegeben oder nur unter einem hohem Kostenaufwand realisierbar ist und andere EE-Alternativen nicht zur Verfügung stehen.

10.4.5 Abwärme

Empfehlung: Entfallen der Anerkennung für die Abwärmenutzung durch raumluftechnische Anlagen mit Wärmerückgewinnung

Auf Grund des EEWärmeG können keine wesentlichen zusätzlichen Wirkungen für den Einsatz von Wärmerückgewinnungsanlagen in raumluftechnischen Systemen erwartet werden, weil solche Anlagen künftig zum Standard in Gebäuden gehören werden, in denen Lüftungssysteme zum Einsatz kommen. Die Anerkennung als Ersatzmaßnahme im Kontext des EEWärmeG würde deshalb nur im sehr eingeschränkten Maße zu spezifischen klimapolitischen Zusatznutzen gegenüber der EnEV führen.

Vor diesem Hintergrund wäre eine Anerkennung der „schlichten“ Wärmerückgewinnung aus raumluftechnischen Anlagen über den Zeitraum bis 2014 hinaus mit den Anforderungen aus Art. 13 Abs. 4 Unterabs. 3 der EE-Richtlinie unvereinbar.

Insbesondere die Effizienzanforderungen der EnEV haben eine (ausreichend) hohe Anreizwirkung für raumluftechnische Anlagen mit Wärmerückgewinnung. Unter bestimmten Voraussetzungen wird beim Einbau einer raumluftechnischen Anlage nach EnEV sogar eine Wärmerückgewinnung vorgeschrieben. Konkret ist das der Fall bei RLT-Anlagen mit mindestens 4.000 m³/h Nennvolumenstrom, also bei einer angenommenen lichten Raumhöhe von 2,5 m und einem hygienischen Mindestluftwechsel von 1 – 1,5, eher größeren Gebäuden mit 1.000 - 2.500 m². In solchen Fällen muss die Wärmerückgewinnung einen minimalen Wärmerückgewinnungsgrad aufweisen, der an die DIN EN 13053 angelehnt ist und bei Gebäuden mit 2.000 bis 6.000 Betriebsstunden pro Jahr, zwischen 40 und 63 % liegt. Auch wenn also nur ein eher geringer Teil der Neubauten von dieser Anforderung betroffen ist und der Wärmerückgewinnungsgrad nicht die Anforderungen der EEWärmeG-Ersatzmaßnahme erfüllt (70 %), so ist dies doch ein starker Treiber für diese Technologie. Insbesondere bei den größeren Gebäuden (Nichtwohngebäude und große Mehrfamilienhäuser) scheint diese Anforderung bereits erhebliche Wirkung erzielt zu haben. Bei neu errichteten Gebäuden (sowohl Wohn- als auch Nichtwohngebäude) liegt der Anteil der Gebäude mit Wärmerückgewinnung bereits bei über 35 %.

Die immer höheren Anforderungen an die Gebäudehülle und die damit verbundene Reduzierung des Transmissionswärmeverlustes bei gleichbleibenden Anforderungen an einen minimalen hygienischen Luftwechsel im Gebäude bringen es mit sich, dass die Lüftungswärmeverluste den größten Anteil der Wärmeverluste insgesamt

ausmachen. Folglich bieten sie auch das anteilig größte Potenzial zur weiteren Energieeinsparung; der Deckungsanteil einer effizienten WRG-Anlage am Wärmebedarf eines Gebäudes kann bei etwa 50 % liegen. Auf Grund der steigenden Anforderungen zur Senkung des Primärenergiebedarfs, die nicht nur die Transmissionswärmeverluste berücksichtigen, sondern alle Energieverluste im Gebäude, kann davon ausgegangen werden, dass WRG-Anlagen mittelfristig zwangsläufig zur Grundvoraussetzung werden, um die ansteigenden Effizienzanforderungen an Gebäude einzuhalten.

10.4.6 Dezentrale Kraft-Wärme-Kopplung

Empfehlung: Vorläufige Beibehaltung der bestehenden Regelungen

Die dezentrale Kraft-Wärme-Koppelung (Mikro- und Mini-KWK) wird im EFH und MFH bislang nur im geringen Umfang eingesetzt. Die Technologie befindet sich für kleinere Anlagen am Anfang der Marktdurchdringungsphase und je nach Politikausgestaltung ist fraglich, ob sie sich weiter etablieren und entwickeln kann.⁷⁹

Art. 13 Abs. 4 Unterabs. 3 der EE-RL fordert für die Option des Bezugs von Fernwärme ab Ende 2014 ausdrücklich, dass ein bedeutender Anteil der Fernwärme aus erneuerbaren Energiequellen stammen muss. Daher liegt es nahe, auch für die dezentrale KWK entsprechend vorzugehen und einen bedeutenden EE-Anteil zu verlangen. Ausdrücklich gefordert wird das in der EE-RL allerdings nicht.

In Ansehung der durch die KWK-Richtlinie der EU ausdrücklich angestrebten Förderung der KWK-Nutzung wird es im Forschungsteam für vertretbar gehalten, vorerst auf die Forderung nach einem anteiligen Einsatz von EE im Rahmen der Ersatzmaßnahme KWK zu verzichten. Maßstab für die Vereinbarkeit mit Art. 13 Abs. 4 Unterabs. 3 der EE-RL ist, ob es den Betroffenen zugemutet werden kann, anteilig EE einzusetzen. Die Forderung nach einem anteiligen Einsatz von EE würde die Betriebskosten der Anlagen erhöhen. Da derartige Anlagen auf dem gegenwärtigen Entwicklungsstand im Vergleich zu konventionellen Wärmetechnologien allgemein noch nicht die Wirtschaftlichkeitsschwelle erreicht haben⁸⁰, würde eine Forderung, die zu zusätzlichen laufenden Kosten führt, die europarechtlich gewollte Marktdurchdringung erschweren. Zum Ausgleich bedürfte es wiederum staatlicher Förderung.

Praktisch würde eine Forderung nach anteiligem EE-Einsatz darauf hinauslaufen, Biogas oder flüssige Biomasse nutzen zu müssen. Allerdings sind die Umweltwirkungen bei Einsatz von Biogas (zumindest in größeren BHKW aufgrund

⁷⁹ Interview in 2010 mit KWK Herstellern

⁸⁰ Die Wirtschaftlichkeitsberechnung in diesem Bericht (Kap. 7) berücksichtigt bei KWK die Minderinvestitionen in die Gebäudehülle, da aufgrund der Vorgaben der EnEV 2009 und des EEWärmeG hier eine geringere Dämmung erforderlich ist. Dadurch vermindern sich die gesamten Investitionskosten. Ohne Gutschrift der geringeren Dämmungskosten würde KWK eine vergleichsweise teure Technologie darstellen.

des relativ hohen Methanausstoßes im Vergleich zur Erdgasbrennwerttechnologie) nicht zwangsläufig positiv (siehe hierzu die Ausführungen in den Handlungsempfehlungen zu Biogas, Kap. 0). Bei Einführung modernster Technologie lassen sich Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen durch Mikro -KWK-Anlagen im Vergleich zu einer Erdgas-Brennwert-Option deutlich vermindern (siehe hierzu Kurzgutachten: Einsatz von Biogas in Brennwertthermen zur Nutzungspflichterfüllung im Rahmen des EEWärmeG, Ecofys et al. 2012). Von daher wird empfohlen, die Methanemissionen dezentraler KWK-Anlagen einer systematischen Betrachtung zuzuführen und erforderlichenfalls an geeigneter Stelle (wohl im Immissionsschutzrecht) Anforderungen zur Emissionsbegrenzung aufzustellen.

10.4.7 Maßnahmen zur Einsparung von Energie

Empfehlung: Die Anforderungen an diese Ersatzmaßnahme werden schrittweise deutlich erhöht. Bemessungsgrundlage sollte ein allein auf die Gebäudehülle bezogener Wert sein, solange noch kein einheitlicher Standard für die Definition von „Niedrigstenergiegebäuden“⁸¹ vorliegt.

Aktuell sieht diese Ersatzmaßnahme noch eine Unterschreitung der EnEV-Anforderungen an den Jahres-Primärenergiebedarf und die jeweiligen für das konkrete Gebäude zu erfüllenden Anforderungen an die Wärmedämmung der Gebäudehülle zu jeweils 15 % vor. Diese Anforderungen können über 2014 hinaus nicht aufrecht erhalten bleiben, weil das mit Art. 13 Abs. 4 Unterabs. 3 der EE-Richtlinie nicht zu vereinbaren wäre. Als zulässige Ersatzmaßnahmen können im Neubaubereich dann (ab 2015) nur noch Maßnahmen angesehen werden, die anerkannt werden müssen, weil die Forderung nach einem EE-Einsatz unangemessen (unverhältnismäßig) wäre. Davon dürfte allgemein ausgegangen werden können, wenn das Gebäude auch ohne den Einsatz von EE einem „Fast-Nullenergie-Gebäude“ entspricht, wie es die Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (GEEG-RL) für Neubauten grundsätzlich ab 2021 verlangt. Da der Standard eines „Fast-Nullenergie-Gebäudes“ bislang nicht definiert ist und hierfür nach der GEEG-Richtlinie angenommen wird, dass die benötigte Restenergie zu wesentlichen Teilen aus EE stammt, wird hier empfohlen, einen anspruchsvollen Mindeststandard vorzugeben, der sich ausschließlich auf die Wärmeverlusteigenschaften des Gebäudes (insbesondere also die Wärmedämmung; ggf. unter Einschluss der Lüftungsverluste) bezieht und im Ergebnis einem Passivhausstandard nahe kommt.

Soweit ein Einsatz von Erneuerbaren Energien nicht sinnvoll ist, könnte der tatsächliche Wärme- und Kälteenergiebedarf als Bemessungsgröße zugrunde gelegt werden. Auf diese Weise lässt sich der resultierende Primärenergiebedarf erheblich senken, ohne hierbei eine Berechnung des Primärenergiebedarfs vornehmen und dazu die Art des eingesetzten Energieträgers berücksichtigen zu müssen.

Ein progressiver Anstieg der Anforderungen für die Zeitpunkte 2013 sowie 2015 erscheint wegen den neuen Anforderungen der EnEV 2012 sowie den Vorgaben der EE-Richtlinie dabei als sinnvoll.

⁸¹ Dies ist die deutsche Übersetzung des „nearly-zero energy building“ der novellierten Gebäudeenergieeffizienzrichtlinie.

10.4.8 Wärmenetze

Erhöhung des Anteils an KWK im Wärmenetz auf 70 % sowie Vorgabe eines Anteils von Erneuerbaren Energien von 20 %, beides bezogen auf den gesamten Wärme- und Kältebedarf des Gebäudes. (entsprechend Anpassung zu KWK, § 7, Abs.1, Nr.1b)

Der Anteil der industriellen Abwärme von 50 % kann in Verbindung mit 20 % EE beibehalten werden.

Die Kombination von KWK und Abwärme in Anhang VIII, Nr. 1d sollte ebenfalls 20 % EE enthalten sowie die (zwangsläufige) Vorgabe von 70 % für Abwärme/KWK.

Überlegungen zum Anteil KWK:

Der derzeitige Anteil von Wärme aus KWK-Anlagen in Wärmenetzen liegt nach Angaben der AGFW und des StaBA bei rund 70 %. Dieser Wert sollte daher auch die Minimalgrundlage innerhalb der Vorgabe in Anhang VIII, Abs.1, c) darstellen.

Aus den Ergebnissen der 2. Befragungsrunde bei Wärmenetzbetreibern kann abgeleitet werden, dass gut die Hälfte der Wärmenetzbetreiber die 70 %-Vorgabe unter dem Hocheffizienzkriterium einhalten würden.

Überlegungen zum Anteil erneuerbarer Energien:

In der maßgebenden Vorschrift Art. 13 Abs. 4 Unterabs. 3 der EE-EU-Richtlinie 2009/28/EG heißt es:

„Bis spätestens zum 31. Dezember 2014 schreiben die Mitgliedstaaten in ihren Bauvorschriften und Regelwerken oder auf andere Weise mit vergleichbarem Ergebnis, sofern angemessen, vor, dass in neuen Gebäuden und in bestehenden Gebäuden, an denen größere Renovierungsarbeiten vorgenommen werden, ein Mindestmaß an Energie aus erneuerbaren Quellen genutzt wird. Die Mitgliedstaaten gestatten, dass diese Mindestanforderungen unter anderem durch Fernwärme und Fernkälte erfüllt werden, die zu einem bedeutenden Anteil aus erneuerbaren Quellen erzeugt werden.“

Aus dem letzten Satz lässt sich ableiten, dass eine Anerkennung von Fernwärme/-kälte in dem nationalen Regelungssystem grundsätzlich nur noch zulässig sein soll, wenn ein „bedeutender Anteil“ aus EE stammt.

Als ein bedeutender Anteil ist ein Wert zu wählen, der einerseits unterhalb der Anteile gemäß EEWärmeG Anhang VIII, Abs. 1, Nr. a) liegt, da Fernwärme bzw. -kälte mit Abwärme bzw. hocheffizienter KWK sonst keine Alternative darstellen. Er sollte aber auch nicht zu gering festgelegt werden, um die eigentlichen Ziele der Treibhausgasminderung auch bei einem maximalen Einsatz fossiler Energieträger nicht zu verfehlen.

Für die Findung eines geeigneten EE-Anteils ist zu berücksichtigen, dass gegenüber einer dezentralen Wärmeerzeugung bei Wärmenetzen auch noch Wärmeverluste durch den Transport erfolgen. Auf Grundlage des AGFW-Hauptberichts 2007 (S. 11) werden die Verluste mit 12 % abgeschätzt.

Hinsichtlich der CO₂-Einsparung gegenüber einer getrennten Erzeugung spielt zudem der eingesetzte Brennstoff eine Rolle. Vereinfacht wird hier ein Mittelwert zwischen Kohle und Erdgas für die Wärmeerzeugung gewählt.

Durchschnittliche Erzeugungsverluste sowie Stromkennzahlen wurden gemäß AGFW übernommen.

Ein Anteil von rund 15 % EE wird (bei sonst 50% KWK und 35 % Kesselinsatz fossil) als ausreichend angesehen, um auf Basis der Emissionen einen leichten Vorteil gegenüber der getrennten Erzeugung (bei Berücksichtigung der Transportverluste) zu erhalten.

Unter Berücksichtigung des abgeleiteten KWK-Anteils von 70 % würden sogar 10 % an Erneuerbaren Energien bei Verwendung der hier unterstellten Werte ausreichen, um (bei gleichem Nutzwärmebedarf und bei unterstellten 12 % Transportverlusten) gegenüber einer getrennten Erzeugung hinsichtlich Emissionen in etwa gleich zu ziehen. Hierbei wird unterstellt, dass die übrigen 20 % durch fossil befeuerte Kesselanlagen des gleichen Brennstoffs bereitgestellt werden.

Sinnvoll ist es jedoch, den PE-Vorteil von 10 %, wie er seitens der EU für KWK mittlerer und hoher Leistungsklassen gefordert wird, auch in diesem Zusammenhang einzufordern. Unter Berücksichtigung der Netzverluste und eines KWK-Anteils von 70 % bedeutet dies einen EE-Anteil von rund 20 %.

Diesen Wert von 20 % können nach den Ergebnissen der 2. Umfrage etwa ein Siebtel der Netze einhalten.

Lediglich 1 % der Wärmemenge aus der stichprobenartigen Befragung von Wärmenetzbetreibern könnte unter den geänderten Voraussetzungen von 70 % KWK und 20 % EE-Mindestanteil (davon auch Anteile KWK) das EEWärmeG einhalten. Es handelt sich in etwa bei der Hälfte davon um Netze, worin eine Müllheizkraftwerk zur Verwertung von kommunalem Abfall integriert ist. Doch auch bei einem Anteil von nur 5 % EE als Vorgabe – was gegenüber den Erwartungen der EU deutlich zu niedrig wäre – könnte nur etwa 7 % der Wärme aus den betrachteten Wärmenetzen genutzt werden.

Um die Vorgaben der EU-Kommission zu erfüllen, gleichzeitig aber den Netzbetreibern ausreichend Gelegenheit zu geben, ihre Netze – so sie es wünschen

– auf die neuen Gegebenheiten anzupassen, sollte ein Mindestanteil von 20 % EE erst für Neubauten ab frühestens 01.01.2015 gelten.

Empfehlung: Vorgabe eines Effizienzwerts für Wärme-/Kältenetze von mindestens 85 % (Anteil verkaufte Wärme/Kälte zu Wärme-/Kälteeinspeisung in das Netz)

Die Ergebnisse der zweiten Umfrage bei Wärmenetzbetreibern offenbaren, dass die Wärmeverluste teils erheblich sind. Extremwerte erreichen 30 % Differenz und mehr zwischen eingespeister und verkaufter Wärmemenge. Da dies die Effizienz der KWK-Anlagen wieder aufzehrt, sollte dem Netz nur eingeschränkt Verluste zugestanden werden.

Als Grundlage für die Ermittlung kann die verkaufte Wärme (Kundenrechnungen) zur eingespeisten Wärme (Erfassung bei den Erzeugungsanlagen oder Hochrechnung aufgrund des Brennstoffeinsatzes gemäß der Buchführung) ins Verhältnis gesetzt werden. Eigenverbrauch zu Heiz- und Kühlzwecken ist dabei entsprechend zu berücksichtigen.

Eine technische Vorgabe wäre aufgrund des einmaligen Nachweises sicherlich praktischer, jedoch sagt sie noch nichts über die tatsächlichen Netzverluste aus. Wärmelecks, welche vielleicht aus wirtschaftlichen Gründen nicht zeitnah geschlossen werden, führen letztendlich zu einer ineffizienten Verwertung der Energieträger, die auch durch ein gut gedämmtes restliches Netz nicht wieder kompensiert werden können. Hinsichtlich der Umsetzung in der Praxis ist weiterhin zu berücksichtigen, dass dem Verpflichteten im Rahmen des EEWärmeG hierdurch kein Schaden entsteht, dass er den Angaben des Netzbetreibers bzgl. der Einhaltung der Gesetzesvorgaben vertraute. Daher scheint es – lediglich aus praktischen Gründen und zur Aufwandsminimierung – auch ein geeigneter Weg zu sein, dass bei Einhaltung von technisch anspruchsvollen Dämmstandards der Fern-/Nahwärmenetzrohre für das gesamte Netz keine weiteren Nachweise mehr notwendig sind. Für neue Netze könnte die Anforderung ggf. früher gestellt werden als bei vorhandenen Netzen; dort könnten ggf. Übergangsfristen eingeführt werden.

10.4.9 Prozesswärme und Kälte

Empfehlung: Einführung einer Prüfpflicht zum möglichen Einsatz Erneuerbarer Energien in der Industrie.

Die TA Luft enthält bereits eine Prüfpflicht zur Nutzung von Abwärme. Diese Prüfpflicht könnte auf einen möglichen Einsatz Erneuerbarer Energien ausgeweitet werden. Diese Handlungsempfehlung wäre aber außerhalb des EEWärmeG angesiedelt, da sie in einem solchen Fall im BImSchG bzw. in der TA-Luft geregelt werden sollte.

10.4.10 Ergänzende Empfehlungen zum Zusammenspiel mit der EnEV Hoher Dämmstandard als ein wichtiger Beitrag zur Minderung des Energieeinsatzes und zur Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien

Um die gesetzten Klimaschutzziele im Gebäudebereich erreichen zu können, bedarf es einer in sich abgestimmten Strategie, die sowohl auf eine erhebliche Verbesserung der Energieeffizienz als auch auf einen verstärkten Einsatz Erneuerbarer Energien für Zwecke der Gebäudewärme (und -kälte) setzt. Wenn entsprechend den Zielen der deutschen und europäischen Klimaschutzpolitik Pflichtanteile für den Einsatz der EE zu Wärmezwecken festgelegt werden und ein dynamischer Prozess der Anteilssteigerung stattfinden soll, so setzt dies voraus, dass es auch hinsichtlich der wärmetechnischen Mindeststandards für die Gebäudehülle eine entsprechende „Aufwärtsentwicklung“ gibt. Eine solche ist auch in den Vorgaben der GEEG-Richtlinie angelegt, die ab 2021 allgemein den Stand von „Fast-Nullenergie-Gebäuden“ verlangt.

Die Auswertung der gewählten Maßnahmen auf Basis der vorliegenden Statistiken und Befragungen im Zusammenhang mit diesem Bericht hat ergeben, dass die erhöhte Gebäudedämmung auch von sehr vielen Bauherren als eine wichtige Säule bei der Wahl der Wärmeversorgung angesehen wird (siehe Abbildung 19). Eine über dem Mindeststandard der EnEV liegende Wärmedämmqualität wird in der Praxis häufig dem Einsatz von EE-Techniken vorgezogen. Dies kann als Hinweis darauf gesehen werden, dass das von der EnEV geforderte Wärmedämmungsniveau tendenziell unterhalb dessen liegt, was den Bauherren gegenüber – auch im Eigeninteresse einer langfristigen Senkung des Wärmeenergiebedarfs – als wirtschaftlich zumutbar und angemessen betrachtet werden kann. Die Mindeststandards sollten daher, erst recht in Ansehung der bis 2021 ohnehin notwendigen Steigerung, alsbald deutlich angehoben werden.

In Anbetracht dieser Ausgangssituation empfehlen die Forschungsnehmer dem BMU, gemeinsam mit dem BMVBS und dem BMWi (als für die EnEV federführend zuständigen Ministerien) auf eine intensive inhaltliche Abstimmung zwischen EEWärmeG und EnEV hinzuwirken und damit eine in sich konsistente Fortentwicklung beider gesetzlicher Systeme im Interesse der Klimaschutzziele und der einschlägigen EU-Richtlinien sicherzustellen. Konkret im Hinblick auf die Anforderungen der EnEV für Neubauten sollte die im bisherigen Konzept für den Maßstab des Primärenergiebedarfs liegende Besserstellung der EE (sowie der KWK-Fernwärme) zugunsten einer schrittweisen Annäherung an den Passivhaus-Standard für alle Neubauten aufgegeben werden. Der dann noch restliche Wärme- und Kälteenergiebedarf sollte möglichst mit Erneuerbaren Energien gedeckt werden.

Mindestvorgaben zur Effizienz konventioneller Heizanlagen

Im vorliegenden Bericht wird an mehreren Stellen die Weiterentwicklung der technischen Mindestanforderungen an EE-Heizanlagen (z.B. für Pelletskessel und Wärmepumpen) empfohlen. Dies steht in einem auffälligen Kontrast dazu, dass es derzeit an energetischen Mindestanforderungen für konventionelle Heiztechniken fehlt. Die EnEV enthält lediglich Regelungen zum Austausch von (sehr) alten Heizkesseln und von Elektro-Soeicherheizungen. Für Neubauten sieht sie keine Mindestanforderungen an Wirkungsgrade oder Ähnliches vor.

Diese Lücke sollte im Interesse einer in sich abgestimmten Gesamtstrategie geschlossen werden. Es ist aus dem Blickwinkel der Klimaschutzziele nicht mehr zeitgemäß, sich hinsichtlich der Wahl der eingesetzten wärmetechnischen Anlagen allein auf die allgemeinen Anforderungen der EnEV zum Primärenergiebedarf zu verlassen. Durch das Fehlen von Effizienzvorgaben wird die Möglichkeit eröffnet, weit hinter dem Stand der Energieeffizienztechnik liegende Anlagen als neu einzusetzen, was für viele Jahre zu erhöhten Treibhausgasemissionen führen kann, ohne dass dies aus Gründen der Wirtschaftlichkeit erforderlich wäre. Das Setzen von anspruchsvollen technischen Mindeststandards würde den Anreiz der Hersteller zur technologischen Weiterentwicklung von Heizanlagen stark erhöhen, vor allem, wenn hierfür ein dynamisches System der stufenweisen Steigerung zu bestimmten Zeitpunkten aufgebaut würde.

Speziell aus der Sicht des EEWärmeG kommt hinzu, dass die isolierte Anhebung von technischen Mindestanforderungen bei EE-Anlagen die Attraktivität ihres Einsatzes im Verhältnis zum Gebrauch von konventionellen Heizanlagen vermindert. Sofern es nicht parallel auch zu Anhebungen der Standards für konventionell arbeitende Anlagen kommt, wird es zunehmend schwieriger, eine schrittweise Anhebung der Standards für EE-Anlagen zu rechtfertigen und durchzusetzen.

10.4.11 Zusammengefasste Darstellung der Handlungsempfehlungen und zeitliche Umsetzbarkeit

In der folgenden Tabelle sind in übersichtlicher Form noch einmal alle technologiebezogenen Handlungsempfehlungen mit einer zusätzlichen Angabe zur zeitlichen Umsetzbarkeit dargestellt.

Tabelle 30: Zusammenfassung der Handlungsempfehlungen und ihrer zeitlichen Umsetzbarkeit

[eigene Darstellung]

Technologie	Empfehlung	Kurz-fristig	Lang-fristig
Solare Strahlung	Standards und Effizienz: Solar Keymark als Standard beibehalten und Effizienzanforderung aus dem Marktanzreizprogramm übernehmen	X	
	Bezugsgrößen und Nachweisverfahren: Angleich von flächenbezogener Bezugsgröße und EnEV-Referenzgebäude	X	
	Erhöhung des Mindestanteils zur Erfüllung des EEWärmeG (bei Verschärfung der EnEV)	X	
Feste Biomasse	An den Stand der Technik angepasste zeitlich progressive Anhebung der Wirkungsgradanforderungen	X	X
	Die Feuerungsanlagen sind so zu errichten und zu betreiben, dass sie die Emissionsgrenzwerte für Staub von 0,02 g/m ³ und für Kohlenstoffmonoxid (CO) von 0,4 g/m ³ nicht überschreiten	X	
Flüssige Biomasse	Keine Handlungsempfehlung	X	
Gasförmige Biomasse	Keine Handlungsempfehlung, das heißt: die Nutzung von Biogas in Brennwertkesseln ist auch in Zukunft nicht anrechnungsfähig, sondern weiterhin nur in KWK-Anlagen	X	
Tiefen-geothermie	Forschungsbedarf: Prüfung der strom- und wärmespezifischen Emissionen von Tiefengeothermieanlagen im Vergleich zu Emissionen aus einem Gaskessel jeweils bezogen auf Quadratmeter und Jahr sowie unter Berücksichtigung der EnEV und Verteilungsverlusten der Tiefengeothermiewärme. Ggf. Vorgabe von maximalen Emissionswerten für Luftschadstoffe.		X
Wärme-pumpen	Überprüfung der nach VDI 4650 berechneten JAZ nach einem Jahr durch einen unabhängigen Sachverständigen oder, wenn dies nicht möglich ist, durch den jeweiligen Fachhandwerker und Bauherrn	X	

Technologie	Empfehlung	Kurz-fristig	Lang-fristig
	Anhebung der JAZ-Grenzwerte in Teilschritten	X	
	Mittelfristige Vorgabe einer einheitlichen JAZ für alle Wärmepumpentypen		X
	Orientierung an der Leistungszahl zur Pflichterfüllung bei monovalentem Betrieb	X	
	Im EEWärmeG nur Wärmepumpen in Kombination mit bestimmten Heizsystemen und Randbedingungen anerkennen	X	
	Berechnung der JAZ grundsätzlich mit bereit gestellten Wärme- und Kältemengen	X	
Abwärme	Entfallen der Ersatzmaßnahme Abwärmenutzung durch raumluftechnische Anlagen mit Wärmerückgewinnung	X	
Dezentrale Kraft-Wärme-Kopplung	Keine Handlungsempfehlung		
Einsparung von Energie	Deutliche Erhöhung der Anforderungen an diese Ersatzmaßnahme Bemessungsgrundlage sollte ein allein auf die Gebäudehülle (Wärmedämmung) bezogener Wert sein, solange noch kein einheitlicher Standard für die Definition von „Fast-Nullenergie-Gebäuden“ vorliegt.	X	X
	Anerkennung dieser Ersatzmaßnahme nur in Ausnahmefällen, wenn sich eine Forderung nach Realisierung von EE-Maßnahmen als unverhältnismäßig (technisch/wirtschaftlich/infrastrukturell) darstellt	X	
Wärmentze	Erhöhung des Anteils an KWK im Wärmenetz auf 70% sowie Vorgabe eines Anteils von Erneuerbaren Energien von 20%, beides bezogen auf den gesamten Wärme- und Kältebedarf des Gebäudes. (entsprechend Anpassung zu KWK, § 7, Abs.1, Nr.1b)		X
	Vorgabe eines Effizienzwerts für Wärme-/Kältenetze von mindestens 85 %	X	

In diesem Zusammenhang wird definiert:

- Kurzfristig als ein Zeitraum von einem Jahr nach Novellierung des EEWärmeG
- Langfristig als ein Zeitraum länger als einem Jahr nach Novellierung des EEWärmeG

10.5 Vollzug des Gesetzes

Empfehlung: Auffangregelung für Zuständigkeit

Im Sinne einer Auffangklausel sollte festgelegt werden, dass die Baubehörden für den Vollzug des EEWärmeG zuständig sind, soweit Landesrecht nichts anderes vorsieht.

Begründung: Laut § 12 EEWärmeG richtet sich die Zuständigkeit der Behörden für den Vollzug nach Landesrecht. Aus fachlicher Sicht bietet es sich an, den Vollzug des EEWärmeG in enger Anlehnung an den Vollzug der EnEV zu organisieren. Das ist jedoch zurzeit nicht gewährleistet, weil im EEWärmeG Nachweisfristen festgesetzt sind, die dazu nicht passen (siehe auch den nachfolgenden Punkt).

Hinsichtlich der EnEV-Wärmeschutznachweise ist nach Landesrecht zwar häufig vorgesehen, dass die Baubehörden die Richtigkeit der Wärmeschutznachweise nicht selbst prüfen. Allgemein üblich ist jedoch in den meisten Bundesländern, dass die EnEV-Wärmeschutznachweise mit den Bauunterlagen bei den Bauämtern zusammen eingereicht werden. Das gilt sowohl für Bauvorhaben, die einer Genehmigung unterliegen, als auch für den Großteil der Bauvorhaben, die von der Genehmigung freigestellt sind (und für die lediglich die Bauunterlagen einzureichen sind).

Empfehlung: Angleichung von Nachweisfristen

Zur Vereinheitlichung der Nachweiszeitpunkte sollten die Nachweise nach EEWärmeG prinzipiell schon im Rahmen der Vorlage von Bauunterlagen für Genehmigungs- oder Freistellungsverfahren erbracht werden können, spätestens jedoch drei Monate nach dem Inbetriebnahmedatum der Anlage (nicht dem Inbetriebnahmejahr). Bei Gebäuden ohne Bauvorlagepflicht sollte die Pflichterfüllung schwerpunktmäßig durch Stichprobenkontrollen überwacht werden. Die Aufbewahrungsfristen nach § 10 Abs.2 und 3 sollten vereinheitlicht werden (z.B. Aufbewahrungsfrist zehn bis 15 Jahre).

Begründung: Nach § 10 EEWärmeG müssen die Verpflichteten die in den Anlagen des Gesetzes spezifizierten Nachweise der zuständigen Behörde innerhalb von drei Monaten ab dem Inbetriebnahmejahr der Heizungsanlage des Gebäudes und danach auf Verlangen vorlegen. Der Vollzug nach dem EEWärmeG setzt also erst nach Fertigstellung eines Gebäudes ein, während die Wärmeschutznachweise nach der EnEV – wie soeben dargestellt – in der Regel mit der Einreichung der Bauunterlagen (also vor der Errichtung des Gebäudes) erfolgt. Synergien im Nachweisverfahren sowie der Nachweiskontrolle können damit bisher nur bedingt genutzt werden.

Empfehlung: Standardisierte Nachweisbögen

Zur Vereinfachung und Vereinheitlichung des Nachweisverfahrens sollten (möglichst bundesweit) einheitliche, möglichst einfach gestaltete Formblätter für den Pflichterfüllungsnachweis vorgegeben werden. Für den Fall, dass diese von den Bundesländern nicht verwendet werden, sollte das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (im Einvernehmen mit dem Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung und mit Zustimmung des Bundesrates) eine entsprechende Rechtsverordnung nach §10 Abs. 6 EEWärmeG erlassen.

Begründung: Das Bundesgesetz sieht derzeit nicht vor, dass zum Nachweis standardisierte Formblätter verwendet werden. Da standardisierte Formblätter den Vollzugsaufwand stark reduzieren und auch die spätere Evaluation des Gesetzesvollzugs erleichtern können, wurden solche Formblätter in Baden-Württemberg, Saarland und Thüringen bereits eingeführt, in einigen Ländern sind sie in Planung, einige Länder wollen auf die Bereitstellung standardisierter Formblätter verzichten.

Empfehlung: Quantitativer Nachweis der Pflichterfüllung bei Solarthermie

Es sollte im EEWärmeG ausdrücklich geregelt werden, dass auch bei Solarthermieanlagen ein quantitativer Nachweis zu führen ist.

Begründung: Ein Nachweis der quantitativen Erfüllung der Mindestpflichtanteile wird bisher ausdrücklich nur im Falle der biogenen Heizstoffe verlangt. Implizit – nämlich als Bestandteil der Prüfung der technologiespezifischen Anforderungen – wird auch bei den meisten anderen Optionen die Einhaltung des Mindestpflichtanteils mit abgeprüft. Bei einigen EE-Wärmetechnologien (z.B. Holzpelletskessel, Wärmepumpen) kann man zudem davon ausgehen, dass ein ökonomischer Anreiz besteht, die Anlagen so zu betreiben, dass die gesetzlich geforderten Mindestanteile in der Regel überschritten werden. Dies gilt jedoch nicht bei der Solarthermie. Hier verlangt das EEWärmeG nur den Nachweis des „Solar Keymark“, der über den Umfang des Einsatzes dieser Technik keine Auskunft gibt.

Empfehlung: Option Nachweisprüfung durch (besonders qualifizierte) Sachverständige an Stelle der Stichprobenkontrolle

Es sollte eine Bestimmung im EEWärmeG verankert werden (z.B. in Form einer Verordnungsermächtigung für die Landesregierungen), nach der den Ländern ausdrücklich gestattet wird, auf die Stichprobenkontrolle zu verzichten, wenn landesgesetzlich vorgesehen wird, dass die in § 10 und der Anlage zum EEWärmeG geforderten Nachweise abweichend von der an sich vorgesehenen Nachweisform durch Bescheinigungen besonders qualifizierter und anerkannter energetischer Prüfsachverständiger erbracht werden. Dafür müsste ein spezifisches Anforderungsprofil an die Sachverständigen formuliert werden.

Begründung: Die Stichprobenprüfung stellt an die zuständigen Behörden verhältnismäßig große fachliche Qualifikationsanforderungen (v.a. hinsichtlich der Prüfung der anlagenspezifischen Anforderungen). Deshalb liegt es nahe, diese Aufgabe entweder an ausreichend (besonders) qualifizierte Sachverständige zu übertragen oder durch eine Verwaltungsstelle wahrnehmen zu lassen, in der die verschiedenen Tätigkeiten zur Prüfung des energetischen Gebäudezustands (Anforderungen aus EnEV und EEWärmeG) gebündelt durch besonders qualifizierte Kräfte durchgeführt werden (können).

Empfehlung: Informationspflicht für die am Bau / Heizungsbau beteiligten Personen/Unternehmen

Am Bau / Heizungsbau beteiligte Personen / Unternehmen (v. a. Architekten, Heizungsinstallateure) sollten gesetzlich und bußgeldbewährt dazu verpflichtet werden, ihre Kunden im Falle eines Neubaus über die gesetzlichen Pflichten zu informieren, die sich aus dem EEWärmeG ergeben (dabei könnten die Regelungen aus § 7 Abs. 2 EEWärmeG in Baden-Württemberg als Vorbild dienen⁸²). Zu diesem Zweck sollte in Form flankierender Maßnahmen insbesondere eine fachmännische und neutrale Aufklärung sichergestellt werden (z. B. in Form standardisierter Merkblätter).

Begründung: Das EEWärmeG verpflichtet Bauherren neuer Gebäude zum Einsatz erneuerbarer Wärmeerzeuger oder Durchführung einer Ersatzmaßnahme. Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass allen Bauherren die aus dem EEWärmeG resultierende Pflicht bekannt ist. Dies legen auch die Erfahrungen aus Baden-Württemberg nahe.

Empfehlung: Befugnisnorm für weitergehende Maßnahmen der zuständigen Behörden

Es sollte eine Befugnisnorm geschaffen werden, die klarstellt, dass es den zuständigen Behörde gestattet ist, die erforderlichen Anordnungen auszusprechen, um die Erfüllung der Pflichten aus dem EE sicherzustellen.

Begründung: Versäumt ein verpflichteter Gebäudeeigentümer, der zuständigen Behörde innerhalb der geforderten Fristen die notwendigen Nachweise vorzulegen oder versäumt er es gar, die Primärpflicht im notwendigen Umfang zu erfüllen oder eine entsprechende Ersatzmaßnahme durchzuführen, bleibt der zuständigen Behörde bislang nur der Weg, ein Ordnungswidrigkeitsverfahren einzuleiten. Es wäre

⁸² §7 Abs. 2 EEWärmeG: Die Sachkundigen haben die Verpflichteten [...] auf ihre Pflichten nach den §§ 4 und 6 sowie auf die Möglichkeiten der Erfüllung nach § 4 Abs. 3 und der ersatzweisen Erfüllung nach § 5 hinzuweisen, wenn sie für die Verpflichteten Aufgaben im Zusammenhang mit der Bereitstellung oder dem Austausch einer Heizanlage wahrnehmen oder mit der Erfüllung oder ersatzweisen Erfüllung der Nutzungspflicht beauftragt werden. Zur Erfüllung der Hinweispflicht genügt es, wenn die Sachkundigen dem Verpflichteten ein entsprechendes Merkblatt übergeben.

demgegenüber sinnvoller, wenn der zuständigen Behörde die Möglichkeit gegeben würde, die Bauherren rechtzeitig *vor* dem Abschluss von Baumaßnahmen im Einzelfall zur Nacherfüllung der Pflichten innerhalb angemessener Frist anzuhalten.

10.6 Instrumentenoptionen für den EE-Einsatz zur Wärmeversorgung im Gebäudebestand

10.6.1 Einleitung und Übersicht

Das EEWärmeG adressiert den Gebäudebestand bislang lediglich, indem es einen rechtlichen Rahmen für die finanzielle Förderung von EE-Anlagen im Gebäudebestand beschreibt.

Dieses Konzept erreicht und motiviert Gebäudeeigentümer, die selbst ein Interesse an der Nutzung von EE-Anlagen haben oder dieser gegenüber zumindest offen stehen. Wirtschaftliche Bedenken werden durch die Förderung relativiert, außerwirtschaftliche Hemmnisse aber nicht ausgeräumt. Um in der Breite einen wesentlichen Zuwachs der EE-Nutzung im Gebäudebestand zu erreichen, ist das Konzept daher nur begrenzt geeignet. Andererseits wird man (wohl) damit rechnen können, dass sowohl wirtschaftliche als auch nichtwirtschaftliche Bedenken mit zunehmender Verbreitung der betreffenden Technologien schwächer werden. Das gilt vor allem, wenn es gelingen sollte, bestehende Hemmnisse durch flankierende Maßnahmen gezielt auszuräumen (z. B. Hemmnisse des Miet- und Wohnungseigentums, Unzulänglichkeiten im Kommunal- und Planungsrecht für leitungsgebundene Anlagen oder den Nachholbedarf in der Aus- und Weiterbildung von Architekten und Handwerkern).

Problematisch ist das auf die Förderung durch öffentliche Mittel gestützte Konzept einerseits unter dem Aspekt der längerfristigen Planungssicherheit – denn die Förderung wird auf diese Weise von Unwägbarkeiten und Schwankungen in der Entwicklung der öffentlichen Haushalte abhängig gemacht –, andererseits insoweit, als es die Steuerzahler relativ viel Geld kostet.

Das wirft die Frage auf, mit Hilfe welcher Instrumente stärkere Ausbaueffekte erzielt werden können. Dieser bedarf es dabei über die unmittelbare Minderung von CO₂-Emissionen hinaus vor allem, um bei den Anlagen zur Wärmenutzung aus EE ausgeprägte Impulse zur technischen Fortentwicklung und damit zur Kostensenkung zu erreichen.

Im wissenschaftlichen Bereich waren bereits im Vorfeld der Schaffung des EEWärmeG breit angelegte (theoretische) Vergleichsuntersuchungen zu verschiedenen Instrumentenoptionen angestellt und konkrete Vorschläge zur Ausgestaltung einiger Instrumente vorgelegt worden (siehe insb. Nast et.al. 2006, zuvor Brandt et.al. 2004). Auf Basis dieser Erkenntnisse, der jüngeren Entwicklung bei der staatlichen Förderung des EE-Einsatzes, der veränderten europarechtlichen Rahmenbedingungen und den ersten Erfahrungen mit dem EEWärmeG soll mit den

folgenden Ausführungen eine tragfähige Beurteilungsgrundlage für Entscheidungen über die Instrumentierung im Gebäudebestand beschrieben werden.

Systematisch lassen sich die einzelnen denkbaren Modelle mit ihren in Details vielfältigen Ausgestaltungsvarianten folgenden Instrumentenarten zuordnen:

- einer Fortführung der haushaltsabhängigen Förderung (mit Änderungen zur Erhöhung der Stetigkeit bzw. der Planungssicherheit sowie der Wirkungsverbesserung),
- einer Ausdehnung des Systems der EE-Nutzungspflicht (mit Ersatzoptionen) auf den Gebäudebestand,
- der Schaffung eines nicht haushaltsabhängigen wirtschaftlichen Anreiz- und Steuerungssystems für die EE-Nutzung, welches gezielt diejenigen Marktbeteiligten (Branchen) als Verpflichtete anspricht, deren Verhalten am Markt die Wahl zwischen den Energieträgern wesentlich mitbeeinflusst und daher mitursächlich für die Entstehung der CO₂-Emissionen im Gebäudesektor ist. Hierbei bietet sich entweder ein preisbasiertes Anreizsystem an (Bonusmodell) oder ein mengenbasiertes Steuerungskonzept (Quotenmodell).

Diese drei bzw. vier Haupt-Instrumentenarten sollen im Folgenden gegenübergestellt werden, wobei jeweils zunächst eine Beschreibung der Instrumentenart mit ihren Ausgestaltungsvarianten und sodann eine Zusammenstellung der entscheidenden Vor- und Nachteile erfolgt, bevor hieraus instrumentenspezifische Schlussfolgerungen gezogen werden (siehe unter 10.6.2 bis 10.6.4). Eine Art Entscheidung oder Vorentscheidung soll dabei nicht getroffen werden, weil dies den Rahmen des Erfahrungsberichts sprengen würde. Die Ausarbeitung soll lediglich der fachlichen und rechtlichen Vorbereitung von an anderer Stelle zu treffenden Entscheidungen dienen.

Im Anschluss daran wird eine Reihe von unterstützenden/flankierenden Instrumenten zusammengestellt, kurz beschrieben und bewertet (siehe unter 10.6.5). Von den Hauptinstrumenten unterscheiden sich diese dadurch, dass ihnen bei allen drei Hauptinstrumenten grundsätzlich – von einzelnen Ausnahmen abgesehen – eine unterstützende Funktion zukommen kann.

Bevor in die Erörterung der einzelnen Gestaltungsoptionen für ein auf den Bestand zielendes Instrument eingetreten werden kann, sei an dieser Stelle noch einmal auf den Anforderungsrahmen der 2009 erlassenen Richtlinie 2009/28/EG (EE-RL) über die Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen verwiesen (siehe dazu bereits oben 10.2, insb. 10.2.4). Aus dieser – konkret aus deren Art. 13 Abs. 4 Unterabs. 3 – ergeben sich für den Zeitraum *nach 2014* wesentliche Vorbedingungen für die Konzeption der Instrumente:

- Art. 13 Abs. 4 Unterabs. 3 der EE-RL fordert grundsätzlich eine Art Nutzungspflicht nicht nur für Neubauten, sondern auch für Gebäude, in denen *größere Renovierungsarbeiten* vorgenommen werden. Von daher muss ungeachtet der weitergehenden Frage, ob stattdessen oder ergänzend ein andersartiges Instrument angewendet werden kann, in jedem Falle dafür Sorge getragen werden, dass es *mindestens* zu einer Ausdehnung des Anwendungsbereichs der Nutzungspflicht auf Gebäude mit größeren Renovierungsarbeiten kommt.
- Für die Entscheidung über ein andersartiges Förderinstrument ist zu beachten, dass es rechtlich unsicher ist, ob ein Instrument zulässig wäre, das auf eine ordnungsrechtliche Inpflichtnahme der von Art. 13 Abs. 4 Unterabs. 3 der EE-RL angesprochenen Gebäudeeigentümer verzichtet (wie es bei einem reinen Anreizmodell in Gestalt eines finanziellen Förderkonzepts, einem Bonusmodell oder einer an andere Marktteilnehmer gerichtete Quotenregelung der Fall wäre). Es spricht zwar Einiges dafür, dass das bei einem effektiv ausgestalteten Instrument gleichwohl zulässig wäre. Die bestehenden Rechtsunsicherheiten ließen sich aber im Vorfeld der Einführung nicht ausräumen, so dass ein nicht unerhebliches Risiko unvermeidbar wäre.
- Diese Risiken können jedoch vermieden werden, sofern es ungeachtet des neuen Instruments für die von Art. 13 Abs. 4 Unterabs. 3 der EE-RL erfassten Gebäude (= neue Gebäude und bestehende Gebäude mit größeren Renovierungsarbeiten) gleichwohl der einer Nutzungspflicht bleibt. Unter dieser Voraussetzung kann es nicht zu Kollisionen mit der Richtlinienvorgabe kommen. Um das zu erreichen, müsste folglich *entweder* sichergestellt werden, dass das neue Instrument ausschließlich für diejenigen Gebäude gilt, die nicht von Art. 13 Abs. 4 Unterabs. 3 der EE-RL adressiert werden, *oder* das neue Anreizinstrument wird so konzipiert, dass es für diese Gebäude zusätzlich zur Nutzungspflicht Anwendung findet (also nicht an dessen Stelle tritt).

10.6.2 Staatliche Förderung

Beschreibung, Ausgestaltung

Allgemeines

Die staatliche Förderung für den EE-Einsatz im Gebäudebestand erfordert nach den vorliegenden Erkenntnissen für das nächste Jahrzehnt ein Fördervolumen in Höhe von ca. 1,5 Milliarden € pro Jahr. Diese Summe übersteigt das derzeitige vorhandene Mittelvolumen um ein Mehrfaches.

Bislang erfolgt die Förderung der EE-Nutzung auf zwei Wegen: zum einen durch staatliche Zuschüsse für bestimmte, technologisch anspruchsvolle EE-Anlagen zur Wärmeerzeugung, zum anderen durch zinsgünstige Kredite und Tilgungszuschüsse im Rahmen der KfW-Förderprogramme für energieeffizientes Bauen.

Möglichkeiten in der Ausgestaltung

Probleme der Haushaltsfinanzierung

- **Problem Stetigkeit:** Das Problem der unsicheren Stetigkeit kann jeweils für bestimmte Zeiträume dadurch gelöst werden, dass ein genau bestimmter *gesetzlicher Anspruch* geschaffen wird. Nicht sichergestellt werden kann dadurch allerdings die Geltung auch in künftigen Legislaturperioden (d.h. bei veränderten legislativen Mehrheiten). Eine darüber hinausgehende gewisse Langzeitwirkung kann allerdings wiederum für Ansprüche erzielt werden, die als dauerhafte Leistungsansprüche ausgestaltet werden.
- **Problem Haushaltsabhängigkeit:** Das Problem der Haushaltsabhängigkeit kann durch Schaffung oder Nutzung eines gesonderten Haushaltsvermögens (Fonds) begrenzt werden. Allerdings erscheint es aus finanzverfassungsrechtlichen Gründen nicht sicher, ob die Möglichkeit besteht, Dritte zur Zahlung einer Abgabe an den Fonds durch Gesetz zu verpflichten, weil dies auf eine Sonderabgabe hinauslaufen würde, die nach der Rechtsprechung des BVerfG nur unter sehr engen Voraussetzungen zulässig wäre. Im Rahmen freiwilliger Vereinbarungen wäre die Drittfinanzierung ohne weiteres denkbar. Eine Ausgestaltung als Pflichtabgabe wäre rechtssicher lediglich möglich, wenn die Abgabe als Ausgleichsabgabe für die Nichterfüllung einer an sich bestehenden Verpflichtung ausgestaltet würde, weil ihr dann ein Ausgleichscharakter zukommen würde (siehe dazu unter 10.6.3).
- **Problem Haushaltsvolumen:** Ohne eine Koppelung an einen besonderen Fonds lässt sich eine Erhöhung des Mittelvolumens durch eine mit der Förderung einhergehende Erhöhung der Verbrauchssteuern für diejenigen Energieprodukte erzielen, deren Marktanteile verringert werden sollen, weil sie in hohem Maße für Treibhausgasemissionen verantwortlich sind (was überproportional für Kohle und Heizöl gilt). Damit würde zugleich ein klimapolitisch wichtiger zusätzlicher Anreiz zur Energieeinsparung/ Energieeffizienz gesetzt.

Veränderungen in der konkreten Ausgestaltung

Zur Verbesserung der Wirkungsweise lassen sich (unabhängig von Fragen der Förderhöhe) folgende strukturelle Veränderungen / Ergänzungen erörtern:

- **Direktförderung vs. Kreditförderung:** Direktförderung hat gegenüber Kreditförderung den entscheidenden Vorteil, dass es nicht zu einer Prüfung der Kreditwürdigkeit kommt und das Verfahren daher wesentlich einfacher ist. Es werden auch Personengruppen erreicht, die von den Banken nicht als kreditwürdig eingestuft werden (z.B. Rentner mit niedrigeren Bezügen). Die Kreditförderung kann aber als Zusatzoption erleichternd wirken, vor allem dann, wenn (gleichwohl) auf eine gesonderte Prüfung der Kreditwürdigkeit verzichtet wird und keine Banken eingeschaltet werden müssen.

- Zu Fördermöglichkeiten im **Steuerrecht**: Denkbar sind z.B. kürzere Abschreibungszeiten bei anschaffungsnaher Modernisierung, eine teilweise Abziehbarkeit der Investitionen wie bei Denkmalinvestitionen, eine Abziehbarkeit wie bei Handwerksleistungen. Bei den beiden zuletzt genannten Optionen wäre allerdings ein Wirkungsverlust zu befürchten, wenn sie an Stelle direkter Förderung gehen sollten. Steuerliche Begünstigungen haben nämlich den Nachteil, dass ihre Wirkungen progressionsabhängig sind, also bei niedrigeren Steuersätzen geringere Effekte erzielen. Eine generelle Umstellung auf steuerliche Förderung ist deshalb nicht zu empfehlen. Sinnvoll können steuerliche Regelungen jedoch zur Flankierung sein (siehe unten, 10.6.5)
- Möglich sind auch Ausgestaltungen, die an die Außerbetriebnahme von alten Heizungsanlagen geknüpft werden (Modell „Abwrackprämie“).
- Denkbar wäre auch eine Bindung der Mittelgewährung an den Nachweis der Einhaltung bestimmter Mindestanforderungen (z.B. Mindestanteile am Wärmeverbrauch). Alternativ dazu ist vorstellbar, die Höhe des Zuschusses danach zu staffeln, wie hoch der (nachgewiesene) Wärmebedarf des Gebäudes ist (höhere Förderung bei niedrigeren Bedarfswerten). In beiden Fällen ergäbe sich allerdings einen höherer Überprüfungsbedarf.

Verhältnis zu öffentlich-rechtlichen Anforderungen

Wie im jetzigen EEWärmeG vorgesehen, ist es grundsätzlich möglich, die Gewähr von Fördergeldern und öffentlich-rechtliche Vorgaben miteinander zu kombinieren. Der Einsatz von öffentlichen Fördermitteln kann besonders dort gute Wirkungen entfalten, wo er die Übererfüllung von Mindestanforderungen honoriert und damit anreizt. Denkbar ist es darüber hinausgehend auch, Fördermittel gezielt zum Ausgleich von Aufwendungen einzusetzen, die aus gesetzlichen Anforderungen resultieren, wie es z.B. im Einkommensteuerrecht für Denkmalschutzaufwendungen geregelt ist. Letzteres liegt nahe, wenn im Bereich des Gebäudebestands eine Verpflichtung zum anteiligen EE-Einsatz ausgesprochen werden sollte. Damit kann bei wirtschaftlich nicht ohne weiteres zumutbaren Maßnahmen auch die Verhältnismäßigkeit sichergestellt werden.

Vorteile

- Positive Anreize wirken stimulierender als Pflichten, durch die man sich „belastet“ fühlt und denen man daher eher auszuweichen versucht.
- Einfacher und relativ zuverlässiger Vollzug. Möglichkeit der Stichproben bei drohender Rückzahlungspflicht und möglichem Strafverfahren wg. Betrugs minimiert Missbrauchsgefahren bei minimalem Überwachungsaufwand.
- Förderkonditionen können leicht verstanden werden, Beratung durch zuständige Institutionen.

- Bei direkter Förderung einfaches Verfahren, da keine Banken zwischengeschaltet werden müssen.

Nachteile/Probleme

- Das benötigte Haushaltsvolumen übersteigt die realistisch zu erwartenden Haushaltsmittel bei Weitem, sofern nicht zusätzliche Einnahmen generiert werden.
- (Sehr große) Personengruppen mit nichtwirtschaftlichen Bedenken werden nicht bzw. nur längerfristig (d.h. bei Rückgang der nichtwirtschaftlichen Vorbehalte) erreicht.
- Auf Grund der beihilferechtlichen Bestimmungen des EU-Rechts sind öffentlichen Förderprogrammen hinsichtlich der Höhe der Förderbeträge gewisse Grenzen gesetzt. Zulässig ist bei Förderprogrammen, die an Unternehmen gerichtet sind, grundsätzlich nur die Förderung zum Zwecke des Ausgleichs von (investiven) Mehraufwendungen gegenüber konventionellen Maßnahmen. Eine darüber hinausgehende Förderung ist lediglich bei privaten Begünstigten möglich, weil die finanzielle Unterstützung Privater nicht in den Anwendungsbereich des EU-Beihilferechts fällt.
- Durch die Schaffung eines gesetzlichen Anspruches auf Erhalt von Fördermitteln kann zwar das Problem der sonst mangelnden Stetigkeit im Mittelfluss (weitgehend) gelöst werden. Dieser Weg dürfte aber schwer politisch durchsetzbar sein. Konkrete Förderkonditionen müssten auch in diesem Falle der technischen Entwicklung angepasst werden, dazu wären dann ggf. untergesetzliche Lösungen notwendig (Rechtsverordnung).

Folgerungen

Als alleiniges Steuerungsinstrument eignet sich die staatliche Förderung nur, wenn das Volumen auf deutlich höherem als dem bisherigen Niveau stabilisiert wird und darüber hinaus ein verlässlicher (gesetzlicher) Anspruchsrahmen geschaffen wird. Die Schaffung eines gesetzlichen Förderanspruchs ist grundsätzlich möglich. Mit einem solchen ließe sich weitgehende Rechts- und Planungssicherheit sicherstellen. Ohne einen gesetzlichen Förderanspruch wäre das Instrument, wie die Erfahrung der letzten Jahre/Jahrzehnte gezeigt hat, zu instabil.

Um die verfolgten ambitionierten Ausbauziele erreichen zu können, sind zusätzliche Einnahmequellen nötig, wobei sich hierfür außerhalb einer auf Freiwilligkeit beruhenden Fondslösung die Erhöhung der Energiesteuern auf fossile Heizstoffe, insbesondere auf Kohle und Öl anbietet. Damit könnte ein zusätzlicher Anreiz zum sparsamen und effizienten Einsatz von Wärmeenergie gesetzt werden.

Ergänzend sei darauf hingewiesen, dass ein solches auf einem gesetzlichen Förderanspruch beruhendes Instrument europarechtssicher nur zusätzlich zu der

(auf Gebäude mit größeren Renovierungsarbeiten auszudehnenden) anteiligen EE-Nutzungspflicht möglich sein dürfte.

10.6.3 EE-Nutzungspflicht für den Gebäudebestand

Vorbemerkung:

Wie bereits mehrfach erwähnt, verlangt die EE-RL für den Zeitraum nach 2014 grundsätzlich eine Art Nutzungspflicht für EE zum einen für neue Gebäude und zum anderen für bestehende Gebäude, in denen größere Renovierungsarbeiten vorgenommen werden (siehe dazu oben 10.2).

Sofern es nicht in zulässiger Weise zur Anwendung eines andersartigen Instruments kommt, ist daher dafür Sorge zu tragen, dass die anteilige Nutzungspflicht auf den betreffenden Kreis bestehender Gebäude ausgedehnt wird. Das bedeutet jedoch nicht, dass die anteilige Nutzungspflicht auf sämtliche Bestandsgebäude ausgedehnt werden müsste. Insofern ist zu beachten, dass Art. 13 Abs. 4 Unterabs. 3 der EE-RL mit den „Gebäuden, an denen größere Renovierungsarbeiten vorgenommen werden“ nur einen sehr kleinen Anteil der Bestandsgebäude erfasst, während es in der nachfolgenden Erörterung vom Ansatz her um ein auf den gesamten Gebäudebestand gerichtetes Instrument geht.

Beschreibung, Ausgestaltung

Grundentscheidung: Starre Verpflichtung vs. Kompensationsoption

Zu dem Konzept einer Ausweitung der anteiligen EE-Nutzungspflicht des EEWärmeG auf den Gebäudebestand gibt es vom Ansatz her zwei Ausgestaltungsrichtungen: Entweder es kommt zu einer schlichten Übertragung der Regelungen auf den Gebäudebestand („starre Lösung“) oder die Verpflichtungen werden durch Kompensationsregelungen ergänzt („Kompensationslösung“).

Aus rechtlicher Sicht ist die Schaffung von Kompensationsmöglichkeiten zwingend notwendig, wenn vermieden werden soll, dass sich eine Vielzahl der Verpflichteten aus baulich-technischen oder wirtschaftlich-sozialen Gründen auf eine Härtefallsituation beruft und deshalb eine Ausnahme/Befreiung begehrt – was ggf. darauf hinauslaufen würde, dass es in einem relativ großen Anteil aller Anwendungsfälle praktisch nicht zur EE-Nutzung kommen würde und in großer Zahl über die Gewähr von Ausnahmen / Befreiungen entschieden werden müsste (mit einem entsprechend hohen Verwaltungsaufwand).

Hintergrund dessen ist der Umstand, dass das Verhältnis von Aufwand und Wirkung von Investitionen in die EE-Nutzung im Gebäudebestand häufig deutlich ungünstiger ist als bei Neubauten. Typischerweise kann sich das ergeben aus Umständen wie: schlechter Wärmedämmung, ungünstiger Gebäudelage, Etagenheizungen, Denkmalschutz, zu kleinen/ungünstigen Dächern, geringen Lagerkapazitäten für Heizstoffe, ungünstigen Finanzierungsbedingungen, der Notwendigkeit von

Mieterhöhungen, miet- oder wohnungseigentumsrechtlichen Durchsetzungsproblemen.

Eine Übertragung des Modells der EE-Nutzungspflicht auf den Gebäudebestand ist daher ohne Kompensationsmöglichkeit nicht zu empfehlen.

Zur Kompensation kommen grundsätzlich zwei Regelungsvarianten in Betracht: Zum einen die Möglichkeit, an Stelle der Pflicht eine Ersatzabgabe zu zahlen (Variante Ersatzabgabe / Ausgleichsabgabe), zum anderen die Option, im Falle der Nichterfüllung Gutschriften von Dritten zu erwerben, welche die Pflicht ihrerseits übererfüllt haben (Variante Gutschriftenhandel).

Variante Ersatzabgabe (Ausgleichsabgabe)

Die Variante „Ersatzabgabe“ ist seitens des Forschungskonsortiums Nast (DLR) et.al. im Jahr 2006 bereits vollständig ausgearbeitet worden. Ein konkreter Gesetzentwurf, der allerdings auf das inzwischen ergangene EEWärmeG neu zugeschnitten werden müsste, liegt vor.

Das Modell sieht vor, dass die Verpflichteten grundsätzlich ein Wahlrecht zwischen der Erfüllung der (eigentlichen) EE-Nutzungspflicht, geeigneten sachbezogenen Ersatzmaßnahmen und der zusätzlichen Möglichkeit haben sollen, stattdessen eine Ersatzabgabe zu zahlen. Die Höhe der Ersatzabgabe wird durch das Bundesgesetz festgelegt. Sie soll von der Größenordnung her so gewählt werden, dass noch ein Anreiz verbleibt, die Verpflichtung unter durchschnittlich günstigen Ausgangsbedingungen eher selbst zu erfüllen als die Ersatzabgabe wahrzunehmen. Die Höhe kann im Übrigen innerhalb des durch das Gleichheits- und das Verhältnismäßigkeitsprinzip gegebenen Spielraums entsprechend den Regelungszielen variabel zugeschnitten werden.

Festgelegt werden müssten im Detail jeweils die genauen Bemessungsgrößen und die Zahlungsweise der Abgabe. Das Modell erfordert einen behördlichen Vollzug hinsichtlich der Festsetzung und Abwicklung von Zahlungspflichten. Die Kontrollaufgaben bezüglich der Erfüllung der Nutzungspflicht könnten (von Stichproben abgesehen) auf Sachverständige / Sachkundige ausgelagert werden.

Die durch die Ersatzabgabe generierten Finanzmittel sollen gezielt (und zweckgebunden) für die Entwicklung von EE-Technologien im Wärmebereich sowie deren Einsatzvoraussetzungen (z.B. Leitungsnetze) eingesetzt werden. Die Einnahmen sollen nicht an den Bund gehen, sondern an die Länder. Auch über die Ausgaben sollen die Länder im Rahmen der Zweckbindung selbst entscheiden. Dieses Vorgehen bringt den Vorzug mit sich, dass die Länder in den Prozess als

mitgestaltende Interessenträger einbezogen werden, nicht lediglich als für den Vollzug verantwortliche Behörden.

Das Konzept kann als verfassungsrechtlich gesichert angesehen werden, da das Bundesverfassungsgericht besondere Abgaben mit Ausgleichsfunktion grundsätzlich für zulässig erachtet. Nicht abschließend geklärt ist durch das Bundesverfassungsgericht, ob das auch gilt, wenn die Gelder durch einen besonderen Fonds (sei es auf Bundes- oder auf Landesebene) verwaltet werden, so dass eine vollständige Unabhängigkeit vom eigentlichen öffentlichen Haushalt hergestellt würde. Es spricht allerdings nach der 2009 ergangenen Entscheidung des Gerichts zur Stellplatzablösung Einiges dafür, dass auch das möglich wäre (vgl. BVerfG, Urt. v. 05.03.2009, 2 BvR 1824/05, NVwZ 2009, 837).

Variante Gutschriftenhandel

Statt einer Kompensation durch Geldzahlung könnte auch daran gedacht werden, einen Gutschriftenhandel entstehen zu lassen, indem bei Übererfüllung der EE-Nutzungspflicht Gutschriften ausgegeben werden, die in Fällen der Unter- oder Nichterfüllung anrechenbar wären. Auch hierfür wurden von Seiten des Forschungskonsortiums Nast (DLR) et.al. bereits weitergehende Überlegungen angestellt.

Die praktische Durchführung eines Gutschriftenmodells erfordert ebenso wie die Variante der Ersatzabgabe einen im Vergleich zur jetzigen Situation im Neubaubereich dichteren Vollzug, da der Grad der Erfüllung genau festgestellt werden muss, um die Über- oder Untererfüllung zum Gegenstand von handelbaren Gutschriften machen zu können. Vergeben werden könnten die Gutschriften durch Sachkundige oder Sachverständige, wobei die zuständigen Behörden Stichprobenkontrollen durchführen und die Tätigkeit der Sachkundigen / Sachverständigen überwachen müssten.

Auf Grundlage bundesweit einheitlicher Formblätter zur Dokumentierung müsste es gelingen können, den behördlichen Aufwand vergleichsweise niedrig zu halten. Für den Handel selbst (also über Handelsplattformen usw.) bedürfte es keiner detaillierten gesetzlichen Regelungen. Das könnte den Marktbeteiligten überlassen werden. Wichtig sind Stichproben und relativ strenge Sanktionstatbestände, um Missbräuche verhindern zu können.

Zentraler Gesichtspunkt: Auslösetatbestand

Unabhängig von der Art und Weise der Kompensationsmöglichkeiten ist die Frage danach zu klären, wie der jeweilige Auslösetatbestand für die Grundverpflichtung (und damit ggf. auch für Ersatzmaßnahmen und Kompensation) ausgestaltet wird. Dadurch wird praktisch der Anwendungsbereich für die Regelungen abgesteckt.

Auch hierüber hat man sich im Vorfeld des EEG von wissenschaftlicher und politischer Seite bereits einige Überlegungen gemacht. Es bieten sich folgende Ansatzpunkte an:

- der Austausch einer vorhandenen Heizanlage (so vorgesehen im EWärmeG BW),
- das Alter der Heizanlage (so angedacht in einem veröffentlichten Vorentwurf zu einem Berliner KlimaG),
- der Wärmeenergiebedarf des Gebäudes (so vorgesehen in einer anderen Vorentwurfsfassung des Berliner KlimaG),
- die erstmalige Installation einer Zentralheizung in einem Gebäude (so zusätzlich vorgesehen in den Vorentwürfen zum Berliner KlimaG),
- die Vornahme grundlegender Renovierungsarbeiten an der Außenhaut des Gebäudes (so angelegt in der EE-Richtlinie der EU),
- eine Kombination von allen oder mehreren dieser Merkmale (so angedacht im Saarland).

Aus wissenschaftlicher Sicht ist zu empfehlen, die beiden Auslösegründe „Heizungsaustausch“ und „Heizungsalter“ in den Mittelpunkt zu stellen, und zwar in kombinierter Form. Weitere Anlässe können hinzugenommen werden, sind aber weniger bedeutend. Aus europarechtlichen Gründen empfiehlt sich in jedem Falle die Hinzunahme des Auslösemerkmals „größere Renovierungsarbeiten“ (grundlegende Renovierung).

Diese Empfehlung beruht auf folgenden Erwägungen:

- Der Austausch einer Heizanlage ist der sowohl unter wirtschaftlichen als auch unter Effektivitätsgesichtspunkten sinnvollste Ansatzpunkt. Wenn ohnehin eine Heizung ausgetauscht wird, fällt die erforderliche Mehrinvestition nur verhältnismäßig wenig ins Gewicht. Legt man jedoch allein den Heizungsaustausch ohne Kombination mit dem Heizungsalter zugrunde, so besteht die Gefahr, dass der Austausch von „alten Stinkern“ hinausgezögert wird und statt des Heizungsaustauschs lediglich Reparaturen erfolgen.
- Das Alter der Heizung ist ein Indikator für eine notwendige Erneuerungsinvestition und daher ebenfalls grundsätzlich ein geeigneter Ansatzpunkt. Ein alleiniges Stützen auf den Faktor des Heizungsalters würde jedoch Ausweichreaktionen hervorrufen, die Heizungen unter Umgehung der gesetzlichen Verpflichtung vor dem Fristzeitpunkt auszutauschen.
- Günstig ist deshalb die Kombination beider Auslöseanlässe: Die Pflicht würde dann ausgelöst, wenn entweder die Heizung ausgetauscht wird oder ein bestimmtes Alter erreicht hat (orientierbar z.B. an der durchschnittlichen Lebensdauer des Aggregats). Flankiert werden müsste diese Lösung durch Informationen im Vorfeld des anstehenden Heizungsaustauschs (z.B. durch die Schornsteinfeger).

- Die erstmalige Installation einer Zentralheizung ist ein sinnvoller zusätzlicher Auslösegrund.
- Die Vornahme grundlegender Renovierungsarbeiten an der Außenhaut des Gebäudes ist insofern ein besonders sinnvoller Ansatzpunkt, als in diesem Falle zugleich anspruchsvolle Wärmedämm-Maßnahmen durchgeführt werden müssen. Damit wäre in den meisten Fällen ohnehin ein Heizungsaustausch sinnvoll, weil sich die erforderliche Heizkapazität verringert. EE-Technologien können hier besonders effektive Beiträge zur Emissionsminderung leisten. Nicht sinnvoll wäre es jedoch, die Verpflichtung allein an die Vornahme grundlegender Renovierungsarbeiten zu knüpfen, weil das zu Versuchen führen kann, die Renovierungsarbeiten hinauszuzögern oder zu versuchen, diese durchzuführen, ohne dass es die Behörden bemerken (wie es heute beim Vollzug der EnEV-Sanierungspflichten verbreitet zu beobachten ist). Außerdem hätte die Neuregelung damit eine im Vergleich zum Anlass des Heizungsaustauschs weit geringere Breitenwirkung, weil es sehr viel seltener zu grundlegenden Gebäudesanierungen kommt.

Vorteile

- Mit einer anteiligen EE-Nutzungspflicht werden auf Anhieb insofern größere Personenkreise erfasst als mit einer reinen Fördermittelstrategie, als auch tendenziell eher desinteressiert, abwartend oder ablehnend eingestellte Personen angesprochen würden.
- Die Möglichkeit zur ersatzweisen Zahlung eines Ausgleichsbetrages bzw. des Erwerbs von Gutschriften bei Nichterfüllung bewirkt eine annähernd gleiche Lastenverteilung zwischen allen Pflichtadressaten. Das ist gerechter als ein starres System mit privilegierenden Ausnahme-/Befreiungstatbeständen.
- Die Anzahl notwendiger Ausnahme-/Befreiungsentscheidungen kann gering gehalten werden. Personen, denen die Wahrnehmung einer Kompensationsmöglichkeit zugemutet werden kann, muss keine Ausnahme/Befreiung gewährt werden. Für Ausnahmen/Befreiungen bleibt nur Raum, soweit auch eine Kompensation nicht zumutbar ist; das kann unter Umständen z.B. bei Adressaten der Fall sein, die objektiv nicht über die nötigen Finanzmittel verfügen und auch keine angemessenen Kredite erhalten (können).
- Entsprechendes gilt für den Förderaufwand. Das System kommt als solches grundsätzlich ohne öffentliche Förderung aus. Es kann aber ggf. ergänzt werden durch Fördergelder für bestimmte klimapolitisch/technologisch als besonders hochwertig eingestufte Investitionen, für Leitungsnetze oder zur Vermeidung von unzumutbaren Härten im Einzelfall.
- Das Modell ist regelungstechnisch relativ einfach zu konstruieren (sowohl in der Variante Ersatzabgabe als auch bei Realisierung der Gutschriftenoption).
- Der behördliche Überwachungsaufwand ist zwar nicht unbedeutend, aber insgesamt überschaubar, da die Feststellung der Pflichterfüllung durch

Sachkundige/ Sachverständige vorgenommen werden kann und sich die Behörden auf die Aufgaben der übergeordneten Überwachung und der Durchführung von Stichproben beschränken können (wobei bei der Ersatzabgabe zusätzlicher Verwaltungsaufwand im Zusammenhang mit der Abgabenerhebung und Verausgabung der Einnahmen anfällt).

Nachteile/Probleme

- Der gewichtigste Nachteil der EE-Nutzungspflicht ist ihr Verpflichtungscharakter. Verpflichtungen werden von den Betroffenen als Belastungen wahrgenommen. Sie wecken keine „Mitmach-Motivation“, sondern fordern Abwehrreaktionen heraus.
- Durch die Kompensationsmöglichkeiten wird zwar die Belastung gleichmäßiger verteilt. Das ändert aber nichts daran, dass von allen Pflichtadressaten ein zusätzliches finanzielles Engagement gefordert wird, welches sich durch die anschließend in der Regel zu erwartende Senkung von Verbrauchskosten zwar relativiert oder gar in einen wirtschaftlichen Vorteil umwandeln kann. In dem Zeitpunkt jedoch, in dem die Verpflichtung ausgelöst wird, kommen die Betroffenen um den Einsatz zusätzlicher Geldmittel nicht herum. Die „gefühlte“ Belastung bleibt in vielen Fällen höher als die sich später realisierende.
- Die Diskussionen um die Einführung einer anteiligen EE-Nutzungspflicht in Berlin zeigen, dass bestimmte Betroffenenkreise – insbesondere auf Seiten der Wohnungsunternehmen – auf Grund dieser Umstände sehr empfindlich reagieren. Für das Modell einer Ausweitung der EE-Nutzungspflicht muss deshalb auch bei Einräumung einer Kompensationsmöglichkeit mit erheblichem Gegenwind einiger Interessenverbände und Medien gerechnet werden.
- Schwierig bleibt der Umgang mit Fallkonstellationen, in denen die Pflichtadressaten über zu wenig eigene Finanzmittel verfügen und von den Banken keine angemessenen Kredite erhalten (können). Hier gibt es vom Ansatz her zwei Lösungsmöglichkeiten: die Gewähr von Ausnahmen/Befreiungen oder die Begleitung durch speziell auf derartige Situationen zugeschnittene Förderprogramme.
- Ein besonderes Augenmerk muss bei dem Konzept auf die Abstimmung der **mietrechtlichen Regelungen** gelegt werden. Es müsste ggf. geklärt werden, ob es bei den bestehenden mietrechtlichen Einordnungen bleiben soll. Entscheidend sind insofern einerseits die Bestimmungen zur Duldungspflicht der Mieter, andererseits die Regelungen zur Miethöhe. Nach gegenwärtiger Rechtslage sieht es wie folgt aus:
- Für Investitionen in EE-Maßnahmen würde ohne besondere mietrechtliche Anpassungen nur eine relative Duldungspflicht der Mieter nach § 554 Abs. 2 BGB bestehen. Eine absolute Duldungspflicht käme nicht zum Zuge, weil es sich nicht lediglich um Erhaltungsinvestitionen handelte und auch keine Verpflichtung bestünde, eine bestimmte Maßnahme durchzuführen (sondern ein Wahlrecht

zwischen verschiedenen Arten der Pflicht- oder Ersatzpflichtenerfüllung). Praktisch würde das darauf hinauslaufen, dass der Vermieter den Mietern die Konditionen genau darlegen müsste und sich mit seinem Investitionswunsch unter Umständen nicht durchsetzen könnte, wenn einzelne Mieter hiergegen Härtegründe geltend machen könnten.

- Miethöherechtlich würden EE-Investitionen unter den jeweils einschlägigen Voraussetzungen entweder über eine Erhöhung im Rahmen der ortsüblichen Vergleichsmiete nach § 558 BGB oder über eine Modernisierungsumlage nach § 559 BGB refinanziert werden können.
- Im Falle einer Kompensation durch eine Ersatzabgabe oder den Gutschriften-erwerb würde demgegenüber die Duldungspflicht keine Rolle spielen, weil hierzu Maßnahmen am Mietobjekt nicht notwendig wären. Das wäre aus Vermietersicht grundsätzlich ein Vorteil im Verhältnis zur Wahrnehmung einer direkten Pflichtenerfüllung. Andererseits entfielen für Aufwendungen des Gutschriftenerwerbs und der Ersatzabgabe die Möglichkeit der Anwendung von § 559 BGB (Modernisierungsumlage). Den Vermietern bliebe (zumindest bei Altverträgen) auch nicht die Möglichkeit, die betreffenden Aufwendungen über die Heiz- bzw. Betriebskosten auf die Mieter überzuwälzen. Sie müssten die Aufwendungen vielmehr als Bestandteil der Kaltmiete im Rahmen der ortsüblichen Vergleichsmiete refinanzieren.
- Auch für das Wohnungseigentumsrecht müsste entschieden werden, ob es bei der gegenwärtigen Rechtslage bleiben soll. Diese zeichnet sich dadurch aus, dass Maßnahmen zur Änderung am Gemeinschaftseigentum (also Investitionen in die Heizanlage) der Zustimmung von drei Vierteln aller Beteiligten bedürfen. Die Weigerung einer Sperrminorität würde zur Unmöglichkeit der Pflichtenerfüllung führen, so dass nur noch die Möglichkeiten der Ersatzabgabe bzw. des Gutschriftenerwerbs offen stehen würden. Letztere müssten als gemeinsame betriebliche Ausgabe aufgeteilt werden. Das erscheint grundsätzlich auch sachgerecht. Klarstellende Regelungen hierzu wären aber hilfreich.

Vor- und Nachteile der Varianten im Vergleich

- Die Ersatzabgabe hat gegenüber der Gutschriftenvariante den Vorteil, dass mit Hilfe der generierten Einnahmen gezielter diejenigen Technologien gefördert werden könnten, die einen besonders großen Förderbedarf haben. Das gilt insbesondere für die perspektivisch besonders bedeutsamen Wärmenetze.
- Die Gutschriftenvariante hat von der Wirkungsweise her den Vorzug, durch Ausnutzung von Marktmechanismen das Interesse an einer Übererfüllung der Pflichten besser herausfordern zu können. Dadurch kann die Entwicklungsdynamik stimuliert werden.
- Die Variante Ersatzabgabe ist besser geeignet, das Eigeninteresse der Länder zu wecken, weil die Länder die Einnahmen selbst vereinnahmen und verausgaben könnten.

- Nachteilig ist für die Ersatzabgabe im Verhältnis zur Gutschriftenvariante der durch die Abgabenverwaltung bedingte höhere Verwaltungsaufwand.
- Bei der Gutschriftenvariante bestehen demgegenüber vergleichsweise höhere Missbrauchsgefahren, weil es recht lukrativ sein kann, unrichtige Dokumente in den Handel zu bringen.

Folgerungen

Die Einführung eines Pflichtsystems für den Gebäudebestand dürfte im politischen Raum auf größeren Widerstand stoßen als ein Förder- oder Anreizmodell.

Durch die Schaffung einer Kompensationsmöglichkeit über Gutschriften oder eine Ersatzabgabe lassen sich ungleiche Belastungen weitgehend vermeiden.

Die Variante Ersatzabgabe bietet sich an, wenn politisch mehr Wert darauf gelegt wird, für die Förderung von perspektivisch besonders bedeutsamen Technologien zusätzliche Geldmittel zu erlangen und die Länder in das Regelungssystem positiv einzubinden. Die Variante Gutschriftenhandel empfiehlt sich, wenn mehr darauf gesetzt werden soll, dynamisierende Anreize für die Übererfüllung zu schaffen.

Gegenstand der Entscheidung müssten ggf. auch Überlegungen zur Abstimmung der miet- und wohnungseigentumsrechtlichen Regelungen sein.

10.6.4 Außerfiskalisches Anreiz- und Steuerungssystem: Bonus- und Quotenmodell

Allgemeines

Zur Funktionsweise der Instrumente

Im Unterschied zur anteiligen EE-Nutzungspflicht sprechen außerfiskalische Anreiz- und Steuerungsmodelle die (potenziellen) Nutzer der EE-Technologien nicht als Verpflichtete an, sondern als Empfänger wirtschaftlicher Vorteile. Unterschieden werden kann dabei vom Modellansatz her zwischen preisbasierten und mengenbasierten Konzepten:

- Im preisbasierten Ansatz wird der wirtschaftliche Anreiz auf unmittelbare Weise gesetzt, z.B. in Form eines Geldleistungsanspruches gegenüber den Verpflichteten – so ist es etwa beim EEG („Bonus-“ oder „Vergütungssystem“). Dies hat den Vorteil, dass den Begünstigten relativ stabile wirtschaftliche Bedingungen garantiert werden können, verbunden mit einem hohen Maß an Investitionssicherheit. Es ist relativ leicht, hierbei technologiespezifische Steuerungseffekte zu erzielen. Vorbild ist das EEG. Eine direkte Übertragung ist jedoch wegen der strukturellen Unterschiede zwischen Strom- und Wärmemarkt nicht möglich. Diese äußern sich in zwei wesentlichen Umständen: Zum einen wird Wärme im Gegensatz zum Strom jedenfalls ganz überwiegend nicht über

Netze transportiert, sondern lokal erzeugt und genutzt. Zum anderen ist die Erzeugerstruktur im Wärmemarkt sehr viel kleinteiliger als im Strommarkt, so dass die Anzahl der Begünstigten eines Bonussystems und damit auch die Anzahl der im System abzubildenden Transaktionsvorgänge ungleich größer ist.

- Im mengenbasierten Ansatz („Quote“) wird der Anreiz nicht direkt, sondern gewissermaßen „verpackt“ vermittelt. Hier werden bestimmte Akteure verpflichtet, mengenmäßig bemessene Anforderungen im Hinblick auf das jeweilige Produkt zu erfüllen (z.B. in Form der Abnahme oder Lieferung einer bestimmten Menge an EE-Wärme oder EE-Anlagen) und sich hierfür am Markt geeignete Anbieter zu suchen. Die Anbieter von EE-Nutzwärme stehen hierbei gegenüber den Verpflichteten in Konkurrenz zueinander. Die am Markt entstehenden Preise lassen sich nicht klar voraussehen, die Investitionssicherheit ist daher weniger groß. Durch den Marktprozess sollen die kostengünstigsten EE-Wärmepotenziale erschlossen und dadurch idealtypisch eine kosteneffiziente Mittelallokation gewährleistet werden; die Erfahrungen mit der EE-Förderung im Strombereich zeigen jedoch, dass sich die geringere Investitionssicherheit in schlechteren Kreditkonditionen der Banken niederschlagen kann, so dass der Kostensenkungseffekt durchaus aufgehoben oder gar umgekehrt werden kann. Technologiespezifische Differenzierungen können in einem solchen System durch die Festlegung von Gewichtungsfaktoren erreicht werden. Der wesentliche Vorzug von mengenbasierten Quotensystemen ist im Übrigen die zielgenaue Steuerbarkeit im Hinblick auf das zugrunde liegende Kernkriterium (Absatz/Abnahme einer bestimmten Menge an EE-Produkten), wobei diese abnimmt, soweit die Möglichkeit eingeräumt, an Stelle der Pflichterfüllung einen Geldbetrag zu zahlen („Buy Out“).
- Von ihrer Wirkung auf die Hauseigentümer her sind derartige Modelle mit fiskalischen Förderprogrammen insoweit vergleichbar, als auch sie darauf setzen, die Einsatzbedingungen für EE-Technologien wirtschaftlich attraktiver zu machen. Im Vergleich zu fiskalischen Förderungen können außerfiskalische Systeme dabei tendenziell weiter gehen. Denn während fiskalische Förderungen – jedenfalls gegenüber Wirtschaftsunternehmen – auf Grund der europarechtlichen Rahmenbedingungen grundsätzlich nur genutzt werden können, um entstehende Mehraufwendungen auszugleichen oder zu vermindern, können außerfiskalische Instrumente darüber hinaus auch gezielt Anreize schaffen, um einen auf die Gewinnerzielung gerichteten Anlagenbetrieb zu ermöglichen (wie es z.B. bei der EEG-Förderung der Fall ist).
- Eine direkte Kombinationsmöglichkeit mit finanziellen Fördermöglichkeiten ergibt sich beim mengenbasierten System durch die „Buy Out“-Möglichkeit, d.h. durch die Einräumung der Option, sich aus der Pflicht durch Zahlung eines Geldbetrages „freizukaufen“. Dieser Betrag könnte beispielsweise in einen Fonds gehen, der wiederum für bestimmte Förderzwecke verwendet werden kann. Je nachdem, wie hoch der Preis hierfür festgesetzt wird und welche Maßnahmen

aus den Einnahmen finanziert werden, lässt sich das System in verschiedene Richtungen steuern.

Zur verfassungsrechtlichen Einordnung und Zulässigkeit

Das wesentliche rechtsstrukturelle Unterscheidungsmerkmal außerfiskalischer Anreizmodelle von staatlichen Förderprogrammen ist, dass die Anreizwirkung hier auf Geldflüssen bzw. wirtschaftlichen Vorteilen beruht, die nicht über öffentliche Haushalte fließen und gesteuert werden. Aus rechtlicher Sicht können derartige Modelle deshalb nicht in die Nähe von unter Umständen verfassungsrechtlich problematischen Sonderabgaben oder EU-rechtlich genehmigungsbedürftigen Beihilfen geraten.

Vom Verfassungsrecht her muss für beide Modellansätze geklärt werden, ob es zulässig sein kann, eine Gruppe von „Dritten“ – nämlich eine andere Gruppe als diejenigen, die selbst Gebäude innehaben bzw. Heizungen betreiben und damit für die Treibhausgasemissionen unmittelbar verantwortlich sind – einer geldwerten Verpflichtung zu unterwerfen. Denn wenn die zur Bewirkung des Anreizes erforderlichen Geldflüsse nicht über einen öffentlichen Haushalt geleitet werden sollen, muss eine andere Gruppe Adressat der jeweiligen Verpflichtung sein.

Die Frage, ob es zulässig sein kann, eine an sich nicht verantwortliche Gruppe von Adressaten für öffentliche Zwecke zu „funktionalisieren“, hat das Bundesverfassungsgericht grundsätzlich positiv geklärt: Das ist möglich, wenn es durch ausreichend gewichtige Ziele des Gemeinwohls gerechtfertigt ist (vgl. nur BVerfGE 95, 173/187, BVerfGE 95, 155/170). So wird ein entsprechendes Vorgehen von der Rechtsprechung z.B. für das EEG-System akzeptiert, welches sich ebenfalls dadurch auszeichnet, dass eine bestimmte Akteursgruppe (dort die Netzbetreiber) zur Zahlung von Vergütungen verpflichtet wird, obwohl sie selbst keine unmittelbare Verantwortung für die Entscheidung darüber trägt, welcher Strom erzeugt und genutzt wird (vgl. BGH, ZUR 2003, 411/412). Auch für gesundheitliche Warnungen auf Tabakprodukten oder für Auflagen zur bevorzugten Beförderung von Schwerbehinderten wird das angenommen (vgl. BVerfGE 95, 173/187, BVerfGE 95, 155/170).

Im vorliegenden Falle könnte sich der Gesetzgeber insoweit auf mehrere Gesichtspunkte stützen. Zum einen können die Systeme so ausgestaltet werden, dass die wirtschaftliche Belastung in ihrer Substanz nicht bei den Verpflichteten verbleibt, weil sie die Möglichkeit hat, die Belastungen an die Endverbraucher weiter zu geben (so auch beim EEG oder beim Emissionshandel). Hinzu kommt, dass die Verpflichteten als Anbieter der Ausgangsprodukte zur Wärmeerzeugung einen entscheidenden (Mit-) Verantwortungsbeitrag für das hier zu lösende Problem tragen. Ihr Angebot bestimmt, vermittelt über Preise und Produkteigenschaften, wesentlich darüber mit, wohin sich die Nachfrage bewegt und in welchem Maße in der Folge Wirkungen auf

das Klima und den Ressourcenverbrauch entstehen. Daraus rechtfertigt es sich, diese Gruppe – dem im Abfallrecht ausdrücklich verankerten Prinzip der „Produktverantwortung“ entsprechend – ebenfalls als Adressaten von Verpflichtungen anzusprechen, um zur Problemlösung beizutragen.

Verhältnis zu den EE-Nutzungspflichten

Hinsichtlich des Verhältnisses von außerfiskalischen Anreiz- und Steuerungsinstrumenten zu den EE-Nutzungspflichten stellen sich zwei Fragen:

- Zum einen ist klärungsbedürftig, ob und ggf. inwieweit sich aus der EE-Richtlinie der EU Hindernisse oder Begrenzungen für die Verwirklichung eines der Modelle ergeben.
- Zum anderen fragt sich, ob und ggf. inwieweit eine Koexistenz zweier unterschiedlicher rechtlicher Instrumente für Neubauten (und grundlegend sanierte Bestandsgebäude) einerseits und für (sonstige) Bestandsgebäude möglich ist.

Es ist bereits an anderer Stelle geklärt worden, dass diese der Realisierung eines außerfiskalischen Anreizinstrumentes allenfalls entgegenstehen kann, soweit vorgesehen werden sollte, dieses Modell *innerhalb des Anwendungsbereichs* von Art. 13 Abs. 4 Unterabs. 3 der EE-RL an die Stelle einer ordnungsrechtlichen Verpflichtung treten zu lassen. Solange sichergestellt ist, dass für neue Gebäude und solche mit größeren Renovierungsmaßnahmen im Sinne von Art. 13 Abs. 4 Unterabs. 3 der EE-RL eine ordnungsrechtliche Nutzungspflicht gilt, kann es nicht zu Kollisionen mit der Richtlinie kommen. Folglich ist sowohl ein Nebeneinander von außerfiskalischem Anreizmodell und Nutzungspflicht als auch eine partielle Überlappung beider Instrumente europarechtlich ohne weiteres denkbar.

Soweit es jedoch weitergehend darum gehen sollte, das außerfiskalische Anreizmodell auf sämtliche Bestandsgebäude zu erstrecken, ohne es für Neubauten und / oder für die von Art. 13 Abs. 4 Unterabs. 3 der EE-RL erfassten Bestandsgebäude bei der Nutzungspflicht zu belassen, stellt sich die Rechtslage als ungeklärt dar. Es spricht einiges dafür, dass auch in diesem Falle von einer Vereinbarkeit mit der Richtlinie ausgegangen werden kann, wenn das Modell ausreichend wirksam ausgestaltet werden sollte, um vergleichbare Impulse zur Nutzung von EE im Wärmebereich auszulösen. Die Frage ist aber nicht endgültig geklärt und lässt sich ohne höchstrichterliche Entscheidung auch keiner sicheren Antwort zuführen.

Fragen der konkreten Ausgestaltung

Aus praktischer Sicht fragt sich, welche Gruppe sinnvollerweise überhaupt als Verpflichtete angesprochen werden kann, wenn es darum geht, ein funktionsfähiges Anreiz- und Steuerungssystem aufzubauen. Im vorliegenden Fall lässt sich unter Gesichtspunkten der Funktionalität und der Rechtfertigung am ehesten an eine

Gruppe denken, die in die für den Verbrauch der mit EE-Technologien relevanten Marktprozesse als Akteure eingebunden sind. Wegen ihrer Sach- und Verantwortungsnähe für das Inverkehrbringen der relevanten Produkte (einerseits Heizstoffe, andererseits Heiztechnik) liegt eine Inanspruchnahme des Heizstoffhandels oder der Vertreiber von Heizanlagen nahe.

Eine große Herausforderung besteht für außerfiskalische Anreiz- und Steuerungssysteme darin, technologiespezifische Ziele und Wirkungen möglichst treffsicher auszusteuern. Während es bei staatlicher Förderung möglich ist, die gewünschten Differenzierungen durch spezifische Fördersätze sicherzustellen, müssen die Differenzierungen hier durch andersartige Festlegungen oder Mechanismen zum Ausdruck gebracht werden.

Für die konkrete Gestaltungsebene stellt sich – mit unterschiedlichen Schwerpunkten – eine Reihe von rechtskonstruktiven Fragen:

- Es ist zu klären, worin eigentlich die Begünstigung liegen und worauf sich die Verpflichtung beziehen soll, worauf genau sich diese also richten sollen.
- Auf dieser Grundlage muss geklärt werden, welche Personengruppe als Verpflichtetenkreis angesprochen werden soll.
- Es ist zu entscheiden, auf welche Weise die Geldsummen zu den jeweils Begünstigten gelangen und wie die Belastungen unter den Verpflichteten verteilt werden – auf welche Weise also die Austauschbeziehungen gestaltet werden.
- Es ist zu klären, wie das System rechtlich gesteuert und überwacht werden soll.

Bonusmodell: Beschreibung, Ausgestaltung

Vorab: Kurzbeschreibung Gesetzentwurf Nast et. al. (2006)

Für das Bonusmodell wurde im Zuge des Forschungsvorhabens Nast (DLR) et.al. auf Grundlage umfangreicher Vorüberlegungen bereits ein konkret durchformulierter Gesetzentwurf entwickelt. Das Forschungskonsortium beschreibt die wesentlichen Ausgestaltungsmerkmale zusammenfassend wie folgt (siehe Nast et.al. 2006, Anhang 2, Hintergrund und Kurzdarstellung):

„Mit dem Gesetz wird ein „Bonussystem“ für die Erzeugung von Wärme aus erneuerbaren Energien eingeführt: Wer Wärme aus erneuerbaren Energien erzeugt, erhält für die abgegebene und tatsächlich genutzte Wärme eine Bonusvergütung. Mit dem Bonus wird die durch die Verwendung von regenerativen Energien bewirkte Umweltentlastungsleistung honoriert. Der Bonus wird deshalb als „Umweltbonus“ bezeichnet. Die Pflicht zur Zahlung des Bonus liegt bei denjenigen Unternehmen, die fossile Heizstoffe auf den Markt bringen. Diese geben ihre Mehrbelastungen – wie die Netzbetreiber und Stromversorgungsunternehmen im Falle des EEG – an die Endverbraucher weiter, so dass sich im Ergebnis (bescheidene) Erhöhungen

der Endpreise für fossile Heizstoffe ergeben, mit deren Hilfe die Umsteuerung in eine nachhaltige Energiewirtschaft im Bereich der Wärmenutzungen (mit-) finanziert wird.

Das Modell soll damit in seiner Wirkungsweise weitgehend derjenigen des als Vorbild fungierenden EEG entsprechen. Im Unterschied zum EEG kann für die konkrete regelungstechnische Ausgestaltung des Bonussystems allerdings nicht auf die vorgefundenen Verteilstrukturen eines Netzes zurückgegriffen werden. Es ist nicht möglich, die (im Wärmebereich nicht existierenden) „Netzbetreiber“ oder andere an der Distribution beteiligte Unternehmen zur „Abnahme“ der erzeugten regenerativen Wärme zu verpflichten, weil sich diese als solche in aller Regel nicht an Dritte übertragen lässt. Der besonderen Umweltentlastungsleistung der regenerativen Wärmeerzeugung kann deshalb nur ein finanzieller Ausgleich gegenübergestellt werden. Ein körperlicher Austauschvorgang ist nicht möglich. Dies funktioniert in dem entworfenen Bonussystem, ohne dass es erforderlich wäre, als Surrogat für die Umweltentlastungsleistung ein besonderes System von Wertbescheinigungen (Zertifikaten) einzuführen.

Die Höhe, die zeitliche Entwicklung und die technologiespezifische Differenzierung der Boni sind die wesentlichen Steuerungsgrößen des Modells. Die Boni werden so gewählt bzw. periodisch angepasst, dass es möglich ist, das politisch anvisierte Mengenziel sowie die Verteilung des Mengenziels auf die verschiedenen Energieträger und Wärmeerzeugungstechnologien möglichst genau zu erreichen. Um den Systemaufwand bei kleinen Anlagen möglichst gering zu halten, sind für Kleinanlagen Pauschalierungen vorgesehen. Wie beim EEG liegt die Aufgabe, die Details der Bonusansprüche festzulegen und erforderlichenfalls Anpassungen vorzunehmen, unmittelbar beim Gesetzgeber.

Die Zahlungspflicht für die Boni wird im Wärme-EEG denjenigen Unternehmen auferlegt, die fossile Heizstoffe in den Verkehr bringen. Regelungstechnischer Anknüpfungspunkt ist die Erhebung der Energiesteuer auf das Inverkehrbringen der betreffenden Heizstoffe (ausgenommen ist die erst neuerdings der Energiesteuer unterliegende Kohle). Damit ergibt sich ein verhältnismäßig geringer Erhebungsaufwand, weil auf die bei den für die Vereinnahmung der Energiesteuer zuständigen Finanzbehörden (den Hauptzollämtern) vorhandenen Daten zurückgegriffen werden kann.

Die Festlegung der auf die einzelnen Bonusverpflichteten entfallenden Pflichtanteile richtet sich nach den Marktanteilen der betreffenden Unternehmen im Bereich der erfassten Heizstoffe in einer festgelegten Bemessungsperiode (Kalenderjahr). Berechnet werden kann dies, da die Erhebungsbasis insoweit identisch ist, durch Heranziehung der Energiesteuerdaten für die verpflichteten Unternehmen. Für ggf. zu

berücksichtigende Sondertatbestände sind Freistellungsanträge zu stellen. Auf dieser Grundlage werden die Verpflichtungsanteile durch eine (noch zu bestimmende) Bundesbehörde festgestellt.

Da es nicht möglich ist, sämtliche für die Feststellung der Pflichtanteile relevanten Daten nach Ablauf des den Bonusanspruch jeweils begründenden Kalenderjahrs („Bonusbemessungsjahr“) zeitnah auszuwerten, geht der Gesetzentwurf davon aus, dass die Pflichtbemessung anhand der Marktdaten des diesem vorangehenden Vorjahres erfolgt („Pflichtbemessungsjahr“).

Zur Vereinfachung der Abwicklung des Bonusmodells werden Transaktionsunternehmen („Bonusmittler“) eingeschaltet, die im Namen der Anlagenbetreiber die Vergütungsansprüche gegenüber den verpflichteten Unternehmen gebündelt übernehmen. Der Vergütungsanspruch eines EE-Wärmeerzeugers ist daran gekoppelt, dass sich dieser an einen Bonusmittler anschließt. Für die verpflichteten Brennstoffhändler hat die Einschaltung der Bonusmittler den Vorteil, dass die begünstigten EE-Wärmeerzeuger zu einer überschaubaren Anzahl von Akteuren zusammengefasst werden. Umgekehrt bringt diese Verfahrensweise auch wesentliche Erleichterungen für die Bonusberechtigten, da sie sich nicht individuell um die Begleichung ihrer Forderungen durch die Verpflichteten kümmern müssen.

Im praktischen Ablauf stellt sich das für die Bonusberechtigten so dar, dass die einzelnen EE-Wärmeerzeuger zunächst die Berechtigung für ihren Jahresbonus gegenüber ihrem Bonusmittler nachweisen. Der Bonusmittler fasst sodann alle von ihm repräsentierten (berechtigten) Ansprüche zu einem Summenanspruch zusammen und macht diesen, nach Maßgabe der behördlich zuvor festgestellten Marktanteile aufgeteilt, allen einzelnen verpflichteten Unternehmen gegenüber geltend. Nach Eingang der Zahlungen verteilt er schließlich unter Abzug von Bearbeitungsentgelten die Einzelboni an die ihm angeschlossenen EE-Wärmeerzeuger weiter.“

Worauf richten sich die Begünstigung und die Verpflichtung?

Im Bonusmodell soll ein direkter finanzieller Anreiz für die Nutzung von EE-Wärme gesetzt werden. Die Begünstigten sollen also eine Art Vergütungsanspruch erhalten. Da die EE-Wärme im Regelfall nicht über Netze transportiert und durch Dritte genutzt werden kann, lässt sich dies nur über ein ideelles Surrogat erreichen, nämlich durch den Anspruch, für die mit der Nutzung von EE-Wärme verbundene klimapolitische Entlastung einen Vergütungsbetrag zu erhalten.

Dieser Betrag lässt sich – wie im EEG – technologisch ausdifferenziert festlegen, so dass die unterschiedliche Bewertung verschiedener Technologien für die Erreichung der kurz- und langfristigen Klimaschutzziele gut zum Ausdruck bringen lässt. Es ist

auch möglich (und zur Vereinfachung wünschenswert), den Zahlungsanspruch soweit möglich zu pauschalieren (Einmalzahlung oder wenige Einzelzahlungen).

Spiegelbildlich dazu bedarf es auf der Verpflichtungsseite ebenfalls einer geldlichen Leistung, also einer Zahlungspflicht.

Wer wird verpflichtet?

Während es im Falle des EEG in Gestalt der Betreiber der jeweils nächstgelegenen Netze quasi einen „natürlichen“ Adressaten der Abnahme- und Vergütungspflicht gibt, existiert ein solcher im Wärmemarkt nicht. Deshalb bedarf es einer besonderen Rechtskonstruktion, um eine Austauschbeziehung zwischen Anspruchsinhaber und Verpflichtetem herstellen zu können.

Dabei müssen zwei „technische“ Probleme bewältigt werden:

- Da sämtlichen Nutzern von EE-Wärme eine bestimmte Geldleistung garantiert werden soll, steht nicht von Anfang an fest, wie viel die verpflichteten Unternehmen zu zahlen haben.
- Es muss sichergestellt werden, dass sich die Verpflichtungen gerecht auf sämtliche Verpflichteten verteilen. Es kann nicht sein, dass einzelne Unternehmen höhere Belastungen tragen müssen, weil sich auf Grund von Zufälligkeiten besonders viele Begünstigte an sie gewendet haben.

Im Bonussystem lassen sich diese Herausforderungen nur bewältigen, wenn es eine zentrale (bundesweite) Steuerung gibt, d. h. wenn die jeweiligen Verpflichtungsanteile nach einem bundesweit angewandten transparenten und rechtssicheren System zugeteilt werden. Aus diesem Grund kommt lediglich der Heizstoffhandel als Adressatenkreis in Betracht, und zwar auf der obersten Ebene, also auf der Ebene des Großhandels. Verpflichtet werden müssen demnach diejenigen Unternehmen, die in Deutschland (erstmalig) Heizstoffe in Verkehr bringen. Der Adressatenkreis ist damit identisch mit den Verpflichteten zur Zahlung der Energiesteuer auf Heizstoffe (wobei darauf hinzuweisen ist, dass dies bei den festen und flüssigen Herstellern diejenigen Unternehmen wären, welche die Heizstoffe nach Deutschland einführen, während die Bestimmungen des Energiesteuergesetzes für die Besteuerung von Erdgas vorsehen, dass die Besteuerung bei denjenigen Unternehmen ansetzt, die das Gas an die Endkunden abgeben (z. B. auch die Stadtwerke).

Eine Verpflichtung des Einzelhandels für Heizstoffe oder auch des Einzelhandels für Heizanlagen scheidet aus, weil der Verpflichtetenkreis zu kleinteilig wäre, um eine bundesweite Anteilsfestlegung zu ermöglichen. Der Großhandel für Heizanlagen kommt nicht in Betracht, weil es im Unterschied zu dem der Energiesteuer unterliegenden Inverkehrbringen von Heizstoffen keine Strukturen gibt, an die sich mit der Anteilsfestlegung und der nötigen Überwachung anknüpfen ließe.

Wie werden die Austauschbeziehungen praktisch gestaltet?

Die schwierigste Konstruktionsfrage liegt für das Bonusmodell darin, wie praktisch und rechtssicher festgestellt werden kann, wer wem gegenüber wozu verpflichtet ist.

Die Adressaten der Begünstigung sollen einen sicheren und auch der Höhe nach klar absehbaren finanziellen Vorteil erlangen. Die Anzahl der Fälle der Entstehung eines solchen Anspruchs ist außerordentlich hoch. Bei jährlich ca. einer halben Million Fällen des Heizungsaustauschs können jährlich einige hunderttausend Anwendungsfälle allein für Neuanlagen in Bestandsgebäuden zusammenkommen. Die auf der anderen Seite als Verpflichtete angesprochenen Unternehmen des Heizstoffmarkts müssen dazu gebracht werden, an bestimmte Einzelpersonen Geldleistungen zu zahlen. Bei alledem soll vermieden werden, dass sich die einzelnen EE-Anlagenbetreiber durch ein für sie nicht durchschaubares System überfordert fühlen. Auch sollen die Austauschbeziehungen möglichst reibungslos abgewickelt werden, ohne dass es zu einer Vielzahl von Streitigkeiten kommt.

Um dies zu ermöglichen, schlagen Nast et.al. vor, dass die Ansprüche der EE-Nutzer über von diesen selbst gewählte besondere Transaktionsunternehmen (Bonusmittler) bündeln und so gegenüber den Verpflichteten Unternehmen als Verpflichtetengemeinschaften auftreten. Dadurch können die Austauschvorgänge klar strukturiert werden. Es entstehen rechtlich klare Austauschbeziehungen einerseits zwischen Bonusberechtigten und Bonusmittlerunternehmen, andererseits zwischen Bonusmittlern und verpflichteten Unternehmen.

Steuerung und Überwachung

Das Bonussystem bedarf einer bundesweiten Steuerung. Die Verpflichtungsanteile der einzelnen Unternehmen können nur für den Gesamtmarkt in Deutschland einheitlich festgelegt werden, da abgeschlossene regionale Teilmärkte nicht existieren. Als Bemessungsgrundlage bieten sich die von den Unternehmen zu zahlenden Energiesteuern auf fossile Heizstoffe, weil diese die Marktanteile des fossilen (klimaschädigenden) Heizstoffmarkts angemessen widerspiegeln.

Die Feststellung der Verpflichtungsanteile einerseits und der sich aus der Summe der pro Jahr entstandenen Vergütungsansprüche einerseits kann/sollte einer Bundesbehörde überantwortet werden.

Ein nicht unerhebliches Wirkungsproblem zeigt sich, wenn man das System in der zeitlichen Abwicklung durchspielt. Da die Bonusmittler das ihnen zustehende Geld von den Verpflichteten erst erhalten können, wenn die Berechnung für das jeweils zurückliegende Jahr abgeschlossen ist, ergibt sich, dass die Bonusberechtigten ihr Geld erst mit mehreren Monaten bis über ein Jahr nach der Entstehung des

Anspruchs erhalten können. Sofort verfügen und z.B. beim Erwerb einer EE-Anlage anrechnen lässt sich der Betrag nur, wenn dieser durch den Bonusmittler oder den Verkäufer vorfinanziert wird (was denkbar ist und am Markt möglicherweise üblich würde).

Zur Überwachung der Einzelanlagen ist es erforderlich, die Inbetriebnahme der Anlagen und deren Leistungsmerkmale sowie ggf. die Daten ihrer tatsächlichen Nutzung verlässlich zu dokumentieren. Diese Aufgabe kann durch geeignete Sachkundige/Sachverständige übernommen werden.

Quotenmodell: Beschreibung, Ausgestaltung

Worauf richten sich die Begünstigung und die Verpflichtung?

Während das Bonusmodell „vom Anreiz her“ gedacht ist, setzt das Quotenmodell auf der Verpflichtungsseite an. Im Zentrum steht die Verpflichtung, eine bestimmte Menge an EE-Produkten anzunehmen oder zu veräußern.

Wie beim Bonusmodell kann sich auch die Quote nicht auf das Endprodukt „EE-Wärme“ beziehen, weil diese als solches nicht übertragbar ist. Auch hier muss der Gegenstand ein handelsfähiges Surrogat sein, also eine Art Zertifikat für die Nutzung von EE-Wärme bzw. die damit verbundene Umweltentlastungsleistung. Soweit das verpflichtete Unternehmen selbst (auch) EE-Produkte veräußert, hat es die Möglichkeit, die selbst veräußerten EE-Produkte anzurechnen, im Übrigen müsste es sich Zertifikate von anderen dazu kaufen.

Die mengenmäßige Festlegung kann sich dabei entweder auf einen Marktanteil beziehen (wie es beim Bonusmodell in der soeben dargestellten Form der Fall ist) oder auf eine einzelwirtschaftliche Bezugsgröße des jeweils verpflichteten Unternehmens (z.B. den Jahresumsatz, die Summe der in einem Jahr veräußerten fossilen Heizstoffe oder die Gesamtleistung aller im Jahr veräußerten Heizanlagen). Legt man eine einzelwirtschaftliche Bezugsgröße zugrunde, so hat das den Vorteil, dass es anders als beim Bonusmodell keiner Anteilsberechnung am bundesdeutschen Gesamtmarkt bedarf. Wirkungstechnisch bringt das zugleich den Vorzug mit sich, dass die verpflichteten Unternehmen jederzeit ermessen können, wie weit sie von der Pflichterfüllung entfernt sind. Es wird gezielt ein Anreiz geweckt, selbst möglichst viele EE-Produkte in den Markt zu bringen.

Bei den EE-Nutzern kommt die Anreizwirkung jedoch nur indirekt an. Sie können sich im idealtypischen Quotenmodell nicht auf den Erhalt einer bestimmten Vergütung verlassen. Vielmehr wird ihnen ein wirtschaftlicher Vorteil dadurch vermittelt, dass ihnen selbst EE-Zertifikate abgekauft werden (z. B. ein EE-Zertifikat für die selbst erzeugte und genutzte EE-Wärme). Möglich ist es darüber hinaus je nach konkreter

Ausgestaltung auch, dass die Verpflichteten selbst handelbare EE-Produkte veräußern (z.B. Biogas oder Holzpellets, Solaranlagen oder Wärmepumpen) und dadurch für sich selbst EE-Zertifikate generieren. Wie hoch der Preis für die EE-Zertifikate und damit der vermittelte Anreizeffekt zum Einsatz von EE ist, ist von den Marktverhältnissen abhängig und kann von den EE-Nutzern nicht unmittelbar durchschaut werden. Es ist auch möglich, dass die Vorteile verschleiert und nicht vollständig an die EE-Nutzer weitergegeben werden (z. B. indem zwar eine bestimmte Summe für das EE-Zertifikat gezahlt wird, dafür aber das Produkt selbst teurer angeboten wird, so dass der preismindernde Effekt geringer ausfällt).

Problematisch ist aus der Sicht der EE-Nutzer bei dem idealtypischen Quotenmodell, dass der wirtschaftliche Gegenwert der Zertifikate Schwankungen unterliegt. Der wirtschaftliche Anreiz kann geringer werden oder gar ganz ausfallen, wenn die Verpflichteten ihre Quote erfüllt haben und / oder absehbar ist, dass sie für die Übererfüllungsanteile am Markt nur geringe Gegenleistungen Dritter erhalten.

Vor diesem Hintergrund spricht viel dafür, innerhalb des Quotenmodells eine Untergrenze für den Zertifikatspreis vorzusehen, auch wenn dies innerhalb des Systems zu strukturellen Spannungen führen würde. Das ist grundsätzlich möglich, würde aber praktisch dazu führen, dass die verpflichteten Unternehmen die ihnen angebotene EE-Umweltleistung selbst dann annehmen und zu dem Mindestsatz vergüten müssten, wenn sie ihre Quote an sich bereits erfüllt haben. In der Folge wären umfangreiche Regelungen über den nachträglichen Ausgleich zu schaffen, sei es mit der Erlaubnis zum sog. „Banking“ (Übertragung der Übererfüllung auf das Folgejahr) oder mit einem gegenseitigen Ausgleichsanspruch zwischen den Unternehmen. Es müsste also ein besonderer Ausgleichsmechanismus geschaffen werden, der es ermöglicht, die aus der Übererfüllung resultierenden Belastungen unter den am System als Verpflichtete beteiligten Unternehmen gerecht zu verteilen. Hierzu wurden bislang noch keine genaueren Überlegungen angestellt.

Um die längerfristigen Entwicklungsziele gegenüber den kurzfristigen Erfolgen nicht ins Hintertreffen geraten zu lassen, ist es auch innerhalb eines Quotenmodells wichtig, technologiespezifische Differenzierungen vorzunehmen. Auf die technologiespezifische Bewertung bzw. Gewichtung kann aus wissenschaftlicher Sicht nicht verzichtet werden, weil anderenfalls die Gefahr besteht, dass kurzfristig preislich besonders günstig erscheinende Technologien, von denen aber für die weitere Entwicklungsperspektive wenig Impulse ausgehen (können) oder deren CO₂-Minderungsleistung vergleichsweise gering ist, gegenüber anspruchsvolleren Technologien wesentliche Marktvorteile erhielten. Das gilt insbesondere für das Verhältnis zwischen EE-Arten, bei denen der Investitionsaufwand gering ist und eine große Flexibilität in der Nutzung besteht, weil nur der Heizstoff ausgetauscht werden muss (namentlich Biogas an Stelle von Erdgas oder Bioöl an Stelle fossilen Heizöls)

und solchen, bei denen eine einmalige Investitionsentscheidung für eine neue Technologie getroffen werden muss, die mit einem relativ großen Kostenaufwand verbunden ist (z. B. bei Solaranlagen, Wärmepumpen, Holzpellets). Würde dem Markt insofern „freier Lauf“ gelassen werden, so bestünde die Gefahr problematischer Entwicklungshemmnisse für bestimmte Technologien, die auf längere klimapolitische Perspektive besonders wichtig sind und bei denen höherer technischer Entwicklungsbedarf besteht.

Relativ einfach lässt sich ein solches technologiespezifisches Bewertungsraster im Falle des Bonus aufbauen, weil hier – ähnlich wie es beim EEG der Fall ist – mit festen Vergütungssätzen (Boni) gearbeitet wird. Etwas anders liegt es beim Quotenansatz, da hier – jedenfalls idealtypisch – der Preis erst durch den Markt gebildet werden soll. Auch hier ist ein entsprechendes Vorgehen aber möglich, indem im Gesetz preisunabhängige Gewichtungsfaktoren für die einzelnen technologischen Varianten vorgegeben werden.

Wer wird verpflichtet?

Anders als im Bonussystem ist es beim Quotenansatz nicht unbedingt erforderlich und sinnvoll, die Ebene des Großhandels anzusprechen. Das gilt jedenfalls für die ohnehin interessantere Variante, dass die Verpflichtungsquoten nicht auf Marktanteile, sondern auf einzelwirtschaftliche Kenngrößen des verpflichteten Unternehmens selbst bezogen werden (z. B. Umsatz, Menge der abgesetzten Heizstoffe oder Gesamtleistung aller im Jahr veräußerten Heizanlagen). Da es in diesem Falle keiner bundesweiten Feststellung der jeweiligen Markt- und Verpflichtungsanteile bedarf, ist es vorstellbar, stattdessen Akteure des Einzelhandels zu adressieren.

Hierbei spricht wiederum einiges dafür, eher den Markt für Heizanlagen als den Markt für Heizstoffe anzusprechen. Denn die Entscheidung für oder gegen eine EE-Nutzung wird ganz überwiegend bei dem Erwerb bzw. der Installation einer neuen Heizanlage getroffen, nicht beim Erwerb der verbrauchten Heizstoffe. Die Steuerungs- und Anreizwirkung des Quotenmodells ist bei einem Ansetzen am Vorgang des Anlagenerwerbs bzw. der Anlageninstallation sehr viel direkter als beim Erwerb von Heizstoffen.

Allerdings bringt das Ansetzen beim Einzelhandel auch die Herausforderung mit sich, relativ kleinteilige Allokationsstrukturen aufbauen und überwachen zu müssen. Die Anzahl der Akteure ist verhältnismäßig groß, der Verpflichtetenkreis heterogen und die Anfälligkeit für Unregelmäßigkeiten ist größer. Ein beim Großhandel ansetzendes Modell ist besser überschau- und überwachbar.

Wie werden die Austauschbeziehungen praktisch gestaltet?

Hinsichtlich der konkreten Gestaltung der Austauschbeziehungen zwischen den begünstigten EE-Nutzern und den verpflichteten Akteuren sind die Einzelfragen noch weitgehend ungeklärt. (z. B. wer die Zertifikate erhält: die Erzeuger und Nutzer von Wärme aus EE oder die Händler, die EE-Produkte an den Markt bringen). Hieran anknüpfend ist zu klären, welche Bemessungsgrößen zur Anwendung kommen sollen. Sofern eine Buy-Out-Möglichkeit geschaffen werden soll, müssen hierfür die Voraussetzungen geregelt werden. Auch ist danach zu fragen, wohin die Einnahmen gehen, wer sie verwaltet und wie die Gelder verausgabt werden.

Aufwändig ist auch die Sicherung einer gerechten Verteilung der Belastungen unter den Verpflichteten. Denn zum einen bedarf es eines Ausgleichs zwischen Unternehmen, die ihre Quote (unter Umständen deutlich) übererfüllen und solchen, die davon entfernt sind. Zum anderen ist es wichtig, eine praktikable Lösung für den Fall der „Sättigung“ der Quote vorzusehen, wenn also der Marktpreis ohne Abnahmepflicht unter die gesetzlich garantierte Mindesthöhe sinken würde, weil mit einer allgemeinen Übererfüllung der Quote zu rechnen ist.

Der Ausgleich innerhalb des Markts der Zertifikate sollte an sich „von selbst“ erfolgen. Ob das aber ohne weiteres möglich ist, kann auch der Sicht dieses Berichts nicht sicher festgestellt werden. Über die hiermit zusammenhängenden Fragen müsste bei einer politischen Entscheidung für ein Quotenmodell ggf. an anderer Stelle nähere Überlegungen angestellt werden.

Steuerung und Überwachung

Für die Steuerung und Überwachung in Quotenmodellen stellen sich diverse Ausgestaltungsfragen, die bislang wissenschaftlich noch nicht im Detail untersucht worden sind.

Die Ausgabe der Zertifikate ließe sich wie beim Emissionshandel über eine Zentrale Registrierungs- und Vergabestelle auf Bundesebene vorstellen, die ähnlich der DEHSt wie eine Bank agiert. Der Erhalt der Zertifikate müsste, je nach Ausgestaltungsvariante, an einen geeigneten Nachweis für die Veräußerung von EE-Heizstoffen oder EE-Anlagen gekoppelt werden, wobei unter Umständen auch weitergehende Nachweise für die tatsächliche Nutzung gefordert werden müssten. Dafür müssten bundesweit einheitliche Nachweisbestimmungen geschaffen werden, aus denen sich auch einheitliche Dokumentierungsvorgaben ergeben müssten.

Die Prüfung bei den verpflichteten Unternehmen könnte vereidigten Wirtschaftsprüfern überantwortet werden, die Prüfung bei den EE-Endnutzern könnte durch Sachverständige / Sachkundige erfolgen.

Zu beachten ist, dass ein nicht unerhebliches Missbrauchsrisiko bestehen würde, weil es leicht zu Mehrfachanrechnungen oder Scheinbuchungen kommen könnte. Deshalb wäre es wichtig, sowohl bei den einzelnen Unternehmen als auch bei den begünstigten EE-Nutzern stichprobenartig behördliche Prüfungen vorzusehen. Hierfür könnten sowohl Landesbehörden als auch von einer Bundesbehörde beauftragte Prüfer eingesetzt werden.

Außerdem ist ggf. zu empfehlen, relativ drastische Sanktionen für Missbrauchsfälle vorzusehen, um eine weitgehende Beachtung der gesetzlichen Vorschriften sicherstellen zu können (und damit zugleich die Anzahl der notwendigen Prüfungen überschaubar zu halten).

Vorteile

Die gemeinsamen Vorteile von Bonus- und Quotenmodellen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Gegenüber fiskalischen Modellen besteht ein wesentlicher Vorzug in der (vollständigen) Budgetunabhängigkeit. Aus dieser ergibt sich eine im Verhältnis zu fiskalischen Programmen potenziell größere Verlässlichkeit. Je nach Ausgestaltung kann diese jedoch geringer ausfallen, wenn die EE-Nutzer wesentliche marktbedingte Schwankungen ihrer Einnahmen befürchten müssen. Daher ist es wichtig, innerhalb des Systems für eine weitgehende Stabilität des finanziellen Anreizes zu sorgen, Gelingt das nicht, so geht im Verhältnis zu rein fiskalischen Instrumenten ein wesentlicher Vorteil verloren.
- Im Gegensatz zu Pflichtinstrumenten kommt es nicht zur Herausforderung von Abwehrreaktionen, sondern zu wirtschaftlichen Anreizimpulsen. Gegenüber Pflichtinstrumenten lässt sich deshalb potenziell eine deutlich höhere Entwicklungsdynamik erzielen.
- Zu beachten ist, dass es für die Anreizwirkung tragend auf die konkrete Ausgestaltung ankommt. Die Entfaltung der Anreize ist in hohem Maße von der technologiespezifischen Steuerung abhängig. Um eine reelle Chancen- und Anreizgleichheit auch derjenigen Technologien sicherzustellen, bei denen der Kostenschwerpunkt im investiven Bereich liegt, bedarf es zwingend einer angemessenen technologiespezifischen Differenzierung bzw. Gewichtung.

Nachteile/Probleme

Bonus- und Quotenmodelle haben aber im Vergleich zu ordnungsrechtlichen Pflichtsystemen und staatlich finanzierten Fördermodellen auch Nachteile:

- Für beide Ansätze gilt, dass es einer aufwändigen Regelungskonstruktion bedarf, um ein „künstliches Marktsystem“ zu schaffen. Der gesetzliche Regelungsaufwand ist erheblich.
- Ähnliches gilt für die Ebene der Nachweiskontrolle, Überwachung und Steuerung (wobei diese großenteils auch auf die verpflichteten selbst bzw. auf Private

verlagert werden kann, so dass der rein behördliche Aufwand nicht oder nicht erheblich größer sein muss als bei Pflichtinstrumenten).

Vor- und Nachteile der Varianten

Der entscheidende Vorzug des Bonussystems gegenüber dem „reinen“ Quotenmodell ist die von ihm ausgestrahlte höhere Investitionssicherheit. Die Festlegung fester Bonussätze schafft bei den (potenziellen) EE-Anwendern tendenziell ein sicheres Investitionsklima. Wird die Höhe der zu erhaltenden Geldsumme demgegenüber von den Gegebenheiten am Markt abhängig gemacht, ist zu erwarten, dass die Anreizwirkung für potenzielle EE-Nutzer wesentlich geringer ist.

Ein Quotensystem kann daher nach Auffassung der Forschungsnehmer nur unter zwei Voraussetzungen als mit einem Bonussystem vergleichbar attraktiv erachtet werden:

- Erstens bedarf es zwingend auch im Quotensystem einer technologiebezogenen Differenzierung, weil anderenfalls die Gefahr bestünde, dass es zu einer einseitigen Förderung von „auf den ersten Blick“ besonders preisgünstigen und flexiblen EE-Nutzungsarten kommt und damit Entwicklungshemmnisse für bestimmte, besonders innovative und perspektivisch daher besonders wichtige Technologien entstehen.
- Zweitens müsste das Modell so gestaltet werden, dass auch innerhalb des Quotensystems der Erhalt einer Mindestvergütung sichergestellt werden kann. Das ist grundsätzlich nicht unmöglich. Es entstünde innerhalb des Quotensystems aber eine starke innere Spannung, weil sich die modelltypisch an sich erwünschte Preisbildung am Markt nicht oder nur begrenzt (nämlich oberhalb der Mindestvergütungen) einstellen könnte. Nachteilig ist für die rechtliche Konstruktion eines solchen „Quotenmodells mit Mindestvergütung“ allerdings, dass deshalb Regelungen für einen nachträglichen Ausgleich nötig würden, weil die verpflichteten Unternehmen die ihnen angebotene EE-Umweltleistung selbst dann annehmen und zu dem Mindestsatz vergüten müssten, wenn sie ihre Quote an sich bereits erfüllt haben. Über den erforderlichen „Ausgleichsmechanismus“ müssten an anderer Stelle genauere Überlegungen angestellt werden.

Ein nicht unbedeutendes Strukturproblem liegt auf der anderen Seite beim Bonusmodell darin, dass es zu einer bundesweiten Berechnung der Pflichtanteile der einzelnen verpflichteten Unternehmen kommen muss. Die EE-Nutzer können ihr Geld nicht von irgendeinem Unternehmen erhalten. Es muss festgestellt werden, wer ihnen gegenüber in welchem Umfang zahlungsverpflichtet ist. Das kann, wie in dem Forschungsvorhaben *Nast (DLR) et.al. 2006* gezeigt wurde, durch die Zwischenschaltung von Bonusmittlern auf Seiten der Begünstigten und durch eine Berechnung der Pflichtanteile auf Basis von Daten zur Energiesteuer geschehen.

Dadurch dürfte die Funktionssicherheit gewährleistet werden können. Es bliebe aber der Nachteil, dass die Begünstigten ihr Geld erst nach erfolgter Pflichtanteilsberechnung erhalten könnten (sofern ihnen der Bonusmittler das Geld nicht vorstreckt).

Auf eine Berechnung von Pflichtanteilen könnte demgegenüber im Quotenmodell verzichtet werden, wenn sich die Höhe der Verpflichtung nicht nach Marktanteilen richtet, sondern nach individuellen wirtschaftlichen Kennzahlen des einzelnen Unternehmens (z. B. des Höhe des eigenen Umsatzes o. ä.). In diesem Falle wäre es auch möglich, anders als im Bonussystem nicht den Großhandel (Importeure und Erzeuger von Heizstoffen) als Verpflichtete zu adressieren, sondern den Einzelhandel für Heizanlagen. Das hätte von der Anreizwirkung her den wesentlichen Vorteil, dass damit direkt an der Stelle angesetzt werden könnte, an der die Entscheidung der Endnutzer für oder gegen den Einsatz von EE zur Wärmenutzung getroffen wird. Eine an dieser Stelle ansetzende Quotenverpflichtung hätte daher zur Folge, dass bei den Anbietern von Heizanlagen ein verstärktes Interesse herausgefordert würde, an Stelle von konventionellen Anlagen EE-Technologien zu veräußern. **Aus diesem Grund wird hier für den Fall, dass es zu einem Quotenmodell kommen sollte, in der Tendenz empfohlen, beim Heizanlagenhandel und nicht bei Heizstoffhandel anzusetzen.**

Folgerungen

Ein haushaltsunabhängiges wirtschaftliches Anreizinstrument ist als Bonus- oder als Quotenmodell vorstellbar. Beide Optionen, für die jeweils unterschiedliche Ausgestaltungen im Detail denkbar sind, erfordern einen sehr großen Regelungsaufwand und die Bildung eines neuen, eigenständigen Nachweis- und Steuerungssystems.

Bonus- und Quotensysteme fordern anders als EE-Nutzungspflichten auf Seiten derer, die letztendlich in die EE-Wärmeanlagen investieren sollen, keine Abwehrreaktionen heraus, sondern reizen zum „Mitmachen“ an. Auf Grund dieser Wirkungsweise sind sie potenziell besser geeignet, eine positive Entwicklungsdynamik auszulösen und zu unterstützen. Der Bonus wirkt in dieser Hinsicht direkter als die Quote.

Bonus- und Quotensysteme bieten den EE-Nutzern im Vergleich zu fiskalischen Förderprogrammen potenziell mehr Verlässlichkeit. Das gilt aber sicher nur, soweit in dem System Mindestvergütungen oder Mindestpreise garantiert werden können. Das ist bei beiden Optionen möglich, im Falle der Quote jedoch mit einem höheren administrativen Aufwand verbunden, weil hierfür die Schaffung eines besonderen Ausgleichsmechanismus nötig ist (während es im Bonussystem selbstverständlich ist).

Auf der Ausgestaltungsebene ist wichtig sicherzustellen, dass es zu einer technologiespezifischen Differenzierung kommt, um zu verhindern dass investitionsintensive Technologien gleiche Chancen erhalten und klimapolitisch besonders bedeutsame Technologien ausreichende Entwicklungsimpulse erhalten.

Ergänzend sei darauf hingewiesen, dass auch ein Bonus- oder Quotenmodell europarechtssicher nur zusätzlich zu der (auf Gebäude mit größeren Renovierungsarbeiten auszudehnenden) anteiligen EE-Nutzungspflicht möglich sein dürfte.

10.6.5 Flankierende / unterstützende Instrumente

In dem vorliegenden Kapitel soll, ohne hierbei in die Tiefe zu gehen oder zu endgültigen Empfehlungen zu kommen, auf einige für den Ausbau der EE-Nutzung im Gebäudebestand zusätzliche rechtliche Gestaltungsmöglichkeiten hingewiesen werden, denen nicht die Rolle des zentralen Steuerungsinstruments zukommen kann, die für das Gelingen der Gesamtstrategie jedoch gleichwohl von großer Bedeutung sind.

Ordnungsrechtliche Anforderungen an Heizanlagen

Die ordnungsrechtlichen Anforderungen an den Einsatz und den Betrieb von Heizanlagen sind im gegenwärtigen Recht sehr schwach ausgeprägt. Es könnten deutliche Impulse zum Ersatz energetisch unzureichender Altanlagen durch modernere Anlagen gesetzt werden, die damit zugleich Anlass zu Überlegungen über einen Wechsel zu EE-Technologien böten:

- Es ist möglich, den Fortbetrieb alter Heizanlagen über bestimmte Zeitpunkte hinaus zu untersagen oder Mindestanforderungen an die Effizienz vorzugeben, die von bestimmten Zeitpunkten an zum Austausch besonders ineffizienter Altanlagen zwingen (die insoweit bestehenden Regelungen in der 1. BImSchV und in der EnEV setzen insofern keine ausreichenden Impulse).
- Es ist klimapolitisch sinnvoll, für neue (fossil betriebene) Heizanlagen anspruchsvolle Mindestanforderungen an die Effizienz vorzugeben.
- Für den Betrieb von Heizanlagen (ggf. auch für solche ab einem gewissen Alter) könnten Energiechecks vorgeschrieben werden.
- Es könnte ein Zeitplan für den Ausstieg aus der Nutzung von fossilen Ölheizungen entwickelt werden.

Mietrecht und Wohnungseigentumsrecht

Bei einer Ausweitung des EEWärmeG auf den Gebäudebestand ergibt sich im Wohnungsmietrecht des BGB rechtlicher Änderungsbedarf (zum Ganzen eingehend Klinski / UBA 2009: Rechtskonzepte zur Beseitigung des Staus energetischer Gebäudesanierung):

- Zum einen ist die Frage zu klären, ob und unter welchen Voraussetzungen Mieter verpflichtet sind, die Umstellung auf EE nach dem EEWärmeG zu dulden. Insoweit bestehen auf Grundlage des derzeitigen Rechts erhebliche Unsicherheiten. Eine absolute Duldungspflicht gilt für diesen Fall derzeit nicht, weil das EEWärmeG den Hauseigentümern verschiedene Wahlmöglichkeiten lässt. Die deshalb nur geltende relative Duldungspflicht nach § 554 Abs. 2 BGB steht unter der eingeschränkten Voraussetzung, dass die Mieter keine (überwiegenden) Härtegründe geltend machen. Außerdem ist nicht für sämtliche technologischen Varianten geklärt, dass auf sie § 554 Abs. 2 BGB Anwendung findet.
- Hieran anknüpfend stellt sich die Frage, ob und ggf. inwieweit die Vermieter für die Maßnahmen eine sog. Modernisierungsumlage nach § 559 BGB verlangen können.

Im Falle der Schaffung einer Nutzungspflicht für Gebäude, aber auch unter Geltung eines alternativen Anreizinstruments werden diese Vorschriften auf geeignete Weise anzupassen sein. Hierzu gibt es verschiedene Ausgestaltungsmöglichkeiten, die vor dem Hintergrund des Spannungsfelds der Vermieter- und Mieterinteressen politische Kontroversen auslösen dürften.

Auch im Wohnungseigentumsrecht gibt es in dieser Hinsicht Änderungsbedarf. Nach gegenwärtiger Rechtslage würde die Umsetzung von Wahl-Pflichtanforderungen des EEWärmeG der Zustimmung einer Mehrheit von 3/4 der Eigentümergemeinschaft erfordern.

Steuerrecht

Im Steuerrecht ergibt sich ähnlich wie im Mietrecht einerseits die Aufgabe des Abbaus von Hemmnissen, andererseits die Frage, ob und ggf. inwieweit indirekte Anreize für die Umstellung auf EE gesetzt werden sollten:

- Ein wesentliches Hemmnis des Einkommensteuerrechts liegt zurzeit darin, dass kurze Zeit nach der Anschaffung neuer Immobilien entstehende Aufwendungen für die energetische Modernisierung im Hinblick auf die Abschreibungsmöglichkeiten wie der Neuerwerb behandelt werden. Das bedeutet: Unmittelbar nach dem Erwerb anfallenden Investitionen in energetische Verbesserungen müssen über einen Zeitraum von 50 Jahren abgeschrieben werden.
- Zur Verbesserung der steuerrechtlichen Situation für energetische Verbesserungsmaßnahmen sind in den interessierten Kreisen gegenwärtig verschiedene Optionen im Gespräch. Dazu gehören unter anderem die Wiedereinführung des früheren § 82a EStG (Sonderabschreibungen für energetische Verbesserungen), die Einführung steuerlicher Entlastungen wie bei Denkmalschutzinvestitionen und die Erweiterung der steuerlichen Begünstigung

für haushaltsnahe Handwerkerleistungen auf Sachmittel für energetische Verbesserungen.

Ein integrierendes Klimaschutzgesetz des Bundes?

Aus der übergeordneten Steuerungsperspektive stellt sich darüber hinaus generell die Frage, in welchem Verhältnis die Bestimmungen zur Förderung speziell des EE-Einsatzes bei der Gebäudewärme und der Bestimmungen des Energieeinsparrechts. Vor dem Hintergrund dessen, dass mittlerweile die Notwendigkeit einer langfristig sehr deutlichen Reduzierung der Treibhausgasemissionen (bis in den Rahmen von 80/90/95 % im Jahr 2050) politisch anerkannt ist, erscheint der bisherige Ansatz der Energieeinsparverordnung und des Energieeinspargesetzes – welches von der Entstehungsgeschichte her ursprünglich ein Werkzeug zur Ressourcenschonung sein sollte – zu kleinteilig und kurzfristig angelegt. Für den Gesetzgeber stellt sich die Aufgabe, die Klimaschutzinstrumente auf Bundesebene konsistenter und insgesamt anspruchsvoller zusammen zu führen. In dessen Mittelpunkt könnte ein längerfristig angelegtes Stufenkonzept zur Sanierung des Gebäudebestands stehen, welches gesetzes technisch in einem integrierenden Klimaschutzgesetz des Bundes niedergelegt werden könnte.

10.6.6 Vergleichende Bewertung der Instrumentenoptionen

In der Gesamtbewertung zeigt sich, dass es den „Königsweg“ eines in jeder Hinsicht besten Steuerungsinstruments für die EE-Nutzung im Gebäudebestand nicht gibt.

Herauszuheben sind in der Schlussbewertung folgende Gesichtspunkte:

- Aus der EE-Richtlinie folgt grundsätzlich die Notwendigkeit, die bestehende anteilige Nutzungspflicht auf einen (kleinen) Teil des Gebäudebestands auszudehnen – nämlich auf Gebäude, an denen größere Renovierungsarbeiten vorgenommen werden.
- Um Konflikte mit der EE-RL zu vermeiden, sollte bei Realisierung eines anderen/ weiteren Instruments sichergestellt werden, dass die Nutzungspflicht für neue sowie für bestehende Gebäude mit größeren Renovierungsarbeiten unangetastet bleibt. Das geht sowohl durch klare Abgrenzung der Anwendungsbereiche als auch im Wege einer Überlappung, solange dabei die Geltung der Nutzungspflicht nicht beschränkt wird.
- **Das bei haushaltsabhängiger Förderung grundsätzlich bestehende Problem mangelnder Verlässlichkeit aus Investorensicht lässt sich vom Ansatz her nicht nur durch ein haushaltsunabhängiges Instrument lösen, sondern auch dadurch, dass ein gesetzlicher Anspruch auf Förderung festgelegt wird.** Das weitere Problem des nötigen Haushaltsvolumens ließe sich über eine (freiwillige) Fondslösung oder über eine Erhöhung der Energiesteuer auf fossile Heizstoffe angehen.
- Eine Ausweitung des Nutzungspflichtmodells auf den gesamten Gebäudebestand ist vergleichsweise konfliktträchtig und dürfte daher auf mangelnde Akzeptanz

stoßen. Dieses Problem könnte zwar durch eine wahlweise zu zahlende Ersatzabgabe oder die Ermöglichung eines Gutschriftenhandels abgemildert, aber nicht vollständig beseitigt werden.

- Die haushaltsunabhängigen Anreizinstrumente des Bonus- oder Quotenmodells sind von ihrer Wirkungsweise her positiv zu beurteilen, aber regelungs- und vollzugstechnisch vergleichsweise aufwändig. Dabei hat das Bonusmodell den Vorteil, dass durch die in ihm angelegte technologisch differenzierte Mindestvergütung von vornherein eine stabile wirtschaftliche Planungsgrundlage geschaffen würde. Im Quotenmodell müsste durch geeignete Flankierungen sichergestellt werden, dass keine Verzerrungen in der Anreizwirkung zu Gunsten bzw. zu Lasten bestimmter Technologien entstünden (technologiebezogene Gewichtungsfaktoren, Mindestpreisregelung). Sofern ein Quotenmodell bevorzugt werden sollte, kann statt der Großhandelsebene auch daran gedacht werden, den Einzelhandel mit Heizanlagen zu adressieren. Dann würde die Anreizregelung genau an der Stelle ansetzen, an der die Endnutzer die Entscheidung über die Wahl des Energieträgers treffen: bei dem Erwerb neuer Heizanlagen. Insbesondere für das Quotenmodell mit seinen verschiedenen denkbaren Varianten stellt sich eine Vielzahl von Ausgestaltungsfragen, die noch zu klären wären, bevor eine endgültige Bewertung ausgesprochen werden kann.

11. Anhang

11.1 Zu Kapitel 4

Methoden zur Ermittlung der Nutzungsanteile für solare Strahlungsenergie

Methode 1 für Neubauten ab 2008

Die Grundlage für die Abschätzung der Installationen bei Neubauten bilden die MAP-BAFA geförderten solarthermischen Anlagen.⁸³ Aus den Daten der BAFA ist die Anzahl und Fläche der geförderten und in Betrieb genommenen Solaranlagen ab 2008 unterschieden nach dem Merkmal „Neubau“, „Bestandsgebäuden“, „ohne Differenzierung“ zu entnehmen. Allerdings umfasst die Gruppe „ohne Differenzierung“ in 2008 noch einen Großteil der geförderten Anlagen. Erst in 2009 sind entsprechend klare Zuordnungen möglich. Daher wird basierend auf den Werten für 2009 und bisherigen Abschätzung zu Neubautenanteilen im MAP-BAFA-programm eine Bandbreite von 8 - 12 % für den Anteil im Wohnungsneubau (24 % bei Nicht-Wohngebäude) angesetzt. Für 2009 wird eine Spanne von 11 – 13 %, für 2010 von 12 % -16 % angesetzt, da neuere Zahlen auf einen unteren Anteil von ca. 12 % Neubauten an den MAP-Förderungen (in 2009) hinweisen. Des Weiteren werden die Installationen nach Förderempfängertyp „private Personen“, „Freiberufler“, „öffentlich-rechtliche Einrichtungen“, „KMU“, „Kontraktoren“ ausgewiesen. Dies ermöglicht zumindest eine ungefähre Unterteilung in private und betriebliche Nutzung und damit in Wohn- und Nichtwohngebäude. Zur Abschätzung der insgesamt installierten Kollektorflächen im Neubau bzw. der Solaranlagenanzahl wird die Relation der MAP-BAFA geförderten Kollektoren zu den in „EE in Zahlen“ [BMU 2009e] ausgewiesenen Kollektoren auf die Installationen in Neubauten für Wohn- und Nicht-Wohngebäude übertragen. Die Vorgehensweise ist in Abbildung 95 schematisch dargestellt. Im ersten Schritt (Schritt 1) erfolgt eine Unterteilung der im MAP-BAFA Programm geförderten Installationen in Wohn- und Nicht-Wohngebäude auf Basis des Förderempfängertyps sowie eine Differenzierung nach Neubauten und Bestand (Schritt 2). Eine Hochrechnung der MAP-BAFA geförderten Installationen auf die gesamten Anlagen im Neubau erfolgt über die Relation „MAP-BAFA-Förderung“ zu „EE in Zahlen“ (Schritt 3). Somit lassen sich die Kollektorflächen bzw. Anlagenzahlen der gesamten Solaranlageninstallationen in Wohngebäude- und Nicht-Wohngebäude (Schritt 4) darstellen. Die Unterteilung nach Trinkwasseranlagen und heizungsunterstützenden Anlagen kann näherungsweise aus den MAP-BAFA Daten abgeleitet werden. Für 2010 wird trotz des Wegfalls der

⁸³ In 2009 (2008) wurden rund 82 % (82 %) der installierten Kollektoren über das MAP-Programm gefördert. Für 2010 liegt der Anteil aufgrund des Rückgangs der Förderanzahlen im MAP darunter (bei rund 73 %)

MAP-Förderung für Neubauten⁸⁴ die Abschätzung auf einen Anteil von 12 - 16 % erhöht.

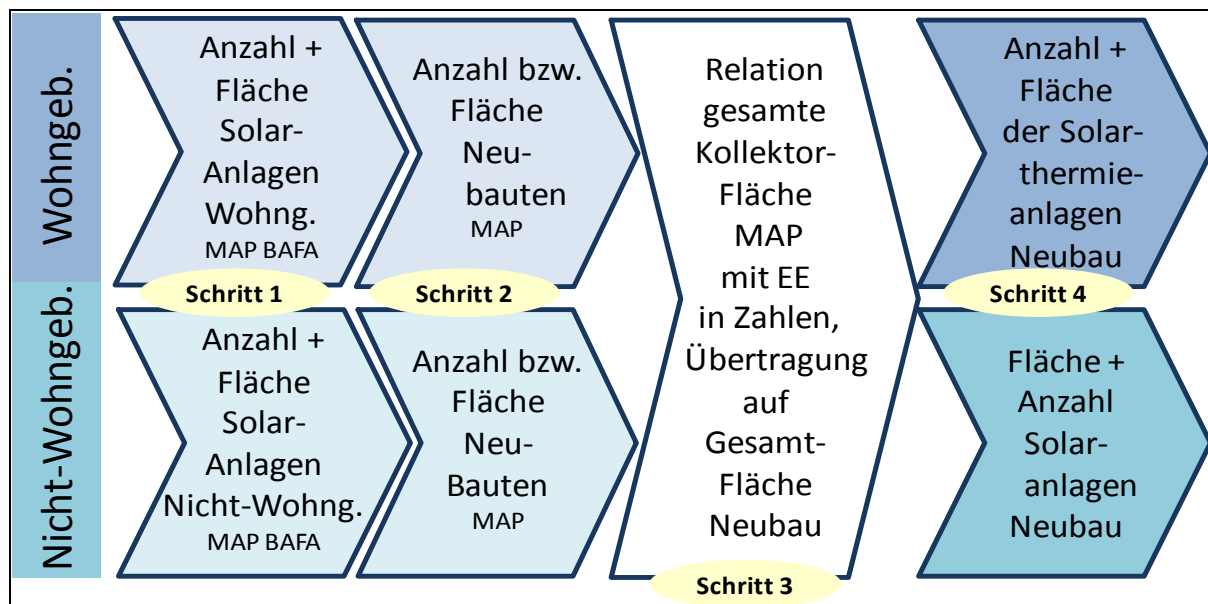


Abbildung 95: Methodische Vorgehensweise für Neubauten ab 2008 (Methode 1)
[eigene Darstellung Fh-ISI]

Method 2 für Neubauten vor 2008:

Diese Vorgehensweise basiert auf den Daten zu Baufertigstellungen. Als Datengrundlage hierfür dienen die Baustatistiken des Statistischen Bundesamtes. Des Weiteren werden Angaben der AGEB, des BAFA und des BSW-Solar e.V zu Anteilen von EE-Einsatz im Neubau sowie zur Solarthermie an der EE-Wärmeerzeugung benötigt. Mit Hilfe des Anteils Erneuerbarer Energien (EE) zur Erzeugung von Wärme im Neubau sowie des Anteils von Solaranlagen an EE im Wärmebereich werden die im Neubau installierten Anlagen bzw. Kollektorflächen geschätzt. Für 2010 wird hingegen der erstmals ausgewiesene Solarthermieanteil an sekundären Heizenergieträgern der Baugenehmigungsstatistik (Statist. Bundesamt) angelegt. Hierdurch schnellen die Anzahlen nach oben und bilden sicherlich einen oberen Grenzwert für 2010. Die Umrechnung auf Kollektorflächen kann mittels eines Durchschnittswerts für die Kollektorfläche je Anlage erfolgen.⁸⁵ Problematisch bei diesem Vorgehen war die Abschätzung des EE-Einsatzes im Neubau. Hierzu wird behelfsmäßig der EE-Wärmeeinsatz (bis 2009: AGEB 2010; ab 2010: Baugenehmigungsstatistik, sekundäre Heizenergieträger des Statistischen Bundesamtes 2010) im Neubau herangezogen.

Die einzelnen Schritte der Berechnung sind in Abbildung 96 schematisch aufgezeigt. Sie umfassen zunächst die Ermittlung der Anzahl der Neubauten (Schritt 1). Diese

⁸⁴ Ausnahme bilden ggf. Anlagen in Baden-Württemberg und auf kommunalen Einrichtungen.

⁸⁵ Basierend auf Angaben in Stryi-Hipp et al. 2007

werden mit dem EE-Anteil zur Wärmeerzeugung in Neubauten (Schritt 2) und dem Solarthermieanteil bei EE-Wärme (Schritt 3) multipliziert. Die errechnete Anzahl an Solarthermieanlagen im Neubau (Schritt 4) wird anschließend mit der durchschnittlichen Kollektorfläche (Schritt 5) multipliziert. Das Produkt weist die Kollektorfläche für Neubauten (Schritt 6) aus.

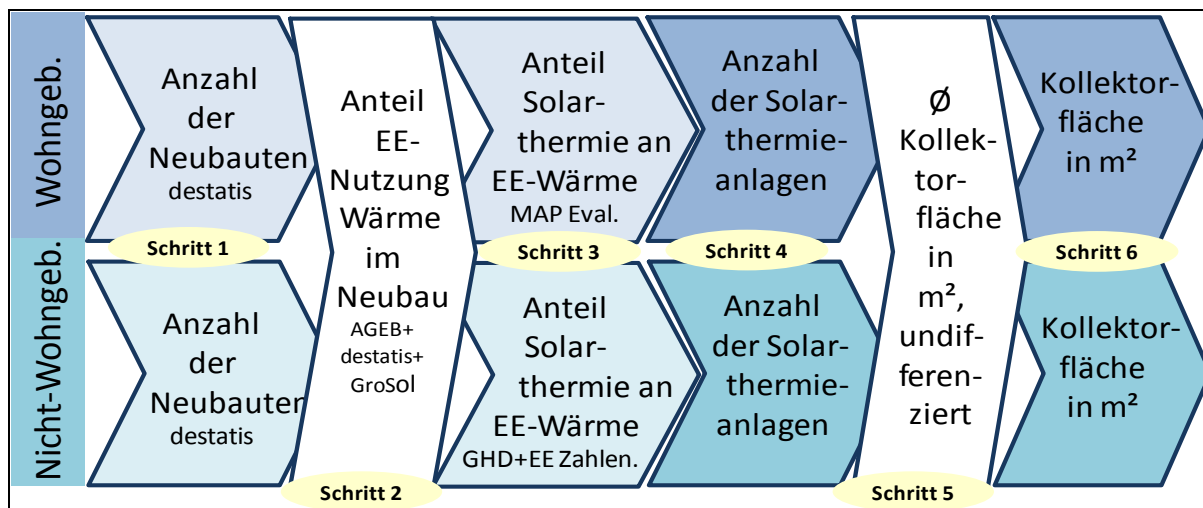


Abbildung 96: Methodische Vorgehensweise für Neubauten vor 2008 (Methode 2)
[eigene Darstellung]

Darstellung der absoluten Werte der ermittelten Erfüllungsoptionen

Ergänzend zu den Abbildungen in Kapitel 4 zur Anwendung der einzelnen Technologien bzw. der Ersatzmaßnahmen, finden sich in diesem Kapitel die entsprechenden Abbildungen zusätzlich noch in absoluten Zahlen.

11.1.1 Solare Strahlungsenergie

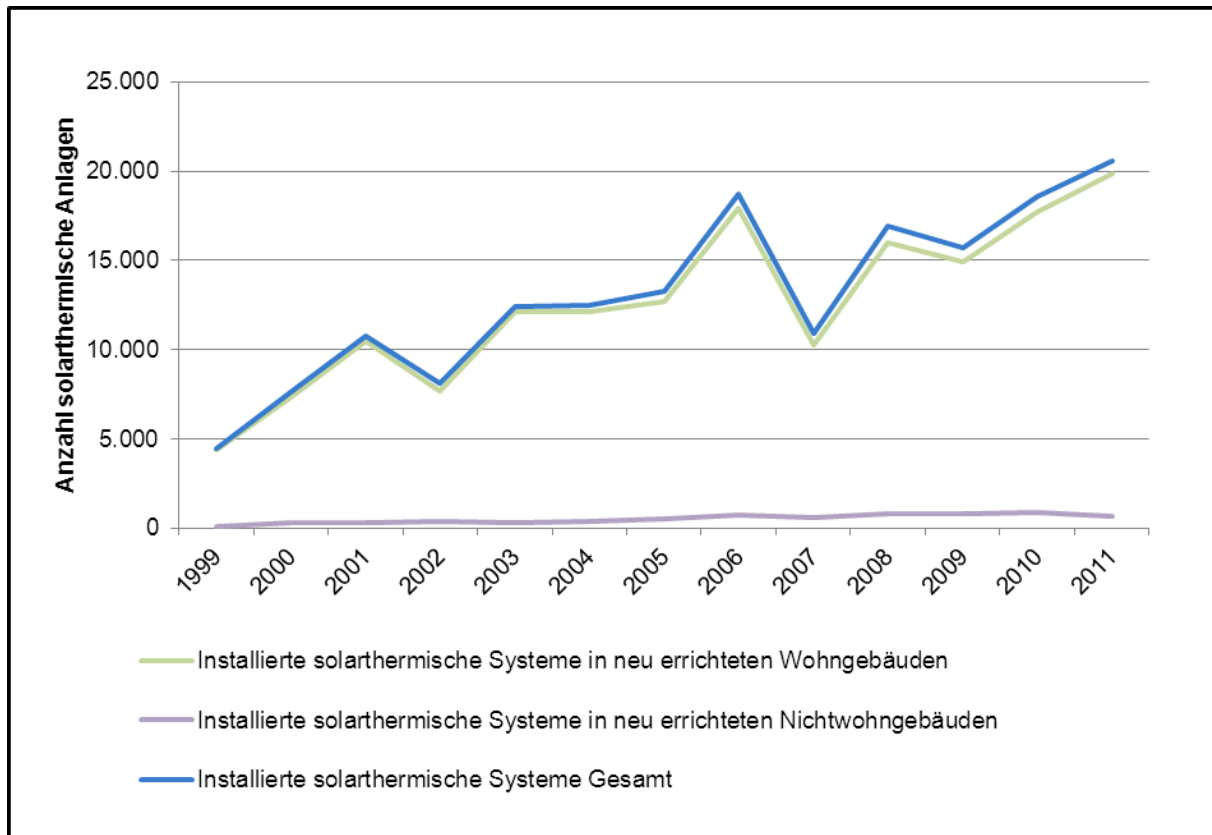


Abbildung 97: Anzahl primär verwendeter Anlagen zur Nutzung solarthermischer Strahlungsenergie in neu errichteten Gebäuden in Deutschland, 1997 – 2010
[eigene Berechnungen]

Tabelle 31: Anzahl der installierten Solarthermieanlagen (primäre und sekundäre Heizenergie) geordnet nach Wohn- und Nichtwohngebäuden in Baufertigstellungen von 1999 bis 2011

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Installierte solarthermische Systeme in neu errichteten Wohngebäuden	4400	7300	10500	7700	12100	12100	12700	17900	10300	16000	14900	17700	19890
Installierte solarthermische Systeme in neu errichteten Nichtwohngebäuden	100	300	300	400	300	400	550	750	600	800	800	850	657
Installierte solarthermische Systeme Gesamt	4500	7600	10800	8100	12400	12500	13300	18700	10900	16900	15700	18600	20547

11.1.2 Feste Biomasse

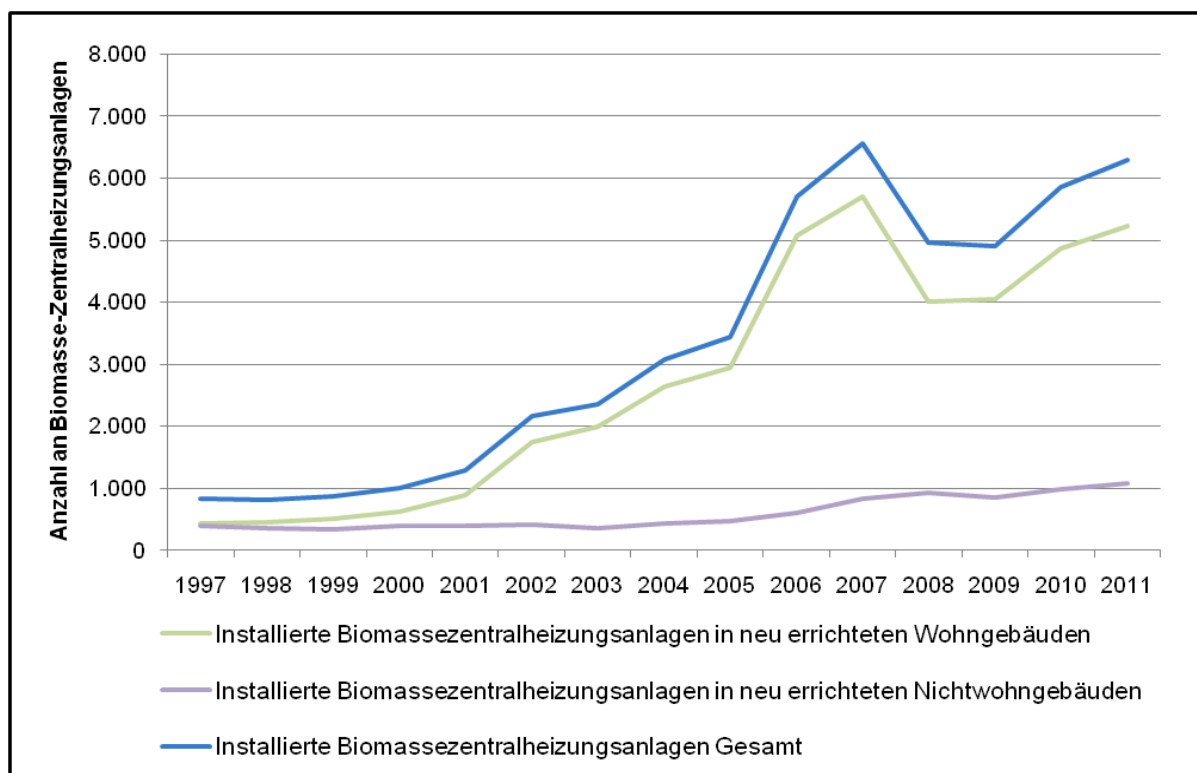


Abbildung 98: Anzahl primär verwendeter Biomasseheizungen in neu errichteten Gebäuden in Deutschland, 1997 - 2011

[eigene Berechnungen]

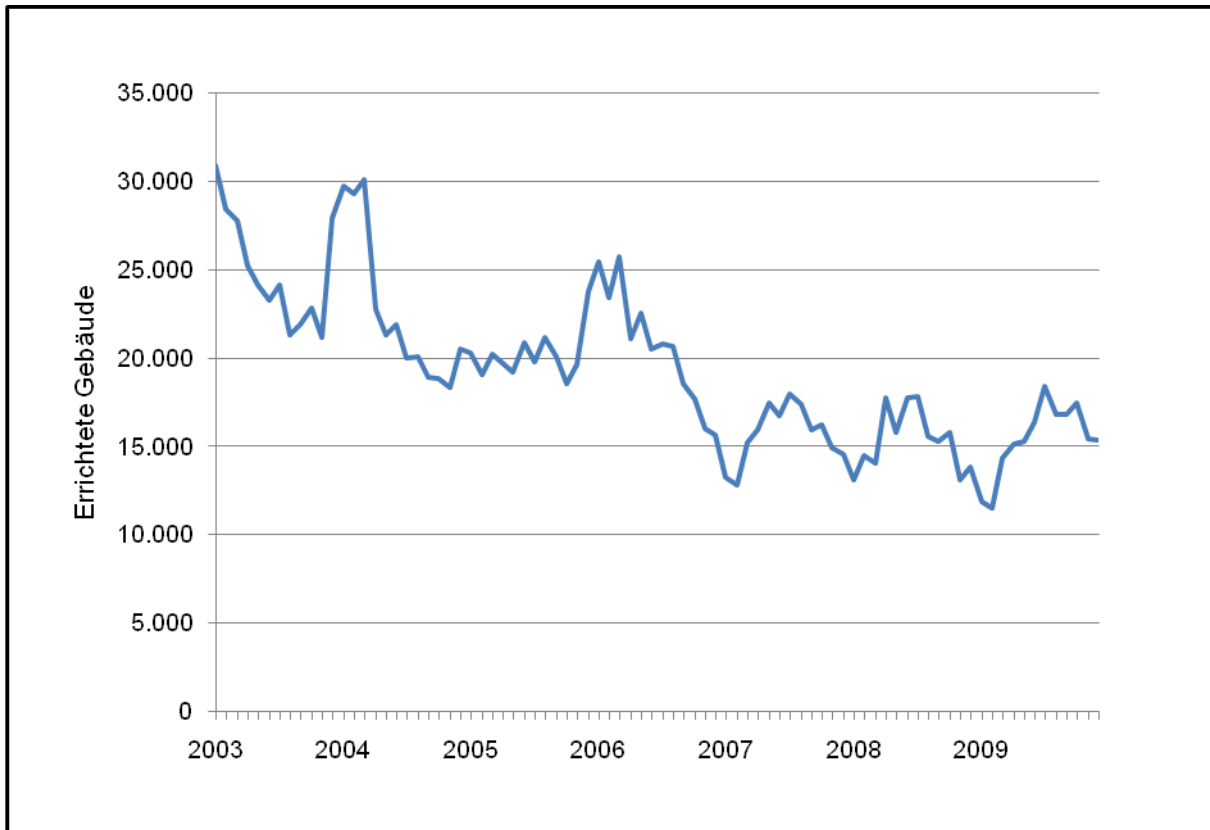


Abbildung 99: Erteilte Baugenehmigungen 2003 bis 2009

[Destatis 2010a]

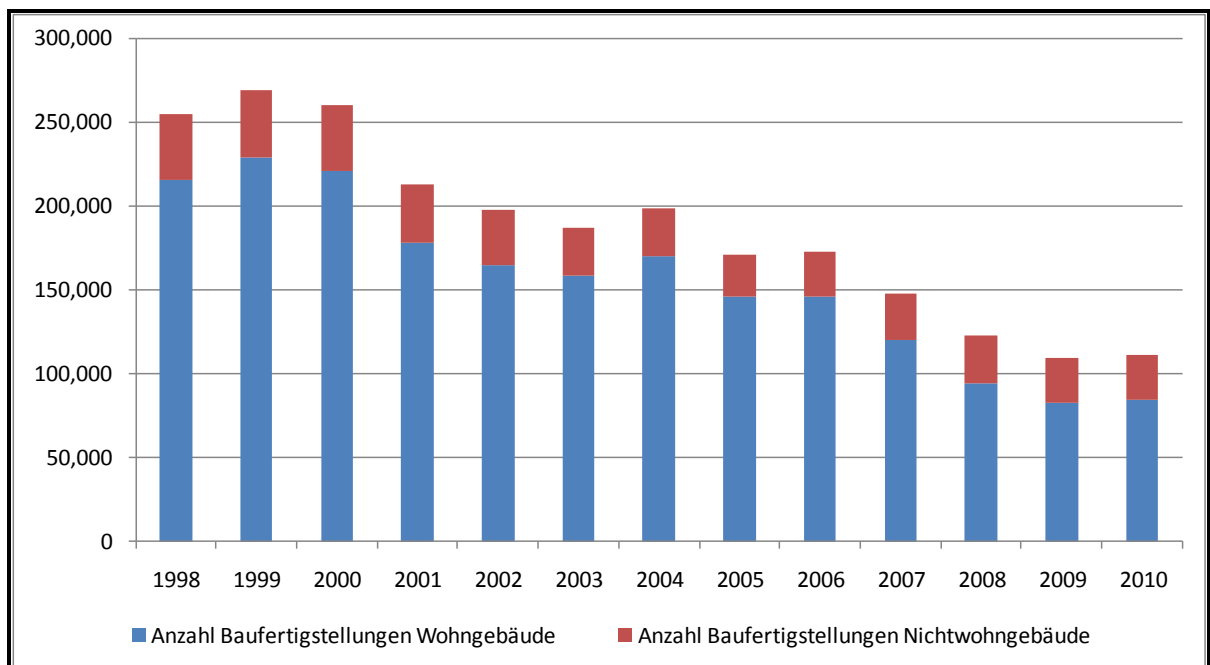


Abbildung 100: Baufertigstellungen von 1998 bis 2010

[Destatis 2010a]

11.1.3 Wärmepumpen

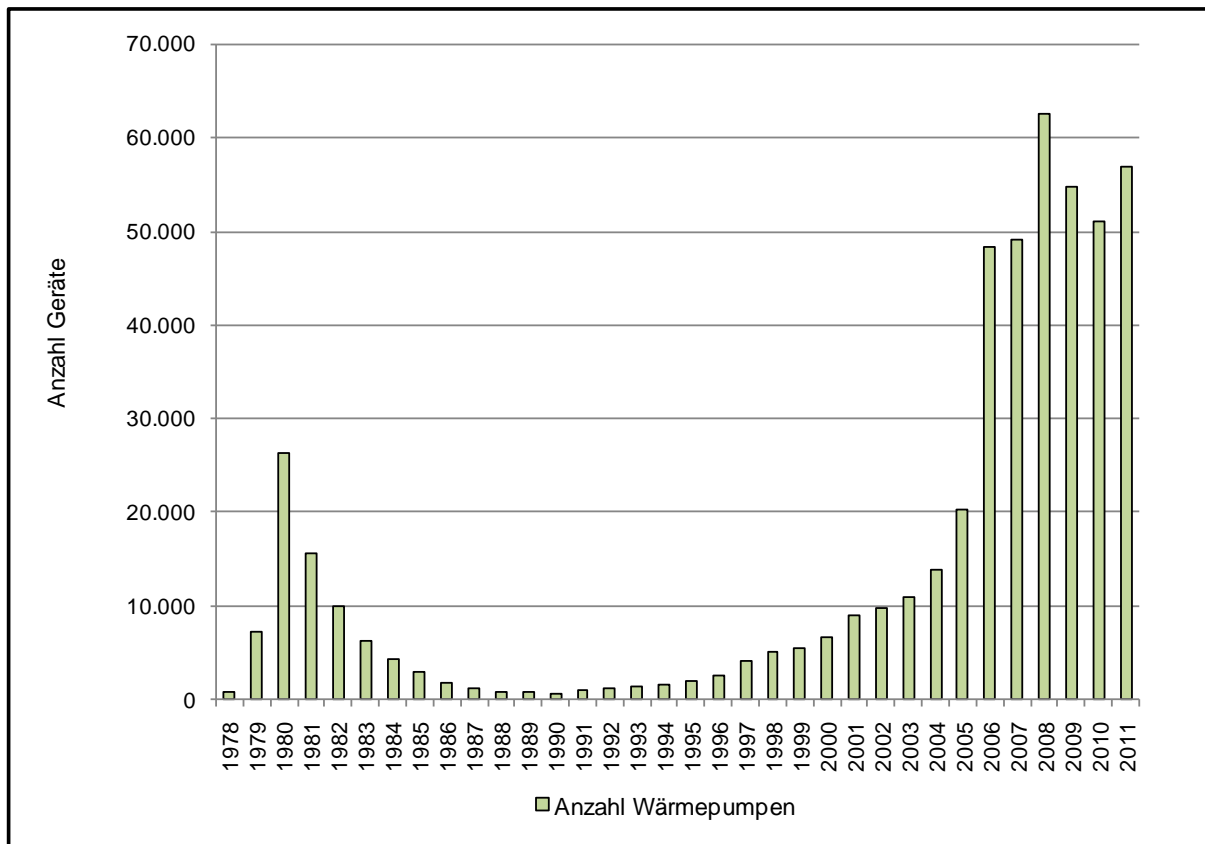


Abbildung 101: Wärmepumpenabsatz 1978 bis 2011 nach Wärmequellentyp
[BWP 2010/BWP 2011d/BWP 2012a]

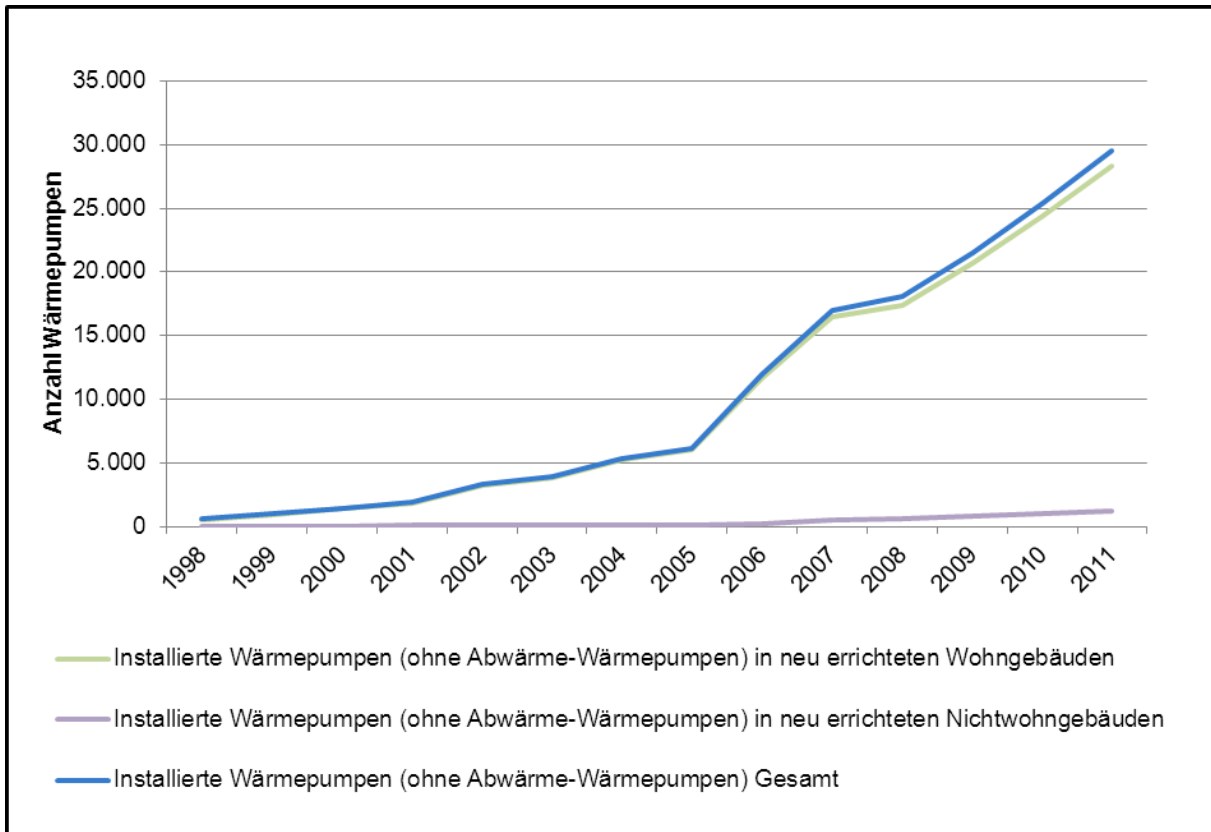


Abbildung 102 Entwicklung des Anteils an Wärmepumpen in fertig gestellten Neubauten von 1997 bis 2010

11.1.4 Raumluftechnische Anlagen (RLT) mit Wärmerückgewinnung (WRG)

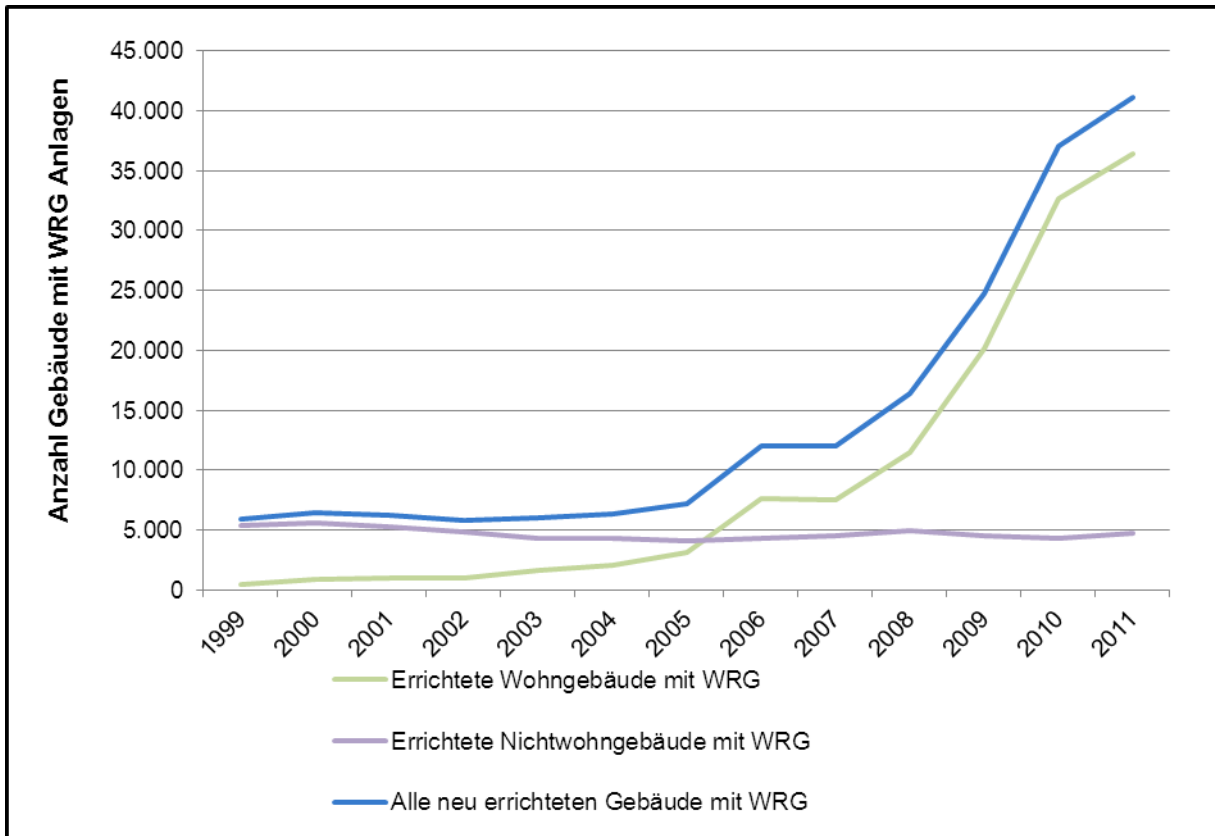


Abbildung 103: Anzahl Raumluftechnischer Anlagen mit WRG in neu errichteten Gebäuden, 1999-2011
[eigene Berechnungen]

11.1.5 Wärmenetze

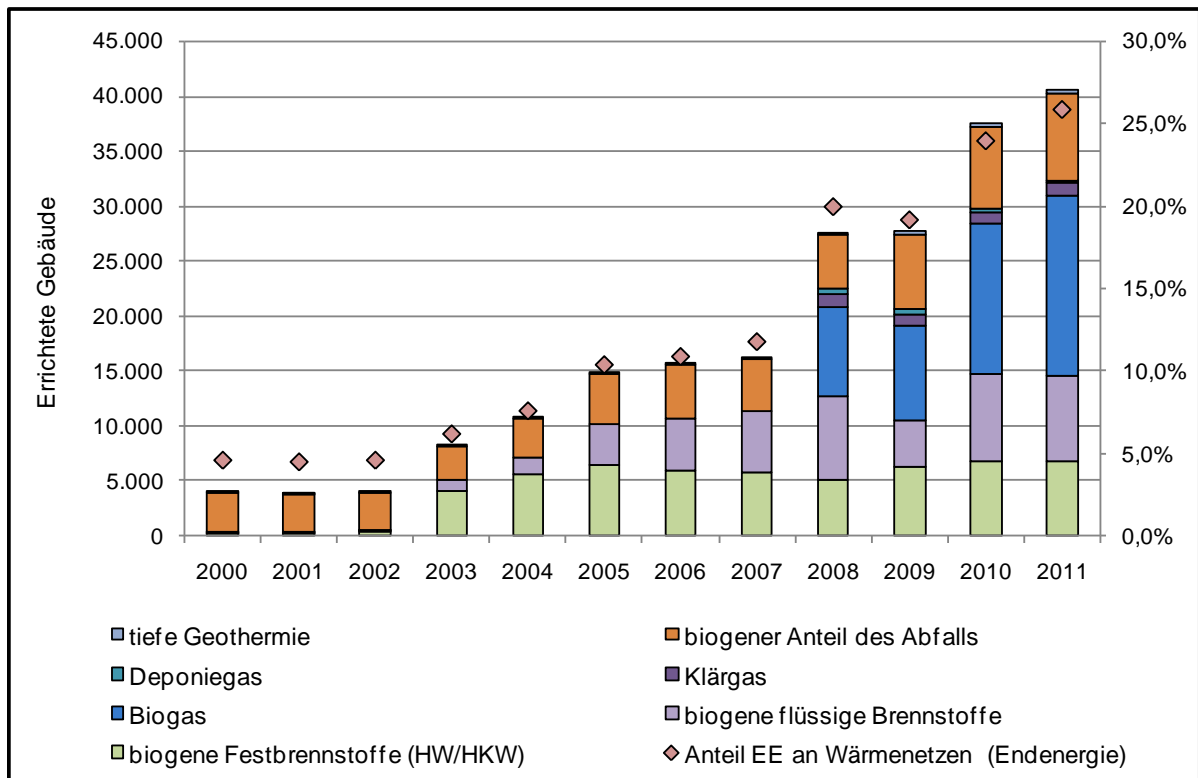


Abbildung 104: geschätzte jährliche Wärmeeinspeisung durch EE in Wärmenetze (einschließlich Quartierslösungen) im Zeitraum von 1990 bis 2011 auf Basis [AGEE 2012a]

Tabelle 32: Aus den Evaluierungsberichten abgeleitete Anzahl, Leistung und Wärmeeinspeisung von Anlagen, die nicht durch die Statistik erfasst werden, nach Jahr der Inbetriebnahme⁸⁶
[eigene Darstellung]

Durch das MAP geförderte Anlagen mit Einspeisung in Wärmenetze (Heizwerke)							
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
< 2 MW thermisch [Anzahl]	76	188	219	115	150	76	509
< 2 MW thermisch [kW]	22.820	56.795	79.130	40.191	52.423	22.736	128.839
< 2 MW thermisch [GWh]	55	136	190	97	127	59	332
Kumulierte Wärmeeinspeisung auf MAP-Kleinanlagen [kWh _{th}]	54.769	191.076	380.988	478.035	604.619	663.175	994.993

⁸⁶ Ob sich das jeweils bei der MAP-Evaluation angegebene Jahr mit der tatsächlichen Inbetriebnahme in jedem Fall deckt, kann angesichts des Fördermittelflusses nicht gewährleistet werden.

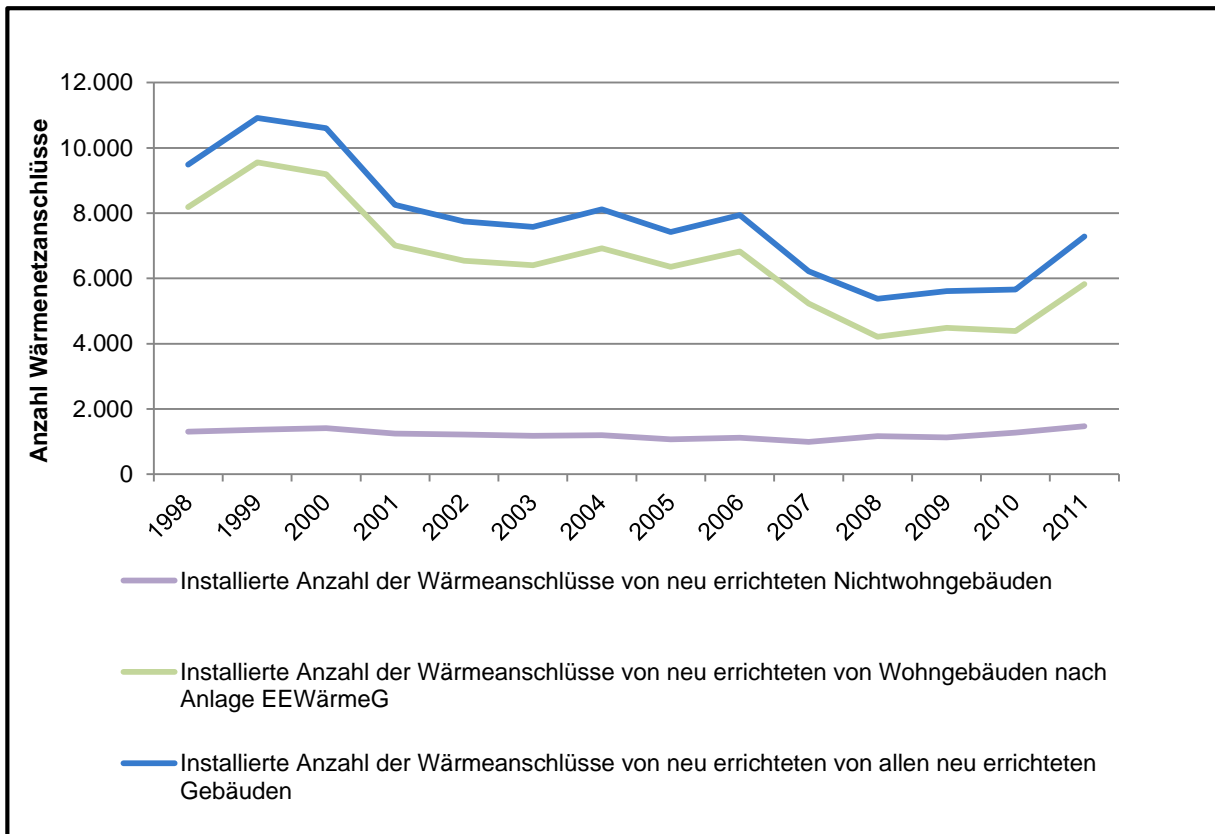


Abbildung 105: Entwicklung der Anschlüsse von neu errichteten Wohn- und Nicht-Wohngebäuden an ein Wärmenetz zum Zeitpunkt der Baufertigstellung

11.1.6 Einsparung von Energie

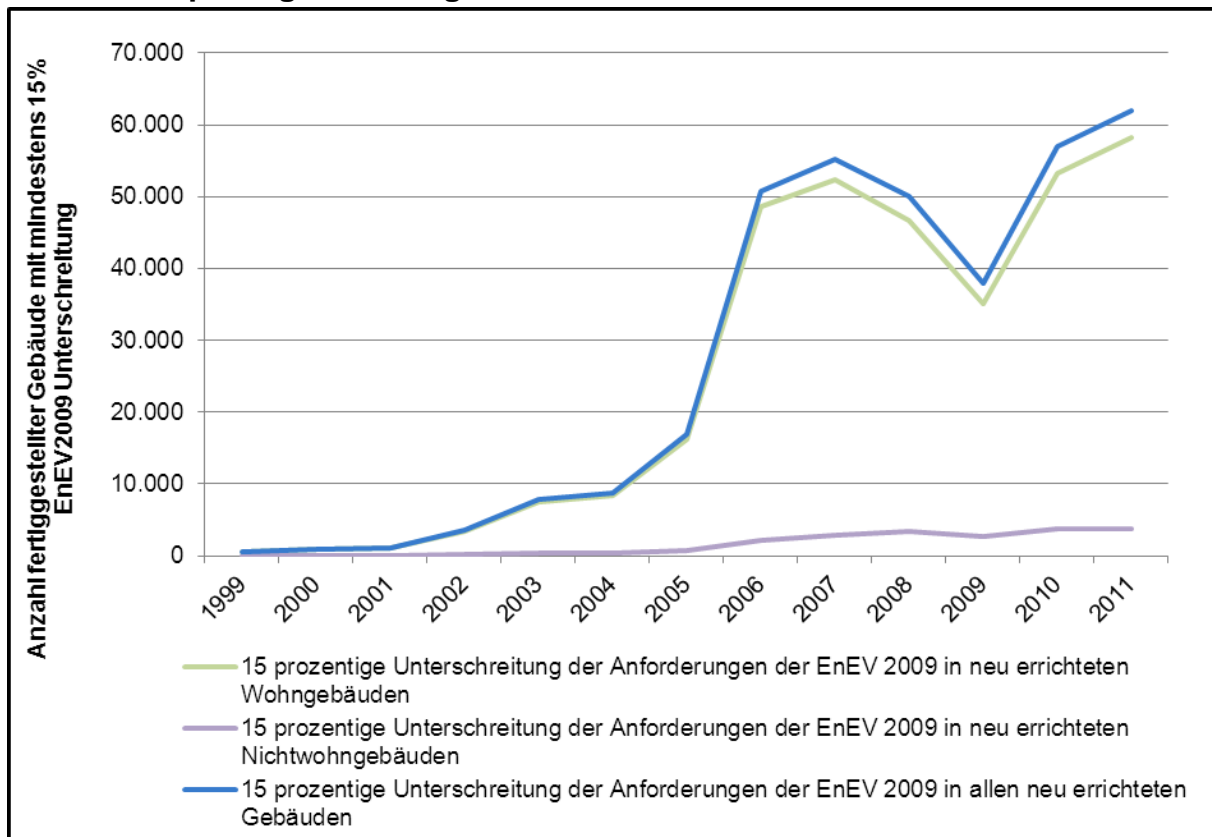


Abbildung 106: Anzahl neu errichteter Gebäude mit mindestens 15 % EnEV2009 Unterschreitung, 1999-2011

[eigene Darstellung]

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Solarthermie	Installierte solarthermische Systeme in neu errichteten Wohngebäuden	4400	7300	10500	7700	12100	12100	17900	10300	16000	14900	17700	19890
	Installierte solarthermische Systeme in neu errichteten Nicht-wohngebäuden	100	300	300	400	300	400	750	600	800	800	850	657
	Installierte solarthermische Systeme Gesamt	4500	7600	10800	8100	12400	12500	18700	10900	16900	15700	18600	20547
Biomasse	Installierte Biomassezentralheizungsanlagen in neu errichteten Wohngebäuden	521	624	900	1741	1989	2645	5084	5712	4018	4058	4868	5226
	Installierte Biomassezentralheizungsanlagen in neu errichteten Nicht-wohngebäuden	345	392	390	418	368	437	613	841	937	851	992	1074
	Installierte Biomassezentralheizungsanlagen Gesamt	866	1016	1290	2158	2357	3081	5698	6553	4955	4908	5859	6300
Geothermie und Umwelt	Installierte Wärmepumpen (ohne Abwärmepumpen) in neu errichteten Wohngebäuden	944	1404	1885	3226	3804	5213	11666	16523	17413	20691	24401	28288
	Installierte Wärmepumpen (ohne Abwärmepumpen) in neu errichteten Nicht-wohngebäuden	67	70	84	119	146	148	265	491	664	841	1050	1188
	Installierte Wärmepumpen (ohne Abwärmepumpen) Gesamt	1011	1474	1969	3345	3950	5361	11931	17014	18077	21532	25451	29476
RTL Anlagen mit WRG	Raumluft-technische Anlagen mit WRG in neu errichteten Wohngebäuden	480	907	953	942	1646	2064	7668	7562	11479	20139	32714	36402
	Raumluft-technische Anlagen mit WRG in neu errichteten Nicht-wohngebäuden	5385	5559	5238	4874	4342	4297	4330	4491	4906	4564	4346	4719
	Raumluft-technische Anlagen mit WRG Gesamt	5864	6466	6192	5816	5988	6361	11998	12052	16385	24703	37060	41121

Tabelle 33: Zusammenfassende Darstellung der Anzahl der installierten Erneuerbare-Energien-Anlagen in Neubauten

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Solarthermie	2%	3%	6%	5%	9%	8%	10%	13%	9%	15%	17%	22%	21%
	1%	1%	2%	2%	2%	3%	4%	6%	5%	6%	7%	7%	5%
	2%	3%	5%	5%	8%	8%	9%	13%	8%	14%	16%	20%	19%
Biomasse	0.2%	0.3%	0.5%	1.1%	1.3%	1.6%	2.0%	3.5%	4.8%	4.3%	4.9%	5.8%	5.4%
	1.6%	1.8%	2.0%	2.4%	2.5%	3.1%	3.7%	4.6%	6.3%	6.7%	6.7%	8.4%	8.6%
	0.3%	0.4%	0.7%	1.2%	1.4%	1.7%	2.2%	3.6%	4.9%	4.6%	5.2%	6.1%	5.8%
Geothermie und Umwelt	0%	1%	1%	2%	2%	3%	4%	8%	14%	18%	25%	29%	29%
	0%	0%	0%	1%	1%	1%	1%	2%	4%	5%	7%	9%	10%
	0%	1%	1%	2%	2%	3%	4%	7%	13%	17%	23%	27%	27%
RTL Anlagen mit WRG	0%	0%	1%	1%	1%	1%	2%	5%	6%	12%	24%	39%	38%
	25%	26%	27%	28%	29%	31%	32%	33%	34%	35%	36%	37%	38%
	2%	3%	3%	3%	3%	3%	5%	8%	9%	15%	26%	39%	38%

Tabelle 34: Zusammenfassende Darstellung der Anteile der installierten Erneuerbare-Energien-Anlagen in Neubauten

11.2 zu Kapitel 6 - Berechnungsergebnisse bezüglich des Energieverbrauches

11.2.1 Einfamilienhäuser (EFH)

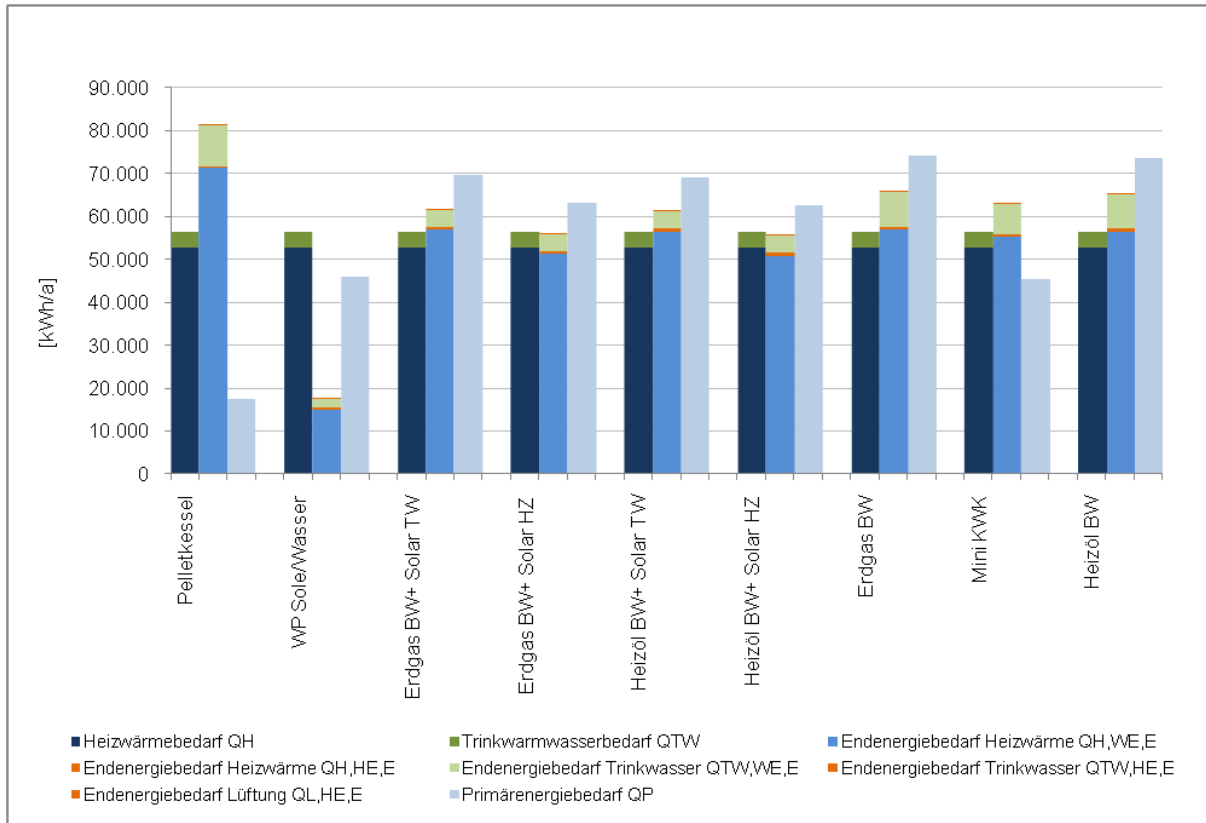


Abbildung 107: Energiebedarfe des EFH Typ E unsaniert
[eigene Berechnungen]

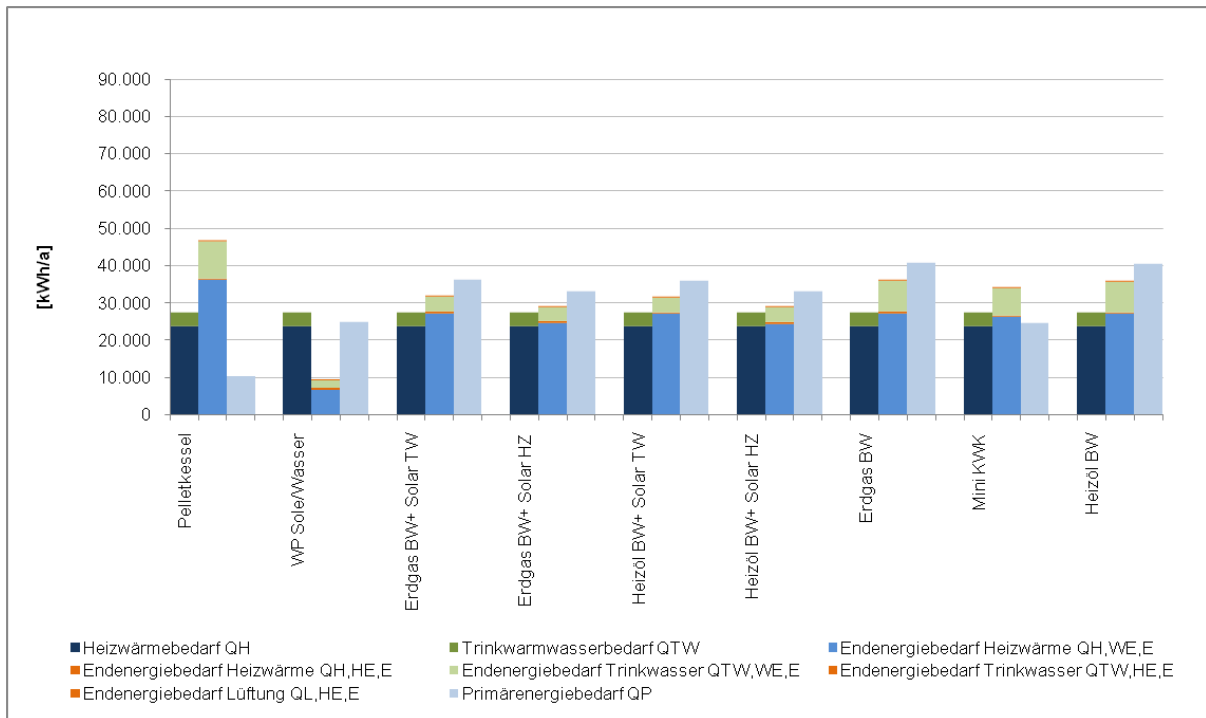


Abbildung 108: Energiebedarfe des EFH Typ E saniert
[eigene Berechnungen]

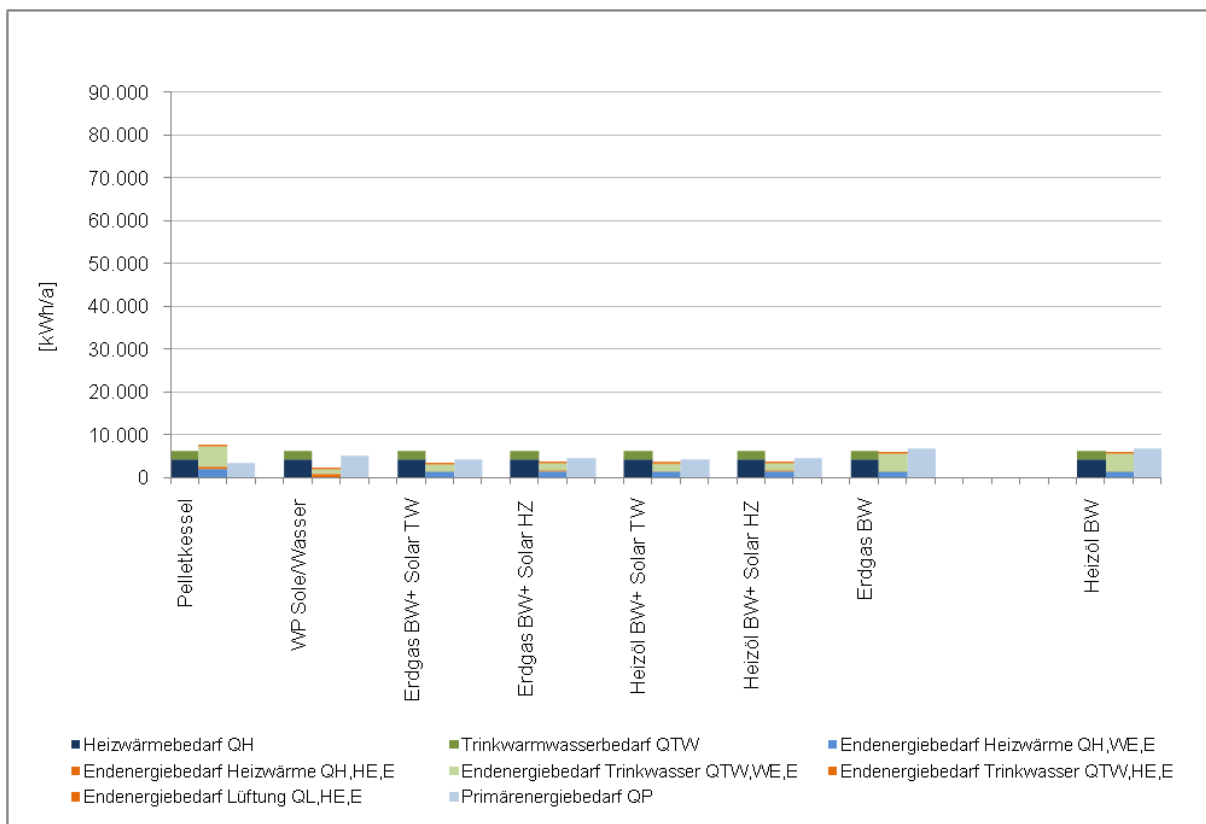


Abbildung 109: Energiebedarfe des EFH Typ E Passiv
[eigene Berechnungen]

11.2.2 Mehrfamilienhäuser

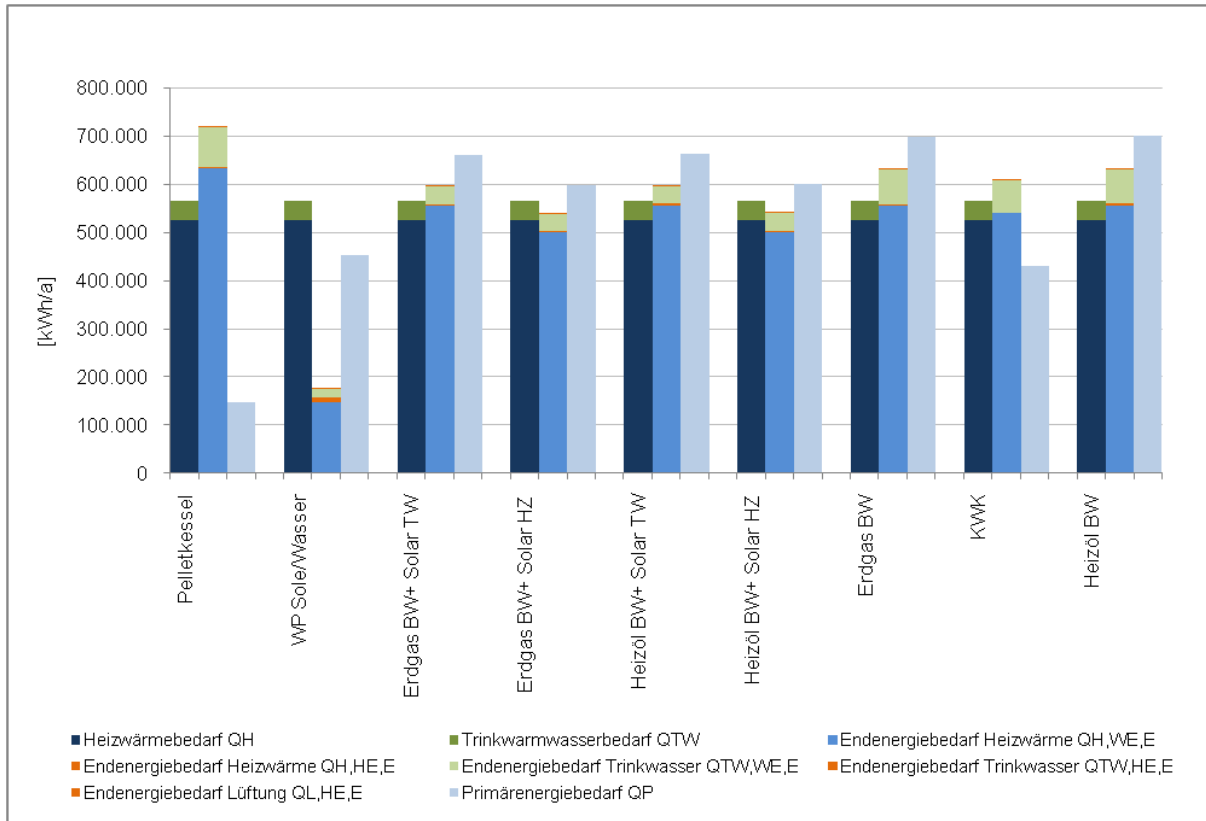


Abbildung 110: Energiebedarfe des MFH Typ E unsaniert
[eigene Berechnungen]

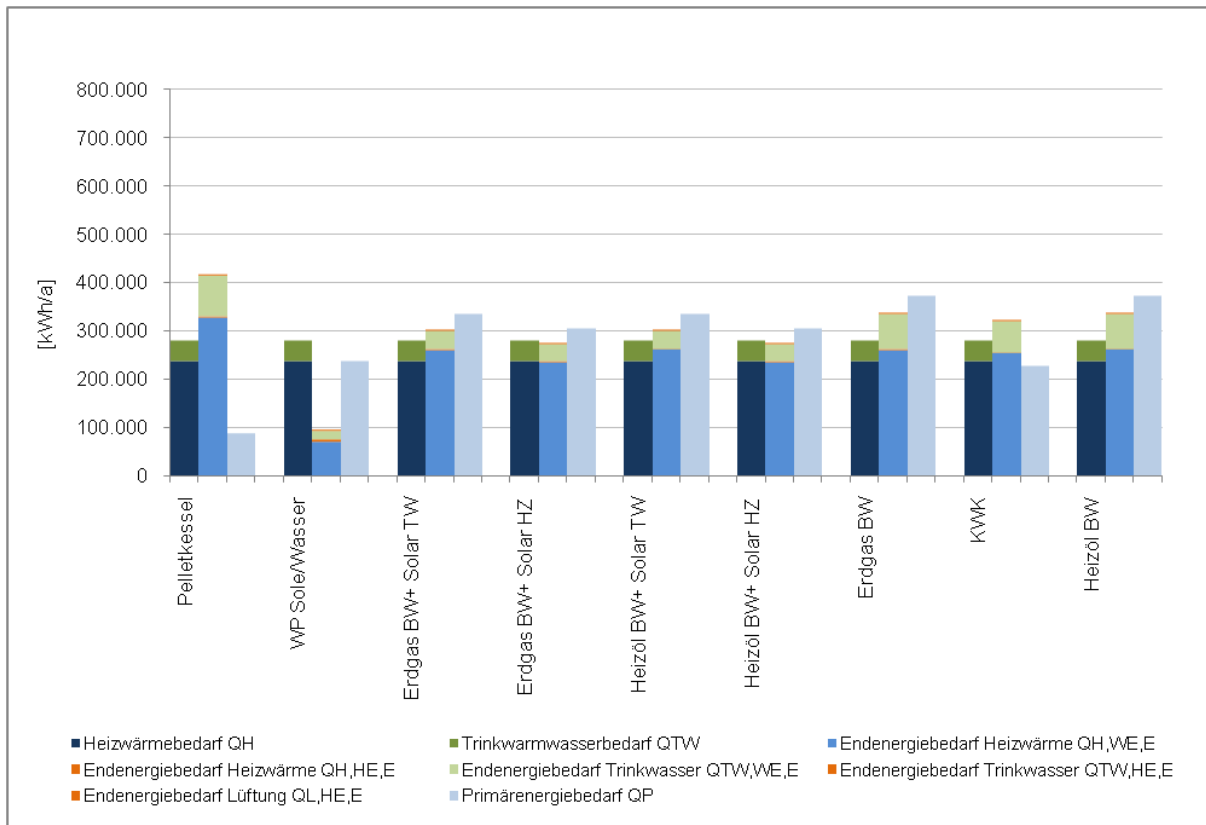


Abbildung 111: Energiebedarfe des MFH Typ E saniert
[eigene Berechnungen]

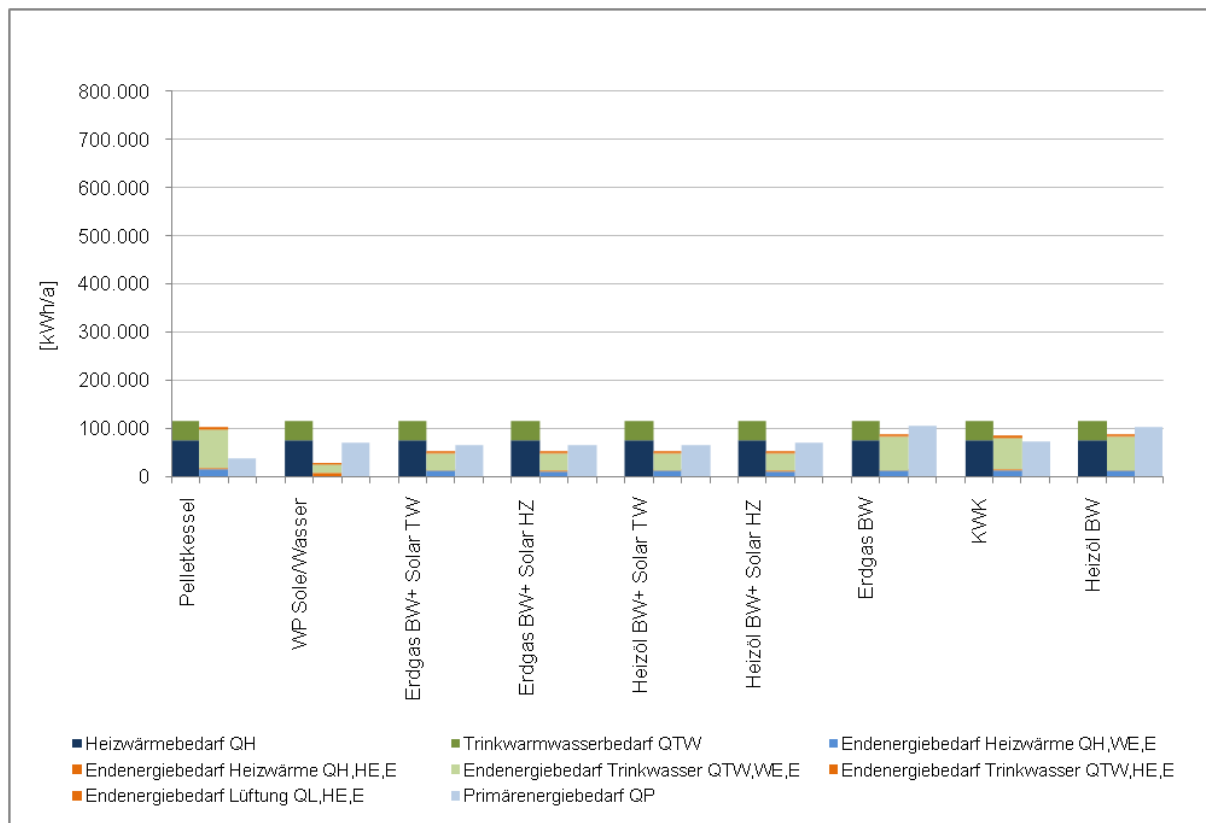


Abbildung 112: Energiebedarfe des MFH Typ E Passiv
[eigene Berechnungen]

11.2.3 Bürogebäude

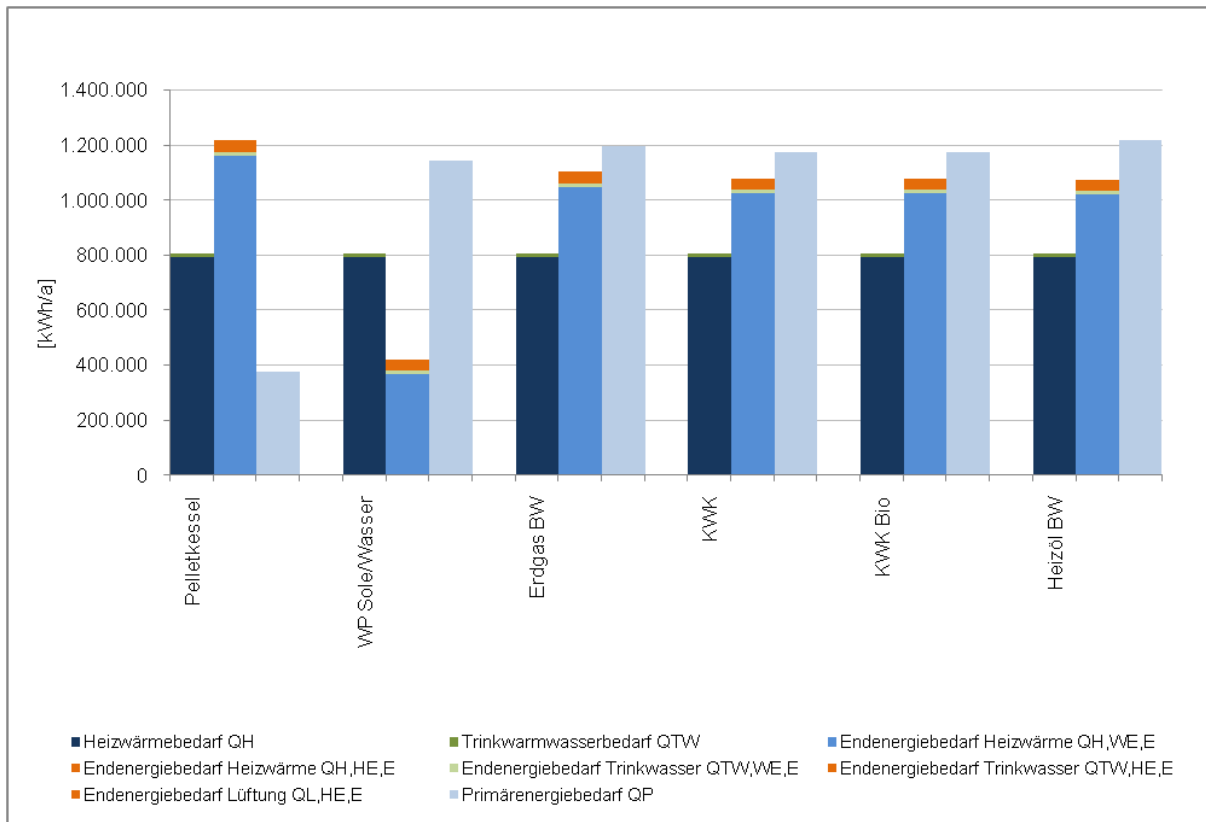


Abbildung 113: Energiebedarfe des Büro unsaniert
[eigene Berechnungen]

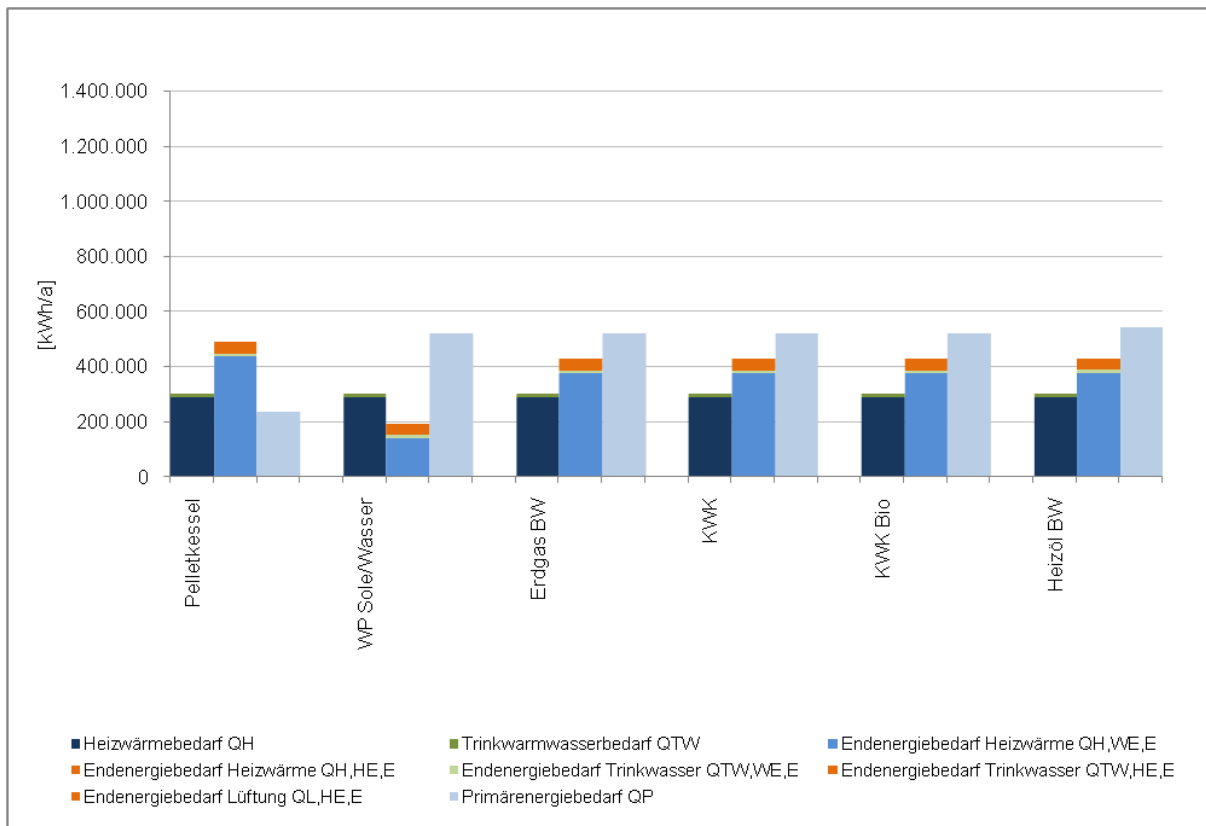


Abbildung 114: Energiebedarfe des Büros saniert
[eigene Berechnungen]

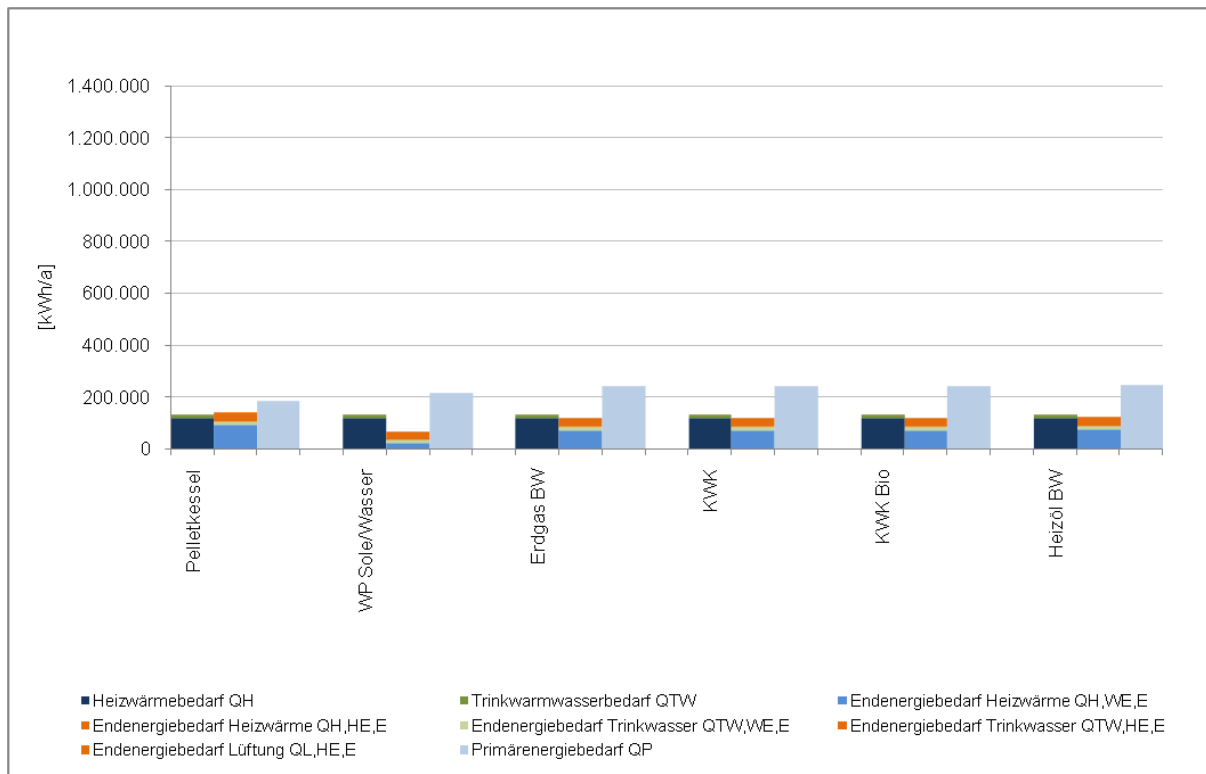


Abbildung 115: Energiebedarfe des Büros Passiv
[eigene Berechnungen]

(Fortsetzung): Übersicht Wirtschaftlichkeitsberechnung – EFH unsaniert

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für Objekt:		Pelletkessel		Erdgas BW		Erdgas BW+		Heizöl BW		Heizöl BW+		Mini KWK	
EFH Typ E unsaniert		WP Sole/Wasser		Erdgas BW		Erdgas BW+		Heizöl BW		Heizöl BW+		Mini KWK	
	Einheit	WP Sole/Wasser	Erdgas BW	Erdgas BW+	Heizöl BW	Heizöl BW+	Heizöl BW	Heizöl BW+	Heizöl BW	Heizöl BW+	Heizöl BW	Heizöl BW+	Mini KWK
Investitionen (inkl. MwSt.)													
Wärmeerzeuger (inkl. Regelung und Anschlüsse)	€	11.068	4.017	4.017	4.317	4.317	4.317	4.317	4.317	4.317	4.317	4.317	28.028
Peripheriebauteile (inkl. BW-Speicher, Raumaustrag)	€	5.753	2.841	2.841	2.841	2.841	2.841	2.841	2.841	2.841	2.841	2.841	7.767
Solar Kollektoranlage (inkl. Zubehör und Brauchwasserspeicher)	€			10.648									
Pufferspeicher/Gasanschluss/Öltank	€	1.117											
Baukosten (Lagerung, Bohrkosten, Sonden)	€	3.056											1.457
Schornstein/Abgasleitung	€												
Montage/ Inbetriebnahme	€	2.875	2.300	2.300	2.300	2.300	2.300	2.300	2.300	2.300	2.300	2.300	2.875
Lüftungsanlage mit WRG	€												
Mehr-/ Minderinvestitionen Dämmung u. Fenster	€	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe Investition (inkl. MwSt.)	€	23.868	9.158	19.806	9.958	20.607	9.958	20.607	9.958	20.607	9.958	39.087	40.126
Kapitalgebundene Kosten													
Nutzungsdauer (Kessel, Pumpe, Speicher, Zubehör etc.)	a	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	15
Diskontrate	%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%
Summe kapitalgebundene Kosten (inkl. MwSt.)	€/a	1.756	674	1.457	733	1.516	733	1.516	733	1.516	733	2.876	3.609
Summe kapitalgebundene Kosten (exkl. MwSt.)	€/a	1.476	566	1.225	616	1.274	616	1.274	616	1.274	616	2.417	3.033
Betriebsgebundene und sonstige Kosten													
Instandsetzung/Wartung Wärmeerzeuger und Peripherie	€/a	807	240	347	251	375	251	375	251	375	251	375	893
Instandsetzung/Wartung bauliche Anlagen	€/a	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Schornsteinleger- und Emissionsmessung	€/a	158	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Versicherung	€/a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe betriebsgebundene Kosten (inkl. MwSt.)	€/a	1.026	257	364	369	493	369	493	369	493	369	677	910
Summe betriebsgebundene Kosten (exkl. MwSt.)	€/a	862	216	305	310	414	310	414	310	414	310	569	765
Verbrauchsgebundene Kosten													
Gaspreis bzw. Wärmepreis	€/kWh		0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,086
Heizölpreis	€/kWh												
Pelletpreis	€/kWh	0,059											
Strompreis	€/kWh	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251
WP-Tarif	€/kWh		0,162										
Hilfsenergie	€/a	131,51	240,64	266,54	262,01	266,54	262,01	266,54	262,01	266,54	262,01	266,54	165,20
KWK Strom Vergütung (Durchschnitt Einspeisung und Verkauf)	€/kWh												0,134
Summe verbrauchsgebundene Kosten (inkl. MwSt.)	€/a	4.933,11	6.200,76	5.824,47	6.070,93	5.700,41	6.070,93	5.700,41	6.070,93	5.700,41	6.070,93	5.171,03	8.959,43
Verbrauchsgebundene Kosten (exkl. MwSt.)	€/a	4.597,99	5.210,73	4.894,52	5.101,62	4.790,26	5.101,62	4.790,26	5.101,62	4.790,26	5.101,62	4.345,41	7.529,93
Stromertrag KWK	€/a												3.334
Gesamtkosten													
MAP-Förderung (BAF-A/KW)	€	2.900	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.595
KfW-Kredit (Zinsvorteil)	€/a	221	0	99	270	99	270	99	270	99	270	99	0
Gesamtkosten (inkl. MwSt., exkl. Förderung)	€/a	7.716	6.659	7.132	7.172	7.709	7.172	7.709	7.172	7.709	7.172	7.709	11.383
Gesamtkosten (exkl. MwSt., inkl. Förderung)	€/a	6.936	5.993	6.425	6.268	6.478	6.268	6.478	6.268	6.478	6.268	6.478	9.231
Gesamtkosten (inkl. MwSt., inkl. Förderung)	€/a	7.281	5.974	7.132	7.172	7.611	7.172	7.611	7.172	7.611	7.172	8.189	9.911
Gesamtkosten (exkl. MwSt., inkl. Förderung)	€/a	6.502	5.993	6.326	6.268	6.380	6.268	6.380	6.268	6.380	6.268	6.759	7.759
spezif. Kosten (inkl. MwSt., exkl. Förderung)	Ct/kWh	13,7	12,7	13,6	12,7	13,7	12,7	13,7	12,7	13,7	12,7	13,7	20,2
spezif. Kosten (exkl. MwSt., exkl. Förderung)	Ct/kWh	12,3	9,9	11,4	10,7	11,5	10,7	11,5	10,7	11,5	10,7	11,5	16,4
spezif. Kosten (inkl. MwSt., inkl. Förderung)	Ct/kWh	12,9	10,6	13,4	12,7	13,5	12,7	13,5	12,7	13,5	12,7	14,5	17,6
spezif. Kosten (exkl. MwSt., inkl. Förderung)	Ct/kWh	11,5	8,7	11,2	10,7	11,3	10,7	11,3	10,7	11,3	10,7	12,1	13,8
													13,90

(Fortsetzung): Übersicht Wirtschaftlichkeitsberechnung- EFH EnEV 2009

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für Objekt: EFH Typ E EnEV 2009	Emissionen		Emissionen		Emissionen		Emissionen		Emissionen		Emissionen		Emissionen		
	Einheit	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	Erdgas BW		Erdgas BW + LA		Erdgas BW + SolarHZ		Erdgas BW + SolarTW		Erdgas BW + SolarHZ		Erdgas BW + SolarTW	
				WP-Sole/Wasser	Erdgas BW	Erdgas BW	Erdgas BW + LA	Erdgas BW + SolarHZ	Erdgas BW + SolarTW	Erdgas BW + SolarHZ	Erdgas BW + SolarTW	Heizöl BW	Heizöl BW + LA	Heizöl BW + SolarHZ	Heizöl BW + SolarTW
Investitionen (inkl. MwSt.)	€	7.989	9.612	2.370	2.668	2.670	2.399	2.670	2.668	2.670	2.670	2.668	2.670	2.668	2.670
Wärmeerzeuger (inkl. Regelung und Anschlüsse)	€	4.088	1.669	1.669	1.953	1.669	1.710	1.669	1.953	1.669	1.669	1.953	1.669	1.953	1.669
Prophetenbauteile (inkl. BW-Speicher, Raumstrahl)	€	577	784	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500
Solar Kollektoranlage (inkl. Zubehör und Brauchwasserspeicher)	€	1.628	6.947												
Pufferspeicher/Gasanschluss/Ofen	€	2.205	2.205	1.764	1.764	1.764	1.764	1.764	1.764	1.764	1.764	1.764	1.764	1.764	1.764
Baukosten (Lagerung, Bohrkosten, Sonden)	€														
Schornstein/Abgasleitung	€														
Montage/ Inbetriebnahme	€			10.353	0	6.660	7.571	10.335	1.415	1.415	1.415	1.415	1.415	1.415	1.415
Lüftungsanlage mit WRG	€														
Mehr-/ Mindermessungen Dämmung u. Fenster	€														
Summe Investition (inkl. MwSt.)	€	16.474	19.547	18.656	15.668	17.316	15.943	17.093	15.739	15.943	15.739	15.943	15.739	15.943	15.739
Kapitalgebundene Kosten	a	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Nutzungsdauer (Kessel, Pumpe, Speicher, Zubehör etc.)	%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%
Diskontrolle	€a	1.212	1.438	1.373	1.168	1.599	1.274	1.173	1.258	1.158	1.589	1.138	1.138	1.138	1.138
Summe kapitalgebundene Kosten (inkl. MwSt.)	€a	1.019	1.209	1.154	981	1.344	986	1.057	973	1.057	973	1.057	973	1.057	973
Betriebsgebundene und sonstige Kosten	€a	569	416	141	229	288	144	175	263	321	175	321	175	321	175
Instandsetzung/Wartung Wärmeerzeuger und Peripherie	€a	33	139	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Instandsetzung/Wartung bauliche Anlagen	€a	158	0	17	17	17	17	58	58	58	58	58	58	58	58
Schornsteinfeger und Emissionsmessung	€a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Versicherung	€a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe betriebsgebundene Kosten (inkl. MwSt.)	€a	759	555	158	246	305	161	293	361	439	293	439	293	439	293
Summe betriebsgebundene Kosten (exkl. MwSt.)	€a	638	466	133	207	256	135	246	320	369	246	369	246	369	246
Verbrauchsgebundene Kosten	€/KWh	0,059	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251
Gaspreis bzw. Wärmepreis	€/KWh														
Heizölpreis	€/KWh														
Pelletpreis	€/KWh														
Strompreis	€/KWh														
WP-Tarif	€/KWh														
Hilfsenergie	€/KWh														
KWK Strom Vergütung (Durchschnitt Erzeugung und Verkauf)	€/KWh														
Summe verbrauchsgebundene Kosten (inkl. MwSt.)	€a	1.089,77	642,59	875,53	995,49	960,73	926,22	867,06	983,44	949,61	942,91	949,61	942,91	949,61	942,91
Verbrauchsgebundene Kosten (exkl. MwSt.)	€a	1.006,77	539,99	739,26	836,55	807,34	778,33	728,62	826,42	797,99	792,36	797,99	792,36	797,99	792,36
Gesamtkosten	€a	1.023,27	1.009,48	954,89	843,10	814,68	793,68	746,65	852,84	819,93	815,27	819,93	815,27	819,93	815,27
MAP-Förderung (BAFA)	€	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KW-Kredit (Zinsorientiert)	€a	152	181	0	66	120	0	0	66	120	0	120	0	120	0
Gesamtkosten (inkl. MwSt., exkl. Förderung)	€a	3.061	2.636	2.410	2.409	2.864	2.495	2.260	2.522	2.978	2.374	2.978	2.374	2.978	2.374
Gesamtkosten (exkl. MwSt., exkl. Förderung)	€a	2.664	2.215	2.025	2.025	2.407	2.089	1.899	2.032	2.119	1.995	2.503	1.995	2.749	1.995
Gesamtkosten (inkl. MwSt., inkl. Förderung)	€a	2.909	2.455	2.410	2.344	2.745	2.485	2.280	2.418	2.457	2.457	2.457	2.457	2.457	2.457
Gesamtkosten (exkl. MwSt., inkl. Förderung)	€a	2.511	2.034	2.025	1.959	2.287	2.089	1.899	2.054	2.054	2.054	2.054	2.054	2.054	2.054
spezif. Kosten (inkl. MwSt., exkl. Förderung)	€/KWh	27,4	23,6	31,5	21,5	25,6	27,7	31,6	22,5	26,6	22,4	29,9	22,4	29,9	22,4
spezif. Kosten (exkl. MwSt., exkl. Förderung)	€/KWh	23,8	19,8	26,5	18,1	21,5	20,7	23,3	18,9	22,4	18,8	24,6	18,8	24,6	18,8
spezif. Kosten (inkl. MwSt., inkl. Förderung)	€/KWh	26,0	21,9	31,5	20,9	24,5	27,7	31,6	22,0	25,5	22,4	26,5	22,4	26,5	22,4
spezif. Kosten (exkl. MwSt., inkl. Förderung)	€/KWh	22,4	18,2	26,5	17,5	20,4	20,7	23,3	18,4	21,3	18,8	21,3	18,8	21,3	18,8
Umweltschadenskosten WW-HZ	€a	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabelle 38: Übersicht Wirtschaftlichkeitsberechnung – EFH Passiv
[eigene Berechnungen]

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für Objekt:		EFH Typ E Passiv									
	Einheit	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	Erdgas BW	Erdgas BW+ Solar TW	Erdgas BW+ Solar HZ	Heizöl BW	Heizöl BW+ Solar TW	Heizöl BW+ Solar HZ	Mini KWK	
		Pelletkessel	WP Sole/Wasser	Erdgas BW	Erdgas BW	Erdgas BW	Heizöl BW	Heizöl BW	Heizöl BW	Mini KWK	
Gebäude Daten											
Hilffläche	m ²	385	385	385	385	385	385	385	385	385	
beheiztes Volumen	m ³	479	479	479	479	479	479	479	479	479	
Nutzfläche AN	m ²	153	153	153	153	153	153	153	153	153	
Wohnfläche	m ²	133	133	133	133	133	133	133	133	133	
A/V Verhältnis	m ⁻¹	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
Außenwand	[W/m ² K]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
Dach	[W/m ² K]	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	
Kellerdecke	[W/m ² K]	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
Fenster	[W/m ² K]	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
Anlagendaten											
Heizwärmebedarf QH	kWh/a	4.121	4.121	4.121	4.121	4.121	4.121	4.121	4.121	4.121	
spez. Heizwärmebedarf qH	kWh/(m ² a)	26,9	26,9	26,9	26,9	26,9	26,9	26,9	26,9	26,9	
Trinkwarmwasserbedarf QTW	kWh/a	1.916	1.916	1.916	1.916	1.916	1.916	1.916	1.916	1.916	
spez. Trinkwarmwasserbedarf qTW	kWh/(m ² a)	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	
Endenergiebedarf Heizwärme QH,WE,E	kWh/a	1.827	305	1.321	1.321	1.199	1.324	1.324	1.202	1.336	
Endenergiebedarf QHE,E	kWh/a	567	370	17	17	212	17	17	212	360	
Endenergiebedarf Trinkwasser QTW,WE,E	kWh/a	4.711	996	4.078	1.640	1.640	4.078	1.640	1.640	3.547	
Endenergiebedarf Trinkwasser QTW,HE,E	kWh/a	18	13	40	71	71	40	71	71	13	
Endenergiebedarf Lüftung QL,HE,E	kWh/a	179	179	179	179	179	179	179	179	179	
Endenergiebedarf QWE,E	kWh/a	6.538	1.301	5.399	2.961	2.839	5.402	2.964	2.842	3.515	
Endenergiebedarf QHE,E	kWh/a	764	562	236	462	462	236	267	462	552	
Endenergiebedarf QEL (Zur Stromerzeugung, Finn. Methode)	kWh/a	3.291	4.844	6.550	3.949	4.322	6.554	3.953	4.326	4.490	
spez. Primärenergiebedarf qp	kWh/(m ² a)	21,5	31,6	42,7	25,8	28,2	42,8	25,8	28,2	31,7	
Primärenergiebedarf QEL (Zur Stromerzeugung, Finn. Methode)	kWh/a	0,47	0,73	1,01	0,58	0,64	1,01	0,58	0,64	0,73	
Anlagenaufwandszahl (QP/(QH+QTW))		4,9	3,8	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	
Gesamtheizlast	kW	100								200	
Größe Pufferspeicher (Pellets, WP, KWK), Größe Öltank	l						1.000		300		
Aperturfläche	m ²				6,5	9,6		6,5	9,6		
Kollektorfläche	m ²				7,0	10,4		7,0	10,4		
Systemertrag Solar Kollektor	kWh				2.271	2.403		2.271	2.403		
Deckungsanteil solare Warmwasserbereitstellung	%				60%	60%		60%	60%		
Deckungsanteil solare Heizungsunterstützung	%				0%	10%		0%	10%		
Mehr-/ Minderdämmstärke Außenwand	cm	23	23	23	23	23	23	23	23	23	
Mehr-/ Minderdämmstärke Boden	cm	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
Mehr-/ Minderdämmstärke Dach	cm	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
zulässig ENEC (PE)		81,0 kWh/(m ² a)	81,0 kWh/(m ² a)	81,0 kWh/(m ² a)	81,0 kWh/(m ² a)	81,0 kWh/(m ² a)	81,0 kWh/(m ² a)	81,0 kWh/(m ² a)	81,0 kWh/(m ² a)	81,0 kWh/(m ² a)	
ENEV-15% (PE)		0,0 kWh/(m ² a)	0,0 kWh/(m ² a)	68,9 kWh/(m ² a)	0,0 kWh/(m ² a)	0,0 kWh/(m ² a)	68,9 kWh/(m ² a)	0,0 kWh/(m ² a)	0,0 kWh/(m ² a)	0,0 kWh/(m ² a)	
Einhaltung ENEC 2009		erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	
Zulässig ENEC (HT)		0,40 W/(m ² K)	0,40 W/(m ² K)	0,40 W/(m ² K)	0,40 W/(m ² K)	0,40 W/(m ² K)	0,40 W/(m ² K)	0,40 W/(m ² K)	0,40 W/(m ² K)	0,40 W/(m ² K)	
ENEV-15% (HT)		0,00 kWh/(m ² a)	0,00 kWh/(m ² a)	0,34 kWh/(m ² a)	0,00 kWh/(m ² a)	0,00 kWh/(m ² a)	0,34 kWh/(m ² a)	0,00 kWh/(m ² a)	0,00 kWh/(m ² a)	0,00 kWh/(m ² a)	
Erfüllung Nutzungspflicht		607%	607%	377%	682%	694%	377%	682%	694%	606%	
Einhaltung EEW/ÄrmeG		erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	
Wärmeenergiebedarf	kWh/a	7.206 kWh/a	7.206 kWh/a	7.195 kWh/a	7.195 kWh/a	7.206 kWh/a	7.195 kWh/a	7.195 kWh/a	7.206 kWh/a	7.206 kWh/a	
Anteil EE/WRG Deckung		100%	100%	31%	64%	65%	31%	64%	65%	0%	
KWK Deckung		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	

(Fortsetzung): Übersicht Wirtschaftlichkeitsberechnung – EFH Passiv

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für Objekt:		Einheit		Pelletkessel		WP Sole/Wasser		Erdgas BW		Erdgas BW+ Solar TW		Erdgas BW+ Solar HZ		Heizöl BW		Heizöl BW+ Solar TW		Heizöl BW+ Solar HZ		Mini-KWK	
EFH Typ E Passiv				Pelletkessel		WP Sole/Wasser		Erdgas BW		Erdgas BW+ Solar TW		Erdgas BW+ Solar HZ		Heizöl BW		Heizöl BW+ Solar TW		Heizöl BW+ Solar HZ		Mini-KWK	
Investitionen (inkl. MwSt.)		€	6.808	2.073	2.073	2.073	2.073	2.073	2.073	2.073	2.073	2.073	2.073	2.373	2.373	2.373	2.373	2.373	2.373	5.348	
Wärmeerzeuger (inkl. Regelung und Anschlüsse)		€	3.000	1.243	1.243	1.243	1.243	1.243	1.243	1.243	1.243	1.243	1.243	1.243	1.243	1.243	1.243	1.243	1.243	701	
Peripheriebauteile (inkl. BW-Speicher, Raumstrag)		€	298	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	500	500	198	198	198	198	452	
Solar Kollektoranlage (inkl. Zubehör und Brauchwasserspeicher)		€	1.136																		
Pufferspeicher/Gasanschluss/Ölank		€	1.941	1.764	1.764	1.764	1.764	1.764	1.764	1.764	1.764	1.764	1.764	2.205	2.205	2.205	2.205	2.205	2.205	1.941	
Baukosten (Lagerung, Bohrkosten, Sonden)		€	2.664	2.664	2.664	2.664	2.664	2.664	2.664	2.664	2.664	2.664	2.664	2.664	2.664	2.664	2.664	2.664	2.664	2.664	
Schornstein/Abgasleitung		€	13.661	13.661	13.661	13.661	13.661	13.661	13.661	13.661	13.661	13.661	13.661	13.661	13.661	13.661	13.661	13.661	13.661	13.661	
Montage/Inbetriebnahme		€	29.507	23.887	23.887	23.887	23.887	23.887	23.887	23.887	23.887	23.887	23.887	22.628	22.628	22.628	22.628	22.628	22.628	22.628	
Lüftungsanlage mit WRG		€																			
Mehr-/Minderinvestitionen Dämmung u. Fenster		€																			
Summe Investition (inkl. MwSt.)		€	29.507	23.887	23.887	23.887	23.887	23.887	23.887	23.887	23.887	23.887	23.887	22.628	22.628	22.628	22.628	22.628	22.628	22.628	24.767
Kapitalgebundene Kosten																					
Nutzungsdauer (Kessel, Pumpe, Speicher, Zubehör etc.)		a	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	15	
Diskontrate		%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	
Summe kapitalgebundene Kosten (inkl. MwSt.)		€/a	2.171	1.758	1.758	1.758	1.758	1.758	1.758	1.758	1.758	1.758	1.758	1.665	1.665	1.665	1.665	1.665	1.665	2.228	
Summe kapitalgebundene Kosten (exkl. MwSt.)		€/a	1.825	1.477	1.477	1.477	1.477	1.477	1.477	1.477	1.477	1.477	1.477	1.399	1.399	1.399	1.399	1.399	1.399	1.872	
Betriebsgebundene und sonstige Kosten																					
Instandsetzung/Wartung Wärmezeuger und Peripherie		€/a	455	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	133	133	133	133	133	133	96	
Instandsetzung/Wartung bauliche Anlagen		€/a	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Schornsteinleger und Emissionsmessung		€/a	158	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	58	58	58	58	58	58	17	
Versicherung		€/a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	60	60	60	60	60	0	
Summe betriebsgebundene Kosten (inkl. MwSt.)		€/a	635	371	371	371	371	371	371	371	371	371	371	226	226	226	226	226	226	113	
Summe betriebsgebundene Kosten (exkl. MwSt.)		€/a	534	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312	190	190	190	190	190	289	95	
Verbrauchsgebundene Kosten																					
Gaspreis bzw. Wärmepreis		€/kWh		0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090	0,086	
Heizölpreis		€/kWh																			
Pelletpreis		€/kWh	0,059											0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	
Strompreis		€/kWh	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	
WP-Tarif		€/a	192,11	141,31	141,31	141,31	141,31	141,31	141,31	141,31	141,31	141,31	141,31	59,34	59,34	59,34	59,34	59,34	59,34	138,80	
Hilfsenergie		€/a																			
KWK Strom Vergütung (Durchschnitt Einspeisung und Verkauf)		€/kWh	579,97	351,92	351,92	351,92	351,92	351,92	351,92	351,92	351,92	351,92	351,92	375,81	375,81	375,81	375,81	375,81	375,81	0,134	
Summe verbrauchsgebundene Kosten (inkl. MwSt.)		€/a	523,92	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	315,81	315,81	315,81	315,81	315,81	315,81	694,84	
Verbrauchsgebundene Kosten (exkl. MwSt.)		€/a	523,92	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	315,81	315,81	315,81	315,81	315,81	315,81	694,84	
Gesamtkosten		€/a	523,92	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	315,81	315,81	315,81	315,81	315,81	315,81	694,84	
MAP-Förderung (BAFA)		€/a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.770	
KfW-Kredit (Zinsvorteil)		€/a	273	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	86	86	86	86	86	86	223	
Gesamtkosten (inkl. MwSt., exkl. Förderung)		€/a	250,90	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	315,81	315,81	315,81	315,81	315,81	315,81	694,84	
Gesamtkosten (exkl. MwSt., inkl. Förderung)		€/a	250,90	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	315,81	315,81	315,81	315,81	315,81	315,81	694,84	
Gesamtkosten (inkl. MwSt., inkl. Förderung)		€/a	250,90	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	315,81	315,81	315,81	315,81	315,81	315,81	694,84	
Gesamtkosten (exkl. MwSt., inkl. Förderung)		€/a	250,90	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	295,73	315,81	315,81	315,81	315,81	315,81	315,81	694,84	
spezif. Kosten (inkl. MwSt., exkl. Förderung)		€/kWh	56,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	50,1	50,1	50,1	50,1	50,1	50,1	48,5	
spezif. Kosten (exkl. MwSt., exkl. Förderung)		€/kWh	47,7	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4	42,1	42,1	42,1	42,1	42,1	42,1	40,1	
spezif. Kosten (inkl. MwSt., inkl. Förderung)		€/kWh	51,6	43,6	43,6	43,6	43,6	43,6	43,6	43,6	43,6	43,6	43,6	44,7	44,7	44,7	44,7	44,7	44,7	40,2	
spezif. Kosten (exkl. MwSt., inkl. Förderung)		€/kWh	43,2	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,3	34,3	34,3	34,3	34,3	34,3	31,8	

1,90

Tabelle 39: Übersicht Wirtschaftlichkeitsberechnung – MFH unsaniert
[eigene Berechnungen]

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für Objekt:										
MFH Typ E unsaniert										
	Einheit	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	Erdgas BW	Erdgas BW+ Solar TW	Erdgas BW+ Solar HZ	Heizöl BW	Heizöl BW+ Solar TW	Heizöl BW+ Solar HZ	KWK
Gebäude Daten		Pelletkessel	WP-Sole/Wasser	Erdgas BW	Erdgas BW	Erdgas BW	Heizöl BW	Heizöl BW	Heizöl BW	KWK
Hüllfläche	m²	4.491	4.491	4.491	4.491	4.491	4.491	4.491	4.491	4.491
beheiztes Volumen	m³	10.397	10.397	10.397	10.397	10.397	10.397	10.397	10.397	10.397
Nutzfläche AN	m²	3.327	3.327	3.327	3.327	3.327	3.327	3.327	3.327	3.327
Wohnfläche	m²	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845
A/V Verhältnis	m²-1	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Außenwand	[W/m²K]	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209
Dach	[W/m²K]	2,299	2,299	2,299	2,299	2,299	2,299	2,299	2,299	2,299
Kellerdecke	[W/m²K]	0,969	0,969	0,969	0,969	0,969	0,969	0,969	0,969	0,969
Fenster	[W/m²K]	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
Anlagendaten										
Heizwärmebedarf QH	KWh/a	523.929	523.929	523.929	523.929	523.929	523.929	523.929	523.929	523.929
spez. Heizwärmebedarf qH	KWh/(m²a)	157,5	157,5	157,5	157,5	157,5	157,5	157,5	157,5	157,5
Trinkwarmwasserbedarf QTW	KWh/a	41.588	41.588	41.588	41.588	41.588	41.588	41.588	41.588	41.588
spez. Trinkwarmwasserbedarf qTW	KWh/(m²a)	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
Endenergiebedarf Heizwärme QH,WE,E	KWh/a	632.920	145.914	553.782	553.782	498.551	555.219	499.844	539.557	539.557
Endenergiebedarf Heizwärme QH,HE,E	KWh/a	1.071	9.184	3.276	3.276	2.856	3.276	2.856	3.276	1.067
Endenergiebedarf Trinkwasser QTW,WE,E	KWh/a	82.379	17.970	71.467	71.467	36.294	36.294	36.294	36.294	65.958
Endenergiebedarf Trinkwasser QTW,HE,E	KWh/a	538	537	779	779	876	876	876	876	537
Endenergiebedarf Lüftung QL,HE,E	KWh/a	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Endenergiebedarf QWE,E	KWh/a	715.299	163.884	625.249	590.076	534.845	626.686	591.513	536.138	403.062
Endenergiebedarf QHE,E	KWh/a	1.609	9.721	4.055	4.152	3.732	4.055	4.152	3.732	1.604
Endenergiebedarf QEL (Zur Stromerzeugung, Finn. Methode)	KWh/a	147.243	451.373	698.317	659.879	598.034	699.897	661.459	599.457	697.874
Primärenergiebedarf QP	KWh/a	44,3	135,7	209,9	198,3	179,7	210,4	198,8	180,2	428,032
spez. Primärenergiebedarf qp	KWh/(m²a)	0,26	0,80	1,23	1,17	1,06	1,24	1,17	1,06	0,76
Primärenergiebedarf QEL (Zur Stromerzeugung, Finn. Methode)	KWh/a	329,5	329,5	329,5	329,5	329,5	329,5	329,5	329,5	329,5
Anlagenaufwandszahl (QP/(QH+QTW))										
Gesamtheizlast	KW	9.900	9.900	9.900	9.900	9.900	9.900	9.900	9.900	9.900
Größe Pufferspeicher (Pellets, WP, KWK), Größe Öltank	l									
Aperturfläche	m²				133,0	420,7		133,0	420,7	14.200
Kollektorfläche	m²				143,7	454,3		143,7	454,3	
Systemertrag Solakollektor	KWh				39.908	100.959		39.908	100.959	0
Deckungsanteil solare Warmwasserbereitstellung	%				50%	50%		50%	50%	0
Deckungsanteil solare Heizungsunterstützung	%				0%	10%		0%	10%	0
Mehr-/ Minderdämmstärke Außenwand	cm	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mehr-/ Minderdämmstärke Boden	cm	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mehr-/ Minderdämmstärke Dach	cm	0	0	0	0	0	0	0	0	0
zulässig ENEC (PE)		88,4 KWh/(m² a)	88,4 KWh/(m² a)	88,4 KWh/(m² a)	88,4 KWh/(m² a)	88,4 KWh/(m² a)	88,4 KWh/(m² a)	88,4 KWh/(m² a)	88,4 KWh/(m² a)	88,4 KWh/(m² a)
ENEV-15% (PE)		0,0 KWh/(m² a)	0,0 KWh/(m² a)	0,0 KWh/(m² a)	0,0 KWh/(m² a)	0,0 KWh/(m² a)	0,0 KWh/(m² a)	0,0 KWh/(m² a)	0,0 KWh/(m² a)	0,0 KWh/(m² a)
Einhaltung ENEC 2009		nicht erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt
Zulässig ENEC (HT)		0,70 W/(m² K)	0,70 W/(m² K)	0,70 W/(m² K)	0,70 W/(m² K)	0,70 W/(m² K)	0,70 W/(m² K)	0,70 W/(m² K)	0,70 W/(m² K)	0,70 W/(m² K)
ENEV-15% (HT)		0,00 KWh/(m² a)	0,00 KWh/(m² a)	0,00 KWh/(m² a)	0,00 KWh/(m² a)	0,00 KWh/(m² a)	0,00 KWh/(m² a)	0,00 KWh/(m² a)	0,00 KWh/(m² a)	0,00 KWh/(m² a)
Erfüllung Nutzungspflicht		200%	200%	200%	111%	111%	44%	44%	111%	200%
Einhaltung EEW/ÄmEG		erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt
Wärmeenergiebedarf	KWh/a	604.390	601.496	604.390	604.390	604.390	604.390	604.390	604.390	604.390
Anteil EE/WRG Deckung	%	100%	100%	0%	7%	17%	0%	7%	17%	0%
KWK Deckung	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%

(Fortsetzung): Übersicht Wirtschaftlichkeitsberechnung – MFH unsaniert

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für Objekt:		Pelletkessel		Erdgas BW		Erdgas BW+		Heizöl BW		Heizöl BW+		Heizöl BW+		KWK	
MFH Typ E unsaniert		WP Sole/Wasser		Erdgas BW		Erdgas BW+		Heizöl BW		Heizöl BW+		Heizöl BW+		KWK	
	Einheit		WP Sole/Wasser	Erdgas BW	Erdgas BW+	Erdgas BW+	Heizöl BW	Heizöl BW+	Heizöl BW+	Heizöl BW+	Heizöl BW+	Heizöl BW+	Heizöl BW+	KWK	KWK
Investitionen (inkl. MwSt.)	€	85.742	75.943	22.107	26.060	26.060	22.407	26.360	26.360	26.360	26.360	26.360	26.360	186.756	186.756
Wärmeerzeuger (inkl. Regelung und Anschlüsse)															
Peripheriebauteile (inkl. BW-Speicher, Raumstrag)	€	9.900		4.934	4.934	4.934	4.934	4.934	4.934	4.934	4.934	4.934	4.934	17.199	17.199
Solar Kollektoranlage (inkl. Zubehör und Brauchwasserspeicher)	€				122.437		387.178		387.178		387.178		387.178		
Pufferspeicher/Gasanschluss/Öltank	€	4.726	4.726				500		500		500		500	5.872	5.872
Baukosten (Lagerung, Bohrkosten, Sonden)	€	7.199	164.727												
Schornstein/Abgasleitung	€	4.705	4.705	3.764	3.764	3.764	3.764	3.764	3.764	3.764	3.764	3.764	3.764	4.705	4.705
Montage-/Inbetriebnahme	€														
Lüftungsanlage mit WRG	€														
Mehr-/ Minderinvestitionen Dämmung u. Fenster	€														
Summe Investition (inkl. MwSt.)	€	112.273	250.101	30.806	157.195	157.195	31.606	117.420	117.420	117.420	117.420	117.420	117.420	214.531	214.531
Kapitalgebundene Kosten	a	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	15	15
Nutzungsdauer (Kessel, Pumpe, Speicher, Zubehör etc.)	%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%
Summe kapitalgebundene Kosten (inkl. MwSt.)	€/a	8.261	18.403	2.267	11.567	11.567	31.047	8.640	8.640	8.640	8.640	8.640	8.640	19.295	19.295
Summe kapitalgebundene Kosten (exkl. MwSt.)	€/a	6.942	15.465	1.905	9.720	9.720	26.090	7.260	7.260	7.260	7.260	7.260	7.260	16.214	16.214
Betriebsgebundene und sonstige Kosten	€/a	4517	3227	946	6137	6137	4957	974	1914	1914	4985	4985	4985	3981	3981
Instandsetzung/Wartung Wärmeerzeuger und Peripherie	€/a	144	3295	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Instandsetzung/Wartung bauliche Anlagen	€/a	158	0	17	17	17	17	58	58	58	58	58	58	17	17
Schornsteinleger und Emissionsmessung	€/a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Versicherung	€/a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe betriebsgebundene Kosten (inkl. MwSt.)	€/a	4.819	6.521	963	6.154	6.154	4.974	1.092	2.032	2.032	5.103	5.103	5.103	3.998	3.998
Summe betriebsgebundene Kosten (exkl. MwSt.)	€/a	4.049	5.480	810	5.172	5.172	4.179	918	1.707	1.707	4.288	4.288	4.288	3.360	3.360
Verbrauchsgebundene Kosten	€/kWh			0,091	0,091	0,091	0,091	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090	0,086	0,086
Gaspreis bzw. Wärmepreis	€/kWh														
Heizölpreis	€/kWh	0,059													
Pelletpreis	€/kWh	0,251													
Strompreis	€/kWh	0,251													
WP-Tarif	€/kWh	0,162													
Hilfsenergie	€/a	404,58	2444,35	1019,63	1044,02	1044,02	938,41	1019,63	1044,02	1044,02	938,41	1044,02	1044,02	403,33	403,33
KWK Strom Vergütung (Durchschnitt Einspeisung und Verkauf)	€/kWh													0,164	0,164
Summe verbrauchsgebundene Kosten (inkl. MwSt.)	€/a	42.838,74	28.974,18	58.201,19	55.008,86	55.008,86	49.852,16	57.463,78	54.320,22	54.320,22	49.227,12	49.227,12	49.227,12	95.033,27	95.033,27
Verbrauchsgebundene Kosten (exkl. MwSt.)	€/a	39.998,07	24.348,05	48.908,56	46.225,94	46.225,94	41.892,57	48.288,89	45.647,25	45.647,25	41.367,32	41.367,32	41.367,32	79.859,89	79.859,89
Stromertrag KWK														37.737,56	37.737,56
Gesamtkosten	€/a	11.860	0	0	12.930	12.930	22.244	0	12.930	12.930	22.244	22.244	22.244	0	0
MAP-Förderung (BAFA)	€/a	1.592	3.547	0	1.736	1.736	5.491	0	1.161	1.161	5.491	5.491	5.491	0	0
KfW-Kredit Programm 271 (Zinsvorteil)	€/a	1.039	2.314	0	1.133	1.133	3.582	0	757	757	3.582	3.582	3.582	0	0
Gesamtkosten (inkl. MwSt., exkl. Förderung)	€/a	55.919	53.898	61.431	72.730	72.730	85.872	60.882	64.992	64.992	85.435	85.435	85.435	93.426	93.426
Gesamtkosten (exkl. MwSt., exkl. Förderung)	€/a	50.990	45.293	51.623	61.117	61.117	72.162	51.161	54.615	54.615	71.794	71.794	71.794	74.533	74.533
Gesamtkosten (inkl. MwSt., inkl. Förderung)	€/a	54.007	51.584	61.431	70.646	70.646	60.882	60.882	63.283	63.283	80.216	80.216	80.216	80.589	80.589
Gesamtkosten (exkl. MwSt., inkl. Förderung)	€/a	49.078	42.979	51.623	59.033	59.033	66.943	51.161	52.906	52.906	66.575	66.575	66.575	61.697	61.697
spezif. Kosten (inkl. MwSt., exkl. Förderung)	Ct./kWh	9,9	9,5	10,9	12,9	12,9	15,2	10,8	11,5	11,5	15,1	15,1	15,1	16,5	16,5
spezif. Kosten (exkl. MwSt., exkl. Förderung)	Ct./kWh	9,0	8,0	9,1	10,8	10,8	12,8	9,0	9,7	9,7	12,7	12,7	12,7	13,2	13,2
spezif. Kosten (inkl. MwSt., inkl. Förderung)	Ct./kWh	9,6	9,1	10,9	12,5	12,5	14,3	10,8	11,2	11,2	14,2	14,2	14,2	14,3	14,3
spezif. Kosten (exkl. MwSt., inkl. Förderung)	Ct./kWh	8,7	7,6	9,1	10,4	10,4	11,8	9,0	9,4	9,4	11,8	11,8	11,8	10,9	10,9

Tabelle 40: Übersicht Wirtschaftlichkeitsberechnung – MFH saniert
[eigene Berechnungen]

Wirtschaftlichkeitsbeurteilung für Objekt:		MFH Typ E saniert													
	Einheit	Peletkessel	WP Sole/Wasser	Erdgas BW	Erdgas BW+ Solar TW	Erdgas BW+ Solar HZ	Erdgas BW ENEC140%	Erdgas BW ENEC140% WW sd EEVIG	Erdgas BW ENEC160% WW sd EEVIG HU	Erdgas BW ENEC160%	Erdgas BW ENEC180%	Heizöl BW	Heizöl BW+ Solar TW	Heizöl BW+ Solar HZ	KWK
Gebäude Daten															
Hüllfläche	m ²	4.491	4.491	4.491	4.491	4.491	4.491	4.491	4.491	4.491	4.491	4.491	4.491	4.491	4.491
beheiztes Volumen	m ³	10.397	10.397	10.397	10.397	10.397	10.397	10.397	10.397	10.397	10.397	10.397	10.397	10.397	10.397
Nutzfläche AN	m ²	3.327	3.327	3.327	3.327	3.327	3.327	3.327	3.327	3.327	3.327	3.327	3.327	3.327	3.327
Wohnfläche	m ²	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845
AAV Verhältnis	m ² -1	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Außenwand	[W/m ² K]	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Dach	[W/m ² K]	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Kellerdecke	[W/m ² K]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Fenster	[W/m ² K]	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Anlagen Daten															
Heizwärmebedarf OH	kWh/a	237.004	237.004	237.004	237.004	237.004	164.906	182.341	201.982	201.982	220.082	237.004	237.004	237.004	237.004
spez. Heizwärmebedarf qH	kWh/(m ² a)	71,2	71,2	71,2	71,2	71,2	49,6	54,8	60,7	60,7	66,1	71,2	71,2	71,2	71,2
Trinkwasserwärmebedarf QTW	kWh/a	41.588	41.588	41.588	41.588	41.588	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	41.588	41.588	41.588	41.588
spez. Trinkwasserwärmebedarf qTW	kWh/(m ² a)	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	12,5	12,5	12,5	12,5
Energieaufwandszahl HZ (informativ)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energieaufwandszahl TW (informativ)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energiebedarf Heizwärme OH, W, E, E	kWh/a	326.980	67.740	259.468	259.468	233.668	176.214	193.201	192.222	212.338	229.973	260.141	234.274	234.274	252.632
Energiebedarf Heizwärme OH, H, E, E	kWh/a	1.134	5.043	2.099	2.099	1.903	736	808	1.344	888	962	2.099	1.903	1.903	1.067
Energiebedarf Trinkwasser QTW, W, E, E	kWh/a	86.721	17.970	36.294	36.294	36.294	69.905	46.274	69.905	69.905	69.905	71.467	36.294	36.294	65.989
Energiebedarf Trinkwasser QTW, H, E, E	kWh/a	545	537	779	876	876	650	856	856	650	650	779	876	876	537
Energiebedarf Lüftung QL, H, E, E	kWh/a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Energiebedarf QWE, E	kWh/a	41.370	85.710	330.935	285.762	269.962	246.119	239.475	238.496	282.243	299.878	331.608	270.568	270.568	212.070
Energiebedarf QHE, E	kWh/a	1.679	5.580	2.878	2.975	2.779	1.386	1.664	2.200	1.538	1.612	2.975	1.604	1.604	1.064
Energiebedarf OEL (Zur Stromerzeugung, Finn. Methode)	kWh/a	87.106	237.357	371.511	333.073	304.184	274.380	267.747	268.065	314.467	334.059	372.251	304.851	304.851	227.184
spez. Primärenergiebedarf qp	kWh/(m ² a)	26,2	71,3	111,7	100,1	91,4	82,5	80,5	80,6	94,5	100,4	111,9	100,3	91,6	65,3
Primärenergiebedarf OEL (Zur Stromerzeugung, Finn. Methode)	kWh/a	0,31	0,85	1,33	1,20	1,09	1,33	1,20	1,10	1,29	1,28	1,34	1,20	1,09	0,82
Anlagenaufwandszahl (QP, (QH+QTW))	kW	189,3	189,3	189,3	189,3	189,3	189,7	177,5	186,5	186,5	194,7	199,3	199,3	199,3	199,3
Gesamtheizlast	kW	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
Größe Pufferspeicher (Pellets, WP, KWK), Größe Öltank	l														
Aperturfläche	m ²														
Kollektorfläche	m ²														
Systemtrag Solar Kollektor	kWh														
Deckungsanteil solare Warmwasserbereitstellung	%														
Deckungsanteil solare Heizungsunterstützung	%														
Mehr-/Minderdämmstärke Außenwand	cm	6	6	6	6	6	10	6	6	6	6	6	6	6	6
Mehr-/Minderdämmstärke Boden	cm	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Mehr-/Minderdämmstärke Dach	cm	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
zulässig ENEC (PE)		88,4 kWh/(m ² a)	88,4 kWh/(m ² a)	88,4 kWh/(m ² a)	88,4 kWh/(m ² a)	88,4 kWh/(m ² a)	83,0 kWh/(m ² a)	83,0 kWh/(m ² a)	83,0 kWh/(m ² a)	83,0 kWh/(m ² a)	106,7 kWh/(m ² a)	88,4 kWh/(m ² a)	88,4 kWh/(m ² a)	88,4 kWh/(m ² a)	88,4 kWh/(m ² a)
ENEV-15% (PE)		0,0 kWh/(m ² a)	0,0 kWh/(m ² a)	0,0 kWh/(m ² a)	0,0 kWh/(m ² a)	0,0 kWh/(m ² a)	0,0 kWh/(m ² a)	0,0 kWh/(m ² a)	0,0 kWh/(m ² a)	0,0 kWh/(m ² a)	0,0 kWh/(m ² a)	0,0 kWh/(m ² a)	0,0 kWh/(m ² a)	0,0 kWh/(m ² a)	0,0 kWh/(m ² a)
Einhaltung ENEC 2009		erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt
Zulässig ENEC (HT)		0,70 kWh/(m ² a)	0,70 kWh/(m ² a)	0,70 kWh/(m ² a)	0,70 kWh/(m ² a)	0,70 kWh/(m ² a)	0,70 kWh/(m ² a)	0,70 kWh/(m ² a)	0,70 kWh/(m ² a)	0,70 kWh/(m ² a)	0,90 kWh/(m ² a)	0,70 kWh/(m ² a)	0,70 kWh/(m ² a)	0,70 kWh/(m ² a)	0,70 kWh/(m ² a)
ENEV-15% (HT)		0,0 kWh/(m ² a)	0,0 kWh/(m ² a)	0,0 kWh/(m ² a)	0,0 kWh/(m ² a)	0,0 kWh/(m ² a)	0,0 kWh/(m ² a)	0,0 kWh/(m ² a)	0,0 kWh/(m ² a)	0,0 kWh/(m ² a)	0,0 kWh/(m ² a)	0,0 kWh/(m ² a)	0,0 kWh/(m ² a)	0,0 kWh/(m ² a)	0,0 kWh/(m ² a)
Erfüllung Nutzungspflicht		200%	200%	200%	200%	200%	200%	200%	200%	200%	200%	200%	200%	200%	200%
Einhaltung EEV WärmeG		erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt
Wärmeenergiebedarf	kWh/a	317.466	317.466	317.466	317.466	317.466	317.466	317.466	317.466	317.466	317.466	317.466	317.466	317.466	317.466
Anteil EEVWRG Deckung	%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
KWK Deckung	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

(Fortsetzung): Übersicht Wirtschaftlichkeitsberechnung – MFH saniert

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für Objekt:												
MFH Typ	E saniert											
	Einheit	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	Erdgas BW	Erdgas BW+ Solar TW	Erdgas BW+ Solar HZ	Erdgas BW EneV140% FEMG	Erdgas BW EneV140% WW sd FEMG, HL	Erdgas BW EneV160% EneV180%	Heizöl BW Solar TW	Heizöl BW+ Solar HZ	KWK
Investitionen (inkl. MwSt.)												
Wärmeerzeuger (inkl. Regelung und Anschlüsse)	€	49912,29	59182,20	15174,44	17897,43	17897,43	16254,31	16940,34	14371,00	15474,44	18187,43	137469,05
Peiperlebauteile (inkl. BW-Speicher, Raumstrahlr)	€	9501,20		4934,28	4934,28	4934,28	4934,28	4934,28	4934,28	4934,28	4934,28	15417,35
Solar Kollektoranlage (inkl. Zubehör und Brauchwasserspeicher)	€				81861,98	387177,56	81861,98	387177,56		81861,98	387177,56	
Pufferspeicher/Gasanschluss/Öltank	€	3496,65	3496,65						500,00	500,00	500,00	4342,37
Balkonanlage (Lagerung, Bohrkosten, Sonden)	€	5804,26	98660,96									
Schornstein/Abgasleitung	€											
Montage/Inbetriebnahme	€	4234,00	4234,00	3397,20	3397,20	3397,20	3397,20	3397,20	3397,20	3397,20	3397,20	4234,00
Lüftungsanlage mit WRG	€	88395,24	88395,24	88395,24	88395,24	88395,24	88395,24	88395,24	88395,24	88395,24	88395,24	88395,24
Mehr-/Minderinvestitionen Dämmung u. Fenster	€	161333,64	254999,06	117881,16	196456,13	501771,71	121463,90	94823,01	111590,68	197256,13	502571,71	249947,00
Summe Investition (inkl. MwSt.)	€											
Kapitalgebundene Kosten												
Nutzungsdauer (Kessel, Pumpe, Speicher, Zubehör etc.)	a	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	15
Diskontante	%	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Summe kapitalgebundene Kosten (inkl. MwSt.)	€/a	11.871,21	18.790,33	8.222,41	14.455,99	36.921,24	14.335,42	36.851,55	8.173,29	14.514,45	36.960,11	22.471,51
Summe kapitalgebundene Kosten (exkl. MwSt.)	€/a	9.975,81	15.764,99	6.917,99	12.147,35	31.026,25	12.046,57	30.967,69	6.868,31	12.197,02	31.075,72	18.883,63
Betriebsgebundene und sonstige Kosten												
Instandsetzung/Wartung Wärmeerzeuger und Peiperle	€/a	2830,96	2507,15	703,81	4187,35	4670,54	4122,02	4637,39	675,68	731,81	1627,88	4696,54
Instandsetzung/Wartung bauliche Anlagen	€/a	116,09	1993,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Schornsteinfeger und Emissionsmessung	€/a	138,00	0,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00
Versicherung	€/a	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Summe betriebsgebundene Kosten (inkl. MwSt.)	€/a	3.105,04	4.500,37	720,81	4.204,35	4.687,54	4.139,02	4.654,39	692,68	716,64	1.745,88	4.816,54
Summe betriebsgebundene Kosten (exkl. MwSt.)	€/a	2.609,28	3.791,83	605,72	3.533,07	3.939,11	3.478,17	3.911,25	582,09	714,12	1.467,13	4.047,51
Verbrauchsgebundene Kosten												
Gaspreis bzw. Wärmepreis	€/KWh			0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Heizölpreis	€/KWh											
Pelletpreis	€/KWh	0,06										
Strompreis	€/KWh	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
WP-Tarif	€/KWh		0,16									
Hilfsenergie	€/a	422,18	1403,09	723,67	748,06	698,78	418,41	553,19	386,73	405,34	723,67	403,33
KWK Strom Vergütung (Durchschnitt Einspeisung und Verkauf)	€/KWh											0,16
Summe verbrauchsgebundene Kosten (inkl. MwSt.)	€/a	24954,44	15277,86	30989,02	27796,70	25397,90	22319,37	22364,62	26199,00	30590,40	27447,28	50192,60
Verbrauchsgebundene Kosten (exkl. MwSt.)	€/a	23.291,47	12.838,64	26.041,19	23.358,57	21.334,37	18.755,78	18.793,80	22.015,96	23.386,89	21.065,72	42.178,66
Stromertrag KWK												1770,9241
Gesamtkosten												
MAP-Förderung (BAFA)	€	7175,59	0,00	0,00	12930,14	22244,20	12930,14	22244,20	0,00	0,00	12930,14	0,00
MAP-Förderung (KW-Kredit Programm 271 - Zinsorient)	€/a	2287,91	3615,63	1160,90	5490,65	5490,65	1160,90	5490,65	0,00	0,00	5490,65	0,00
KW-Kredit (Zinsorient)	€/a	1492,71	2399,06	0,00	757,44	3992,44	757,44	3992,44	0,00	0,00	757,44	0,00
Gesamtkosten (inkl. MwSt., exkl. Förderung)	€/a	38940,69	38538,08	39942,24	48456,63	68986,68	40793,91	63870,56	39064,97	39752,07	43707,61	66864,85
Gesamtkosten (exkl. MwSt., exkl. Förderung)	€/a	38976,55	32395,45	33594,91	38039,19	56299,73	34280,52	53672,74	29468,36	33388,17	36729,08	64088,11
Gesamtkosten (inkl. MwSt., inkl. Förderung)	€/a	37919,93	36179,62	39442,24	44747,77	61777,47	39084,95	58651,35	39064,97	39752,07	41998,74	61645,65
Gesamtkosten (exkl. MwSt., inkl. Förderung)	€/a	38855,79	30026,39	33564,91	37330,32	51080,52	32571,65	48453,56	30884,09	33388,17	35920,21	45659,75
spezif. Kosten (inkl. MwSt., exkl. Förderung)	Cl./KWh	14,3	13,8	14,3	16,7	24,0	18,2	26,2	14,4	14,3	15,7	23,0
spezif. Kosten (exkl. MwSt., exkl. Förderung)	Cl./KWh	12,9	11,6	12,0	14,0	20,2	13,2	22,0	12,1	11,8	12,0	18,7
spezif. Kosten (inkl. MwSt., inkl. Förderung)	Cl./KWh	13,6	13,0	14,3	16,1	22,2	15,7	24,1	14,4	14,3	15,1	20,7
spezif. Kosten (exkl. MwSt., inkl. Förderung)	Cl./KWh	12,2	10,8	12,0	13,4	18,3	13,2	19,9	12,1	11,8	12,0	18,3

(Fortsetzung): Übersicht Wirtschaftlichkeitsberechnung – MFH EnEV 2009

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für Objekt:		Emissionen		Emissionen		Emissionen		Emissionen		Emissionen		Emissionen		Emissionen											
MFH Typ E EnEV 2009		Pelletkessel		WP Sole/Wasser		Erdgas BW (EnEV-15%)		Erdgas BW+ Solar TW		Erdgas BW+ Solar HZ		Erdgas BW+ LA		Erdgas BW (EnEV-5%)		Erdgas BW (EnEV-10%)		Heizöl BW Solar TW		Heizöl BW+ Solar HZ		Heizöl BW+ LA		KWK	
Einheit	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	Erdgas BW (EnEV-15%)	Erdgas BW+ Solar TW	Erdgas BW+ Solar HZ	Erdgas BW+ LA	Erdgas BW (EnEV-5%)	Erdgas BW (EnEV-10%)	Heizöl BW Solar TW	Heizöl BW+ Solar HZ	Heizöl BW LA	Heizöl BW Solar TW	Heizöl BW+ Solar HZ	Heizöl BW LA	Heizöl BW Solar TW	Heizöl BW+ Solar HZ	Heizöl BW LA	Heizöl BW Solar TW	Heizöl BW+ Solar HZ	Heizöl BW LA	Heizöl BW Solar TW	Heizöl BW+ Solar HZ	Heizöl BW LA	KWK	
Investitionen (inkl. MwSt.)																									
€	44.323	52.255	10.199	14.501	14.501	10.199	10.830	10.531	14.801	14.801	10.499	14.801	14.801	10.499	14.801	14.801	10.499	14.801	14.801	10.499	14.801	14.801	10.499	15.569	
€	9.318	4.934	4.934	4.934	4.934	4.934	4.934	4.934	67.633	67.633	4.934	67.633	67.633	4.934	67.633	67.633	4.934	67.633	67.633	4.934	67.633	67.633	4.934	14.487	
€	3.019	3.019	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	6.237	
€	4.719	77.544																							
€	4.017	4.017	3.213	3.213	3.213	3.213	3.213	3.213	3.213	3.213	3.213	3.213	3.213	3.213	3.213	3.213	3.213	3.213	3.213	3.213	3.213	3.213	3.213	4.017	
€			195.700	0	0	142.250	0	87.314	0	0	110.691	0	0	142.250	0	0	110.691	0	0	142.250	0	0	142.250	0	
€	65.395	136.835	216.546	92.781	202.437	163.096	108.797	224.069	101.593	209.959	170.619	101.593	209.959	170.619	101.593	209.959	170.619	101.593	209.959	170.619	101.593	209.959	170.619	140.309	
Kapitalgebundene Kosten																									
a	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	15	
%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	
€/a	4.812	10.069	15.934	6.827	14.896	12.001	8.005	9.703	16.487	7.475	15.449	12.554	15.449	12.554	12.554	15.449	12.554	12.554	15.449	12.554	12.554	15.449	12.554	12.620	
€/a	4.044	8.461	13.390	5.737	12.517	10.065	6.727	8.154	13.855	6.282	12.982	10.605	13.855	10.605	10.605	13.855	10.605	10.605	13.855	10.605	10.605	13.855	10.605	10.605	
Betriebsgebundene und sonstige Kosten																									
€/a	2550	2211	617	3683	2453	870	639	880	1367	2804	880	1367	2804	880	1367	2804	880	1367	2804	880	1367	2804	880	1686	
€/a	94	1551	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
€/a	188	0	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	
€/a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
€/a	2.802	3.762	634	3.600	2.470	887	656	998	1.485	2.922	998	1.485	2.922	998	1.485	2.922	998	1.485	2.922	998	1.485	2.922	998	1.713	
€/a	2.395	3.161	533	3.025	2.076	745	552	839	1.248	2.465	839	1.248	2.465	839	1.248	2.465	839	1.248	2.465	839	1.248	2.465	839	1.439	
Verbrauchsgebundene Kosten																									
€/KWh			0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,086	
€/KWh	0,059	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	
€/KWh	0,162	0,162	0,162	0,162	0,162	0,162	0,162	0,162	0,162	0,162	0,162	0,162	0,162	0,162	0,162	0,162	0,162	0,162	0,162	0,162	0,162	0,162	0,162	0,162	
€/a	686,59	1238,89	241,64	341,72	471,72	1353,05	260,50	251,45	341,72	471,72	1353,05	260,50	251,45	341,72	471,72	1353,05	260,50	251,45	341,72	471,72	1353,05	260,50	251,45	754,35	
€/a	15.162,15	9.388,67	13.652,92	15.734,35	14.663,47	14.916,97	15.323,53	14.515,08	13.466,46	15.530,46	14.474,90	14.727,47	15.530,46	14.474,90	14.727,47	15.530,46	14.474,90	14.727,47	15.530,46	14.474,90	14.727,47	15.530,46	14.474,90	31.978,37	
€/a	14.107,41	7.889,64	11.473,04	13.222,14	12.322,24	12.585,27	12.876,92	12.197,55	11.316,35	13.050,81	12.163,78	13.050,81	12.163,78	12.163,78	13.050,81	12.163,78	12.163,78	13.050,81	12.163,78	12.163,78	13.050,81	12.163,78	12.163,78	26.872,38	
€/a																									9.627,00
Gesamtkosten																									
€	0	0	0	10.683	37.446	0	0	0	10.683	37.446	0	10.683	37.446	0	10.683	37.446	0	10.683	37.446	0	10.683	37.446	0	0	
€/a	605	1.266	0	626	1.640	0	0	626	1.640	0	626	1.640	0	626	1.640	0	626	1.640	0	626	1.640	0	626	0	
€/a	22.776	23.219	30.221	26.161	32.029	27.805	23.985	24.864	30.952	24.491	32.846	28.280	30.952	24.491	32.846	28.280	30.952	24.491	32.846	28.280	30.952	24.491	32.846	40.788	
€/a	20.506	19.512	25.396	21.984	26.915	23.365	20.156	20.894	26.010	20.581	27.602	23.765	26.010	20.581	27.602	23.765	26.010	20.581	27.602	23.765	26.010	20.581	27.602	33.394	
€/a	22.171	21.953	30.221	24.749	27.634	27.805	23.985	24.864	30.952	24.864	28.450	23.079	28.450	23.079	28.450	23.079	28.450	23.079	28.450	23.079	28.450	23.079	28.450	36.689	
€/a	19.901	18.246	25.396	20.572	22.520	23.365	20.156	20.894	26.010	19.169	23.206	23.765	19.169	23.206	23.765	19.169	23.206	23.765	19.169	23.206	23.765	19.169	23.206	26.295	
Ct/KWh	13,0	13,3	25,7	14,9	18,3	15,9	17,7	19,6	26,3	14,0	18,8	16,1	14,0	18,8	16,1	14,0	18,8	16,1	14,0	18,8	16,1	14,0	18,8	23,3	
Ct/KWh	11,7	11,1	21,6	12,6	15,4	13,3	14,8	16,5	22,1	11,7	15,8	13,3	11,7	15,8	13,3	11,7	15,8	13,3	11,7	15,8	13,3	11,7	15,8	19,1	
Ct/KWh	12,7	12,5	25,7	14,1	18,3	15,9	17,7	19,6	26,3	14,1	18,2	16,1	14,1	18,2	16,1	14,1	18,2	16,1	14,1	18,2	16,1	14,1	18,2	20,9	
Ct/KWh	11,4	10,4	21,6	11,7	12,9	13,3	14,8	16,5	22,1	10,9	13,2	13,6	10,9	13,2	13,6	10,9	13,2	13,6	10,9	13,2	13,6	10,9	13,2	16,7	

Tabelle 42: Übersicht Wirtschaftlichkeitsberechnung – MFH Passiv
[eigene Berechnungen]

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für Objekt:		Pelletkessel		WP Sole/Wasser		Erdgas BW		Erdgas BW+ Solar TW		Erdgas BW+ Solar HZ		Heizöl BW		Heizöl BW+ Solar TW		Heizöl BW+ Solar HZ		Mini-KWK	
MFH Typ E Passiv		Pelletkessel		WP Sole/Wasser		Erdgas BW		Erdgas BW+ Solar TW		Erdgas BW+ Solar HZ		Heizöl BW		Heizöl BW+ Solar TW		Heizöl BW+ Solar HZ		Mini-KWK	
	Einheit	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	Erdgas BW	Erdgas BW+ Solar TW	Erdgas BW+ Solar HZ	Heizöl BW	Heizöl BW+ Solar TW	Heizöl BW+ Solar HZ	Heizöl BW	Heizöl BW+ Solar TW	Heizöl BW+ Solar HZ	Heizöl BW	Heizöl BW+ Solar TW	Heizöl BW+ Solar HZ	Heizöl BW	Heizöl BW+ Solar TW	Heizöl BW+ Solar HZ	Mini-KWK
Gebäudedaten																			
Hüllfläche	m ²	4.491	4.491	4.491	4.491	4.491	4.491	4.491	4.491	4.491	4.491	4.491	4.491	4.491	4.491	4.491	4.491	4.491	4.491
beheiztes Volumen	m ³	10.397	10.397	10.397	10.397	10.397	10.397	10.397	10.397	10.397	10.397	10.397	10.397	10.397	10.397	10.397	10.397	10.397	10.397
Nutzfläche AN	m ²	3.327	3.327	3.327	3.327	3.327	3.327	3.327	3.327	3.327	3.327	3.327	3.327	3.327	3.327	3.327	3.327	3.327	3.327
Wohnfläche	m ²	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845	2.845
A/V Verhältnis	m ⁻¹	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Außenwand	[W/m ² K]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Dach	[W/m ² K]	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Kellerdecke	[W/m ² K]	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Fenster	[W/m ² K]	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Anlagendaten																			
Heizwärmebedarf QH	kWh/a	72.452	72.452	72.452	72.452	72.452	72.452	72.452	72.452	72.452	72.452	72.452	72.452	72.452	72.452	72.452	72.452	72.452	72.452
spez. Heizwärmebedarf qH	kWh/(m ² a)	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8
Trinkwasserbedarf QTW	kWh/a	41.588	41.588	41.588	41.588	41.588	41.588	41.588	41.588	41.588	41.588	41.588	41.588	41.588	41.588	41.588	41.588	41.588	41.588
spez. Trinkwasserbedarf qTW	kWh/(m ² a)	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
Endenergiebedarf Heizwärme QH,WE,E	kWh/a	12.890	2.207	10.453	10.453	9.479	10.479	10.479	9.479	10.479	10.479	9.502	10.620	10.620	9.502	10.620	10.620	9.502	10.620
Endenergiebedarf Heizwärme QH,HE,E	kWh/a	2.054	2.612	42	42	655	42	42	655	42	42	655	42	42	655	42	42	655	2.465
Endenergiebedarf Trinkwasser QTW,WE,E	kWh/a	81.310	17.438	36.294	36.294	36.294	36.294	36.294	36.294	36.294	36.294	36.294	36.294	36.294	36.294	36.294	36.294	36.294	65.958
Endenergiebedarf Trinkwasser QTW,HE,E	kWh/a	541	537	779	812	812	812	812	812	812	812	812	812	812	812	812	812	812	537
Endenergiebedarf Lüftung QL,HE,E	kWh/a	3.878	3.878	3.878	3.878	3.878	3.878	3.878	3.878	3.878	3.878	3.878	3.878	3.878	3.878	3.878	3.878	3.878	3.878
Endenergiebedarf QWE,E	kWh/a	94.200	19.645	81.920	46.747	45.773	81.946	46.773	45.796	81.946	46.773	45.796	81.946	46.773	45.796	81.946	46.773	45.796	50.974
Endenergiebedarf QHE,E	kWh/a	6.473	7.027	4.699	4.732	5.345	4.570	4.732	5.345	4.570	4.732	5.345	4.570	4.732	5.345	4.570	4.732	5.345	6.880
Endenergiebedarf QEL (Zur Stromerzeugung, Finn. Methode)	kWh/a	35.669	69.348	102.329	63.724	64.246	102.021	63.752	67.421	102.021	63.752	67.421	102.021	63.752	67.421	102.021	63.752	67.421	88.258
spez. Primärenergiebedarf qp	kWh/(m ² a)	10,7	20,8	30,8	19,2	19,3	30,7	19,2	20,3	30,7	19,2	20,3	30,7	19,2	20,3	30,7	19,2	20,3	21,5
Primärenergiebedarf QEL (Zur Stromerzeugung, Finn. Methode)	kWh/a	0,22	0,52	0,81	0,47	0,47	0,81	0,47	0,50	0,81	0,47	0,50	0,81	0,47	0,50	0,81	0,47	0,50	0,54
Anlagenaufwandszahl (QP/(QH+QTW))	kW	90,6	90,6	90,6	90,6	90,6	90,6	90,6	90,6	90,6	90,6	90,6	90,6	90,6	90,6	90,6	90,6	90,6	90,6
Gesamtheizlast	kW	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700
Größe Pufferspeicher (Pellets, WP, KWK), Größe Öltank	l																		
Aperturfläche	m ²																		
Kollektorfläche	m ²																		
Systemtrag Solarkollektor	kWh																		
Deckungsanteil solare Warmwasserbereitstellung	%																		
Deckungsanteil solare Heizungsunterstützung	%																		
Mehr-/ Minderdämmstärke Außenwand	cm	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Mehr-/ Minderdämmstärke Boden	cm	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Mehr-/ Minderdämmstärke Dach	cm	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Zulässig ENEC (PE)																			
ENEV-15% (PE)																			
Einhaltung ENEC 2009																			
Zulässig ENEC (HT)																			
ENEV-15% (HT)																			
Erfüllung Nutzungspflicht																			
Einhaltung EEWärmeG																			
Wärmeenergiebedarf	kWh/a	138.239	138.239	138.205	138.205	138.205	138.205	138.205	138.205	138.205	138.205	138.205	138.205	138.205	138.205	138.205	138.205	138.205	138.638
Anteil EE/WRG Deckung	%	100%	100%	45%	45%	78%	45%	45%	78%	45%	45%	78%	45%	45%	78%	45%	45%	78%	0%
KWK Deckung	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%

(Fortsetzung): Übersicht Wirtschaftlichkeitsberechnung – MFH Passiv

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für Objekt:		MFH Typ E Passiv										
Einheit	Pelletkessel	WP Sole/Wasser		Erdgas BW		Erdgas BW+		Heizöl BW		Heizöl BW+		KWK
		Sole/Wasser	Erdgas BW	Erdgas BW	Erdgas BW+	Heizöl BW	Heizöl BW+	Heizöl BW	Heizöl BW+			
Investitionen (inkl. MwSt.)												
Wärmeerzeuger (inkl. Regelung und Anschlüsse)	€	24.302	39.889	7.646	9.013	9.013	7.946	9.313	9.313	9.313	81.747	
Peripheriebauteile (inkl. BW-Speicher, Raumaustrag)	€	8.960		4.934	4.934	4.934	4.934	4.934	4.934	4.934	12.732	
Solar Kollektoranlage (inkl. Zubehör und Brauchwasserspeicher)	€				177.289	177.289		67.633	177.289	177.289		
Pufferspeicher/Gasanschluss/Öl tank	€	2.163	2.163	2.500	2.500	2.500	5.199	3.256	3.256	3.256	5.198	
Baukosten (Lagerung, Bohrkosten, Sonden)	€	3.243	45.323									
Schornstein/Abgasleitung	€											
Montage/ Inbetriebnahme	€	3.588	3.588	2.871	2.871	2.871	2.871	2.871	2.871	2.871	3.588	
Lüftungsanlage mit WRG	€	56.900	56.900	56.900	56.900	56.900	56.900	56.900	56.900	56.900	56.900	
Mehr-/ Minderinvestitionen Dämmung u. Fenster	€	126.040	126.040	126.040	126.040	126.040	126.040	126.040	126.040	126.040	126.040	
Summe Investition (inkl. MwSt.)	€	225.196	273.903	200.891	379.547	269.890	203.890	270.946	380.603	296.205		
Kapitalgebundene Kosten												
Nutzungsdauer (Kessel, Pumpe, Speicher, Zubehör etc.)	a	20	20	20	20	20	20	20	20	20	15	
Diskonttrate	%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	
Summe kapitalgebundene Kosten (inkl. MwSt.)	€/a	16.570	20.154	14.782	19.859	19.859	15.003	19.937	28.005	25.742		
Summe Kapitalgebundene Kosten (exkl. MwSt.)	€/a	13.925	16.936	12.422	16.688	16.688	12.607	16.754	23.534	21.632		
Betriebsgebundene und sonstige Kosten												
Instandsetzung/Wartung Wärmeerzeuger und Peripherie	€/a	1594	1882	528	2261	3363	633	1175	2386	1104		
Instandsetzung/Wartung bauliche Anlagen	€/a	65	906	0	0	0	0	0	0	0		
Schornsteinfeger und Emissionsmessung	€/a	158	0	17	17	17	58	58	58	17		
Versicherung	€/a	0	0	0	0	0	60	60	60	0		
Summe betriebsgebundene Kosten (inkl. MwSt.)	€/a	1.817	2.589	545	2.278	3.380	751	1.293	2.504	1.121		
Summe betriebsgebundene Kosten (exkl. MwSt.)	€/a	1.527	2.175	458	1.914	2.841	631	1.087	2.104	942		
Verbrauchsgebundene Kosten												
Gaspreis bzw. Wärmepreis	€/kWh			0,091	0,091	0,091	0,090	0,090	0,090	0,090	0,086	
Heizölpreis	€/kWh											
Pelletpreis	€/kWh	0,059										
Strompreis	€/kWh	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	
WP-Tarif	€/kWh	0,162										
Hilfsenergie	€/a	1627,64	1766,94	1181,56	1344,00	1189,86	1149,13	1189,86	1344,00	1729,98		
KWK Strom Vergütung (Durchschnitt Einspeisung und Verkauf)	€/kWh										0,164	
Summe verbrauchsgebundene Kosten (inkl. MwSt.)	€/a	7.215,92	4.947,11	8.673,48	5.530,13	5.465,06	8.529,81	5.402,60	5.468,74	13.697,59		
Verbrauchsgebundene Kosten (exkl. MwSt.)	€/a	6.590,46	4.157,23	7.288,64	4.592,49	4.592,49	7.167,91	4.540,00	4.595,58	11.510,58		
Stromertrag KWK											5.218,57	
Gesamtkosten												
MAP-Förderung (BAFA)	€	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KfW-Kredit (Zinsvorteil)	€/a	2.084	2.534		626	626		1.640	626	1.640		
Gesamtkosten (inkl. MwSt., exkl. Förderung)	€/a	25.603	27.690	24.000	28.704	28.704	24.283	26.632	26.632	35.978	37.475	
Gesamtkosten (exkl. MwSt., exkl. Förderung)	€/a	22.042	23.269	20.168	24.121	24.121	20.406	22.380	22.380	30.233	30.999	
Gesamtkosten (inkl. MwSt., inkl. Förderung)	€/a	23.520	25.156	20.000	27.292	27.292	21.340	25.220	25.220	31.582	35.341	
Gesamtkosten (exkl. MwSt., inkl. Förderung)	€/a	19.958	20.734	16.168	22.709	22.709	20.406	20.968	20.968	25.838	28.866	
spezif. Kosten (inkl. MwSt., exkl. Förderung)	Ct./kWh	22,5	24,3	21,0	25,2	25,2	21,3	23,4	23,4	31,5	32,9	
spezif. Kosten (exkl. MwSt., exkl. Förderung)	Ct./kWh	19,3	20,4	17,7	21,2	21,2	17,9	19,6	19,6	26,5	27,2	
spezif. Kosten (inkl. MwSt., inkl. Förderung)	Ct./kWh	20,6	22,1	21,0	23,9	23,9	21,3	22,1	22,1	27,7	31,0	
spezif. Kosten (exkl. MwSt., inkl. Förderung)	Ct./kWh	17,5	18,2	17,7	19,9	19,9	17,9	18,4	18,4	22,7	25,3	

Tabelle 43: Übersicht Wirtschaftlichkeitsberechnung – Büro unsaniert
[eigene Berechnungen]

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für Objekt:						
Büro unsaniert						
	Einheit	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	Erdgas BW	Heizöl BW	KWK
		Pelletkessel	WP Sole/Wasser	Erdgas BW	Heizöl BW	KWK
Gebäudedaten						
Hüllfläche	m ²	5.501	5.501	5.501	5.501	5.501
beheiztes Volumen	m ³	7.872	7.872	7.872	7.872	7.872
Nutzfläche AN	m ²	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641
Wohnfläche	m ²	0	0	0	0	0
A/V Verhältnis	m ⁻¹	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Außenwand EG	[W/m ² K]	3,985	3,985	3,985	3,985	3,985
Außenwand Brüstungen	[W/m ² K]	4,023	4,023	4,023	4,023	4,023
Kellerwand	[W/m ² K]	3,533	3,533	3,533	3,533	3,533
Fenster	[W/m ² K]	1,575	1,575	1,575	1,575	1,575
Anlagendaten						
Heizwärmebedarf QH	kWh/ a	791.463	791.463	791.463	791.463	791.463
spez. Heizwärmebedarf qH	kWh/ (m ² a)	299,7	299,7	299,7	299,7	299,7
Trinkwarmwasserbedarf QTW	kWh/ a	12.728	12.728	12.728	12.728	12.728
spez. Trinkwarmwasserbedarf qTW	kWh/ (m ² a)	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
Endenergiebedarf Heizwärme QH,WE,E	kWh/ a	1.159.625	367.422	1.045.916	1.019.132	1.023.533
Endenergiebedarf Trinkwasser QTW,WE,E	kWh/ a	12.728	12.728	12.728	12.728	12.728
Endenergiebedarf Hilfsenergie	kWh/ a	3.680	1.500	3.150	3.179	3.150
Endenergiebedarf Beleuchtung	kWh/ a	38.179	38.179	38.179	38.179	38.179
KWK Endenergiebedarf QWE,E (Anteil von Zeile 32)						584.629
Endenergiebedarf QWE,E	kWh/ a	1.172.353	380.150	1.058.644	1.031.860	1.036.261
Endenergiebedarf QHE,E	kWh/ a	43.416	41.236	42.886	42.915	42.886
Endenergiebedarf QEL (Zur Stromerzeugung, Finn. Methode)						256.930
Primärenergiebedarf QP	kWh/ a	376.243	1.141.529	1.195.106	1.216.313	1.172.922
spez. Primärenergiebedarf qP	kWh/ (m ² a)	142,5	432,2	452,5	460,6	444,1
Primärenergiebedarf QEL (Zur Stromerzeugung, Finn. Methode)						282.623
Anlagenaufwandszahl (QP/(QH+QTW))	-	0,32	1,28	1,34	1,37	1,31
Gesamtheizlast	kW	432,6	337,4	432,6	432,6	432,6
KWK thermische Leistung						117
Größe Pufferspeicher (Pellets, WP, KWK), Größe Öltank	l	13.000	10.100		102.000	18.600
Aperturfläche	m ²					
Kollektorfläche	m ²					
Systemertrag Solarkollektor	kWh					
Deckungsanteil solare Warmwasserbereitstellung	%					
Deckungsanteil solare Heizungsunterstützung	%					
Mehr-/ Minderdämmstärke Außenwand	cm	0	0	0	0	0
Mehr-/ Minderdämmstärke Boden	cm	0	0	0	0	0
Mehr-/ Minderdämmstärke Dach	cm	0	0	0	0	0
zulässig EnEV (PE)		209,4 kWh/(m ² a)	209,4 kWh/(m ² a)	209,4 kWh/(m ² a)	209,4 kWh/(m ² a)	209,4 kWh/(m ² a)
EnEV-15% (PE)		0,0 kWh/(m ² a)	0,0 kWh/(m ² a)	0,0 kWh/(m ² a)	0,0 kWh/(m ² a)	0,0 kWh/(m ² a)
Einhaltung EnEV 2009		nicht erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt
zulässig EnEV (Ht')		0,77 W/(m ² K)	0,77 W/(m ² K)	0,77 W/(m ² K)	0,77 W/(m ² K)	0,77 W/(m ² K)
EnEV-15% (Ht')		0,00 kWh/(m ² a)	0,00 kWh/(m ² a)	0,00 kWh/(m ² a)	0,00 kWh/(m ² a)	0,00 kWh/(m ² a)
Erfüllung Nutzungspflicht		200%	200%	0%	0%	113%
Einhaltung EEWärmeG		erfüllt	erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	erfüllt
Wärmeenergiebedarf		981.372 kWh/a	981.372 kWh/a	981.372 kWh/a	981.372 kWh/a	981.372 kWh/a
Anteil EE/WRG Deckung		100%	100%	0%	0%	0%
KWK Deckung		0%	0%	0%	0%	56%

(Fortsetzung): Übersicht Wirtschaftlichkeitsberechnung – Büro unsaniert

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für Objekt:						
Büro unsaniert						
	Einheit	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	Erdgas BW	Heizöl BW	KWK
		Pelletkessel	WP Sole/Wasser	Erdgas BW	Heizöl BW	KWK
Endenergiebedarf Biogas						
Investitionen (inkl. MwSt.)						
Wärmeerzeuger (inkl. Regelung und Anschlüsse)	€	110.989	76.977	30.637	30.937	241.745
Peiperiebauteile (inkl. BW-Speicher, Raumaustrag)	€	10.136	9.920	4.934	4.934	23.099
Solarkollektoranlage (inkl. Zubehör und Brauchwasserspeicher)	€					
Pufferspeicher/Gasanschluss/Öltank	€	5.568			500	6.907
Baukosten (Lagerung, Bohrkosten, Sonden)	€	8.743	168.713			
Schornstein/Abgasleitung	€					
Montage/ Inbetriebnahme	€	4.982	4.982	3.986	3.986	4.982
Lüftungsanlage mit WRG	€					
Mehr-/ Minderinvestitionen Dämmung u. Fenster	€	0	0	0	0	0
Summe Investition (inkl. MwSt.)	€	140.419	260.593	39.557	40.357	276.733
Kapitalgebundene Kosten						
Nutzungsdauer (Kessel, Pumpe, Speicher, Zubehör etc.)	a	20	20	20	20	15
Diskontrate	%	4%	4%	4%	4%	4%
Summe kapitalgebundene Kosten (inkl. MwSt.)	€/a	10.332	19.175	2.911	2.970	24.890
Summe kapitalgebundene Kosten (exkl. MwSt.)	€/a	8.683	16.113	2.446	2.495	20.916
Betriebsgebundene und sonstige Kosten						
Instandsetzung/Wartung Wärmeerzeuger und Peripherie	€/a	5701	3476	1245	1273	5662
Instandsetzung/Wartung bauliche Anlagen	€/a	175	3374	0	0	0
Schornsteinfeger und Emissionsmessung	€/a	158	0	17	58	17
Versicherung	€/a	0	0	0	60	0
Summe betriebsgebundene Kosten (inkl. MwSt.)	€/a	6.034	6.850	1.262	1.391	5.679
Summe betriebsgebundene Kosten (exkl. MwSt.)	€/a	5.071	5.756	1.061	1.169	4.772
Verbrauchsgebundene Kosten						
Gaspreis bzw. Wärmepreis	€/kWh			0,091		0,086
Heizölpreis	€/kWh				0,090	
Pelletpreis	€/kWh	0,059				
Strompreis	€/kWh	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251
WP-Tarif	€/kWh		0,162			
Hilfsenergie	€/a	10916,95	10368,79	10783,68	10790,98	10783,68
KWK Strom Vergütung (Durchschnitt Einspeisung und Verkauf)	€/kWh					0,164
Summe verbrauchsgebundene Kosten (inkl. MwSt.)	€/a	82.910,61	73.048,17	109.637,40	105.782,28	124.045,13
Verbrauchsgebundene Kosten (exkl. MwSt.)	€/a	76.156,08	61.385,01	92.132,27	88.892,68	104.239,60
Stromertrag KWK						34.821,45
Gesamtkosten						
MAP-Förderung (BAFA)	€	15.574	0	0	0	0
KfW-Kredit (Zinsvorteil)	€/a	1.299	2.411	0	0	0
Gesamtkosten (inkl. MwSt., exkl. Förderung)	€/a	99.277	99.073	113.810	110.143	131.252
Gesamtkosten (exkl. MwSt., exkl. Förderung)	€/a	89.909	83.255	95.639	92.557	106.566
Gesamtkosten (inkl. MwSt., inkl. Förderung)	€/a	96.832	96.662	113.810	110.143	119.792
Gesamtkosten (exkl. MwSt., inkl. Förderung)	€/a	87.464	80.844	95.639	92.557	95.106
spezif. Kosten (inkl. MwSt., exkl. Förderung)	Ct./kWh	12,3	12,3	14,2	13,7	16,3
spezif. Kosten (exkl. MwSt., exkl. Förderung)	Ct./kWh	11,2	10,4	11,9	11,5	13,3
spezif. Kosten (inkl. MwSt., inkl. Förderung)	Ct./kWh	12,0	12,0	14,2	13,7	14,9
spezif. Kosten (exkl. MwSt., inkl. Förderung)	Ct./kWh	10,9	10,1	11,9	11,5	11,8

Tabelle 44: Übersicht Wirtschaftlichkeitsberechnung – Büro saniert
[eigene Berechnungen]

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für Objekt:						
Büro saniert						
	Einheit	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	Erdgas BW	Heizöl BW	KWK
		Pelletkessel	WP Sole/Wasser	Erdgas BW	Heizöl BW	KWK
Gebäudedaten						
Hüllfläche	m²	5.501	5.501	5.501	5.501	5.501
beheiztes Volumen	m³	7.872	7.872	7.872	7.872	7.872
Nutzfläche AN	m²	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641
Wohnfläche	m²	0	0	0	0	0
A/V Verhältnis	m ⁻¹	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Außenwand EG	[W/m²K]	0,363	0,363	0,363	0,363	0,363
Außenwand Brüstungen	[W/m²K]	0,363	0,363	0,363	0,363	0,363
Kellerwand	[W/m²K]	0,359	0,359	0,359	0,359	0,359
Fenster	[W/m²K]	1,575	1,575	1,575	1,575	1,575
Anlagendaten						
Heizwärmebedarf QH	kWh/ a	287.605	287.605	287.605	287.605	287.605
spez. Heizwärmebedarf qH	kWh/ (m²a)	108,9	108,9	108,9	108,9	108,9
Trinkwarmwasserbedarf QTW	kWh/ a	12.728	12.728	12.728	12.728	12.728
spez. Trinkwarmwasserbedarf qTW	kWh/ (m²a)	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
Endenergiebedarf Heizwärme QH,WE,E	kWh/ a	433.529	138.017	372.242	372.982	372.241
Endenergiebedarf Trinkwasser QTW,WE,E	kWh/ a	12.728	12.728	12.728	12.728	12.728
Endenergiebedarf Hilfsenergie	kWh/ a	1.994	739	1.845	1.872	1.842
Endenergiebedarf Beleuchtung	kWh/ a	38.179	38.179	38.179	38.179	38.179
KWK Endenergiebedarf QWE,E (Anteil von Zeile 32)						204.202
Endenergiebedarf QWE,E	kWh/ a	446.257	150.745	384.970	385.710	384.969
Endenergiebedarf QHE,E	kWh/ a	41.730	40.475	41.581	41.608	41.578
Endenergiebedarf QEL (Zur Stromerzeugung, Finn. Methode)						143.552
Primärenergiebedarf QP	kWh/ a	232.510	518.311	520.505	538.801	520.497
spez. Primärenergiebedarf qP	kWh/ (m²a)	88,0	196,3	197,1	204,0	197,1
Primärenergiebedarf QEL (Zur Stromerzeugung, Finn. Methode)						157.907
Anlagenaufwandszahl (QP)/(QH+QTW)	-	0,40	1,36	1,36	1,42	1,36
Gesamtheizlast	kW	200,3	156,3	200,3	200,3	200,3
KWK thermische Leistung						48
Größe Pufferspeicher (Pellets, WP, KWK), Größe Öltank	l	6.000	4.700		38.000	8.600
Aperturfläche	m²					
Kollektorfläche	m²					
Systemertrag Solarkollektor	kWh					
Deckungsanteil solare Warmwasserbereitstellung	%					
Deckungsanteil solare Heizungsunterstützung	%					
Mehr-/ Minderdämmstärke Außenwand	cm	0	0	0	0	0
Mehr-/ Minderdämmstärke Boden	cm	9	9	9	9	9
Mehr-/ Minderdämmstärke Dach	cm	4	4	4	4	4
zulässig EnEV (PE)		209,4 kWh/(m² a)	209,4 kWh/(m² a)	209,4 kWh/(m² a)	209,4 kWh/(m² a)	209,4 kWh/(m² a)
EnEV-15% (PE)		0,0 kWh/(m² a)	0,0 kWh/(m² a)	0,0 kWh/(m² a)	0,0 kWh/(m² a)	0,0 kWh/(m² a)
Einhaltung EnEV 2009		erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt
zulässig EnEV (Ht')		0,77 W/(m² K)	0,77 W/(m² K)	0,77 W/(m² K)	0,77 W/(m² K)	0,77 W/(m² K)
EnEV-15% (Ht')		0,00 kWh/(m² a)	0,00 kWh/(m² a)	0,00 kWh/(m² a)	0,00 kWh/(m² a)	0,00 kWh/(m² a)
Erfüllung Nutzungspflicht		200%	200%	0%	0%	105%
Einhaltung EEWärmeG		erfüllt	erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	erfüllt
Wärmeenergiebedarf		368.892 kWh/a	368.892 kWh/a	368.892 kWh/a	368.892 kWh/a	368.892 kWh/a
Anteil EE/WRG Deckung		100%	100%	0%	0%	0%
KWK Deckung		0%	0%	0%	0%	53%

(Fortsetzung): Übersicht Wirtschaftlichkeitsberechnung – Büro saniert

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für Objekt:						
Büro saniert						
	Einheit	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	Erdgas BW	Heizöl BW	KWK
		Pelletkessel	WP Sole/Wasser	Erdgas BW	Heizöl BW	KWK
Investitionen (inkl. MwSt.)						
Wärmeerzeuger (inkl. Regelung und Anschlüsse)	€	49.912	52.423	17.962	18.262	152.204
Peripheriebauteile (inkl. BW-Speicher, Raumaustrag)	€	9.505	9.324	4.934	4.934	20.370
Solkollektoranlage (inkl. Zubehör und Brauchwasserspeicher)	€					
Pufferspeicher/Gasanschluss/Öltank	€	3.497			500	4.342
Baukosten (Lagerung, Bohrkosten, Sonden)	€	5.980	78.135			
Schornstein/Abgasleitung	€					
Montage/ Inbetriebnahme	€	4.239	4.239	3.391	3.391	3.391
Lüftungsanlage mit WRG	€					
Mehr-/ Minderinvestitionen Dämmung u. Fenster	€	35.155	35.155	35.155	35.155	35.155
Summe Investition (inkl. MwSt.)	€	108.287	179.275	61.442	62.242	215.462
Kapitalgebundene Kosten						
Nutzungsdauer (Kessel, Pumpe, Speicher, Zubehör etc.)	a	20	20	20	20	15
Diskontrate	%	4%	4%	4%	4%	4%
Summe kapitalgebundene Kosten (inkl. MwSt.)	€/a	7.968	13.191	4.521	4.580	19.379
Summe kapitalgebundene Kosten (exkl. MwSt.)	€/a	6.696	11.085	3.799	3.849	16.285
Betriebsgebundene und sonstige Kosten						
Instandsetzung/Wartung Wärmeerzeuger und Peripherie	€/a	2831	2470	801	829	2114
Instandsetzung/Wartung bauliche Anlagen	€/a	120	1563	0	0	0
Schornsteinfeger und Emissionsmessung	€/a	158	0	17	58	17
Versicherung	€/a	0	0	0	60	0
Summe betriebsgebundene Kosten (inkl. MwSt.)	€/a	3.109	4.033	818	947	2.131
Summe betriebsgebundene Kosten (exkl. MwSt.)	€/a	2.612	3.389	688	796	1.791
Verbrauchsgebundene Kosten						
Gaspreis bzw. Wärmepreis	€/kWh					0,086
Heizölpreis	€/kWh			0,090	0,090	
Pelletpreis	€/kWh	0,059				
Strompreis	€/kWh	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251
WP-Tarif	€/kWh		0,162			
Hilfsenergie	€/a	10493,01	10177,44	10455,54	10462,33	10454,79
KWK Strom Vergütung (Durchschnitt Einspeisung und Verkauf)	€/kWh					0,164
Summe verbrauchsgebundene Kosten (inkl. MwSt.)	€/a	39.411,99	35.720,33	13.656,00	47.256,41	57.989,74
Verbrauchsgebundene Kosten (exkl. MwSt.)	€/a	35.543,12	30.017,08	11.475,63	39.711,27	48.730,88
Stromertrag KWK						16.574,63 €
Gesamtkosten						
MAP-Förderung (BAFA)	€	7.212	0	0	0	0
KfW-Kredit (Zinsvorteil)	€/a	1.002	1.659	0	0	0
Gesamtkosten (inkl. MwSt., exkl. Förderung)	€/a	50.489	52.944	18.995	52.784	67.902
Gesamtkosten (exkl. MwSt., exkl. Förderung)	€/a	44.851	44.491	15.963	44.356	55.208
Gesamtkosten (inkl. MwSt., inkl. Förderung)	€/a	48.956	51.285	18.995	52.784	62.925
Gesamtkosten (exkl. MwSt., inkl. Förderung)	€/a	43.319	42.832	15.963	44.356	50.232
spezif. Kosten (inkl. MwSt., exkl. Förderung)	Ct./kWh	16,8	17,6	6,3	17,6	22,6
spezif. Kosten (exkl. MwSt., exkl. Förderung)	Ct./kWh	14,9	14,8	5,3	14,8	18,4
spezif. Kosten (inkl. MwSt., inkl. Förderung)	Ct./kWh	16,3	17,1	6,3	17,6	21,0
spezif. Kosten (exkl. MwSt., inkl. Förderung)	Ct./kWh	14,4	14,3	5,3	14,8	16,7

Tabelle 45: Übersicht Wirtschaftlichkeitsberechnung – Büro EnEV 2009
[eigene Berechnungen]

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für Objekt:		Emissionen		Emissionen		Emissionen		Emissionen		Emissionen	
Büro EnEV 2009		Pelletkessel		WP Sole/Wasser		Erdgas BW		Referenzsystem BW Erdgas EnEV 2009		Erdgas BW WRG-EEWG über Biogas	
Einheit		Pelletkessel	WP Sole/Wasser	Erdgas BW	Referenzsystem BW Erdgas EnEV 2009	Erdgas BW WRG-EEWG über Biogas	Erdgas BW + LA	Erdgas BW solar TW, EEWG über Biogas	Heizöl BW	Referenzsystem Heizöl EnEV 2009	Brennwertkessel
Gebäudedaten											
Hüllfläche	m²	5.501	5.501	5.501	5.501	5.501	5.501	5.501	5.501	5.501	5.501
beheiztes Volumen	m³	7.872	7.872	7.872	7.872	7.872	7.872	7.872	7.872	7.872	7.872
Nutzfläche AN	m²	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641
Wohnfläche	m²	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A/V Verhältnis	m⁻¹	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Außenwand EG	[W/m²K]	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Außenwand Brüstungen	[W/m²K]	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Kellerwand	[W/m²K]	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Fenster	[W/m²K]	1,3	1,3	1,3	1,375	1,375	1,3	1,375	1,375	1,375	1,375
Anlagendaten											
Heizwärmebedarf QH	KWh/a	210.961	213.546	161.251	210.202	210.202	210.202	210.202	218.294	161.251	161.251
spez. Heizwärmebedarf qH	KWh/(m²a)	79,9	80,9	61,1	79,6	79,6	79,6	79,6	82,7	61,1	61,1
Trinkwarmwasserbedarf QTW	KWh/a	12.728	12.728	12.728	12.728	12.728	12.728	12.728	12.728	12.728	12.728
spez. Trinkwarmwasserbedarf qTW	KWh/(m²a)	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
Endenergiebedarf Heizwärme QH,WE,E	KWh/a	291.194	57.459	187.185	264.676	264.676	159.296	274.145	188.670	258.672	258.672
Endenergiebedarf Trinkwasser QTW,WE,E	KWh/a	12.728	12.728	12.728	12.728	12.728	12.728	12.728	12.728	12.728	12.728
Endenergiebedarf Hilfsenergie	KWh/a	1.798	1.374	1.380	1.607	1.607	1.128	2.213	1.380	1.380	1.380
Endenergiebedarf Beleuchtung	KWh/a	32.477	32.477	32.477	32.477	32.477	32.477	32.477	32.477	32.477	32.477
KWK Endenergiebedarf QWE,E (Anteil von Zelle 32)	KWh/a	303.922	70.187	199.913	277.404	277.404	172.024	323.120	201.398	293.777	293.777
Endenergiebedarf QWE,E ohne Beleuchtung	KWh/a	3.355	2.931	2.937	3.164	3.164	11.482	0	2.937	2.937	2.937
Endenergiebedarf QHE,E (Zur Stromerzeugung, Finn. Methode)	KWh/a	184.495	274.546	331.072	392.141	392.141	322.612	378.663	332.706	332.706	332.706
Primärenergiebedarf QP	KWh/a	69,9	104,0	125,4	148,5	148,5	122,2	143,4	126,0	126,0	126,0
spez. Primärenergiebedarf qp	KWh/(m²a)	0,41	0,81	1,37	1,34	1,34	0,93	1,23	1,38	1,38	1,38
Primärenergiebedarf QEL (Zur Stromerzeugung, Finn. Methode)	KWh/a	161,6	126,0	136,2	161,2	161,2	133,3	165,6	136,2	136,2	136,2
Anlagenaufwandszahl (QP/(QH+QTW))	-	4,800	3,800	4,800	4,800	4,800	4,800	4,800	4,800	4,800	4,800
Gesamtheizlast	kW	4.800	3.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800
KWK thermische Leistung	l	4.800	3.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800
Größe Pufferspeicher (Pellets, WP, KWK), Größe Öltank	m³	4.800	3.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800
Aperturfläche	m²	4.800	3.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800
Kollektorfläche	m²	4.800	3.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800
Systemertrag Solarkollektor	KWh	4.800	3.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800
Deckungsanteil solare Warmwasserbereitstellung	%	4,09%	40,2%	10,6%	2%	2%	184%	2%	2%	103%	103%
Deckungsanteil solare Heizungsunterstützung	%	4,09%	40,2%	10,6%	2%	2%	184%	2%	2%	103%	103%
Mehr-/ Minderdämmstärke Außenwand	cm	0	0	0	-3	-3	0	-3	0	0	0
Mehr-/ Minderdämmstärke Boden	cm	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0
Mehr-/ Minderdämmstärke Dach	cm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zulässig EnEV (PE)	cm	149,0	149,0	149,0	149,0	149,0	149,0	149,0	149,0	149,0	149,0
EnEV-15% (PE)	cm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Einhaltung EnEV 2009	cm	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt
Zulässig EnEV (HT)	cm	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
EnEV-15% (HT)	cm	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
Erfüllung Nutzungspflicht	cm	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt
Einhaltung EEWärmeG	cm	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt
Wärmeenergiebedarf	KWh/a	263.707	250.657	206.910	263.122	263.122	263.122	263.122	206.910	263.122	206.910
Anteil EE/WRG Deckung	%	100%	100%	0%	0%	0%	32%	0%	0%	0%	0%
KWK Deckung	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

(Fortsetzung): Übersicht Wirtschaftlichkeitsberechnung – Büro EnEV 2009

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für Objekt: Büro EnEV 2009	Emissionen		Emissionen		Emissionen		Emissionen		Emissionen		Emissionen	
	Einheit	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	Erdgas BW	Erdgas BW	Erdgas BW	Erdgas BW + WFG über Biogas	Erdgas BW + LA	Erdgas BW, solar TW, EEWG über Biogas	Heizöl BW	Heizöl BW	Referenzsystem BW Heizöl EnEV 2009
Investitionen (inkl. MwSt.)	€	45.964	46.766	12.957	12.957	12.957	12.957	12.957	12.957	12.957	13.257	
Wärmeerzeuger (inkl. Regelung und Anschlüsse)	€	9.347	9.175	4.934	4.934	4.934	4.934	4.934	4.934	4.934	4.934	
Peripheriebauteile (inkl. BW-Speicher, Raumstrag)	€											
Solar Kollektoranlage (inkl. Zubehör und Brauchwasserspeicher)	€	3.057		2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	12.947	
Pufferspeicher/Gasanschluss/Öltank	€	5.141	63.014									
Baukosten (Lagerung, Bohrkosten, Sonden)	€	4.051	4.051	3.241	3.241	3.241	3.241	3.241	3.241	3.241	3.241	
Schornstein/Abgasleitung	€											
Montage/Inbetriebnahme	€											
Lüftungsanlage mit WRG	€	0	0	70.554	70.554	70.554	70.554	70.554	70.554	70.554	70.554	
Mehr-/Minderinvestitionen Dämmung u. Fenster	€											
Summe Investition (inkl. MwSt.)	€	67.561	123.006	94.186	153.105	153.105	153.105	153.105	153.105	153.105	104.933	
Kapitalgebundene Kosten	a	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Nutzungsdauer (Kessel, Pumpe, Speicher, Zubehör etc.)	%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	
Diskontrate	€/a	4.971	9.051	6.930	10.913	10.913	10.913	10.913	10.913	10.913	7.721	
Summe kapitalgebundene Kosten (inkl. MwSt.)	€/a	4.178	7.606	5.824	9.171	9.171	9.171	9.171	9.171	9.171	6.488	
Betriebsgebundene und sonstige Kosten	€/a	2627	2238	714	714	714	714	714	714	714	1090	
Instandsetzung/Wartung Wärmeerzeuger und Peripherie	€/a	103	1260	0	0	0	0	0	0	0	0	
Instandsetzung/Wartung bauliche Anlagen	€/a	158	0	17	17	17	17	17	17	17	58	
Schornsteinfeger und Emissionsmessung	€/a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Versicherung	€/a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Summe betriebsgebundene Kosten (inkl. MwSt.)	€/a	2.887	3.498	731	731	731	731	731	731	731	1.208	
Summe betriebsgebundene Kosten (exkl. MwSt.)	€/a	2.426	2.939	614	614	614	614	614	614	614	1.015	
Verbrauchsgebundene Kosten	€/kWh			0,091	0,091	0,125	0,125	0,091	0,125	0,125	0,090	
Gaspreis bzw. Wärmepreis	€/kWh											
Heizölpreis	€/kWh	0,059										
Pelletpreis	€/kWh	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	
Strompreis	€/kWh	0,162	0,162	0,162	0,162	0,162	0,162	0,162	0,162	0,162	0,162	
WP-Tarif	€/kWh											
Hilfsenergie	€/a	843,61	737,00	738,51	795,59	795,59	795,59	2887,15	0,00	0,00	738,51	
KWK Strom Vergütung (Durchschnitt Einspeisung und Verkauf)	€/kWh											
Summe verbrauchsgebundene Kosten (inkl. MwSt.)	€/a	21.318,74	13.239,02	21.057,76	28.201,74	37.159,95	20.655,91	20.655,91	37.550,82	20.932,02	20.932,02	
Verbrauchsgebundene Kosten (exkl. MwSt.)	€/a	19.542,93	11.125,23	17.695,60	23.698,94	31.226,65	17.357,90	17.357,90	31.555,31	17.569,93	17.569,93	
Stromertrag KWK	€/a											
Gesamtkosten	€/a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
MAP-Förderung (BAFA)	€/a	625	1.138	0	0	0	0	0	0	0	0	
KfW-Kredit (Zinsvorteil)	€/a											
Gesamtkosten (inkl. MwSt., exkl. Förderung)	€/a	29.177	25.788	28.719	31.206	48.804	32.652	32.652	39.782	33.431	29.861	
Gesamtkosten (exkl. MwSt., exkl. Förderung)	€/a	26.147	21.670	24.133	26.223	41.012	27.439	27.439	33.431	25.093	25.093	
Gesamtkosten (inkl. MwSt., inkl. Förderung)	€/a	28.552	24.650	28.719	31.206	48.804	32.652	32.652	39.782	29.861	29.861	
Gesamtkosten (exkl. MwSt., inkl. Förderung)	€/a	25.522	20.532	24.133	26.223	41.012	27.439	27.439	33.431	25.093	25.093	
spezif. Kosten (inkl. MwSt., exkl. Förderung)	Ct/kWh	13,0	11,4	16,5	14,0	21,9	14,6	14,6	17,2	14,5	17,2	
spezif. Kosten (exkl. MwSt., exkl. Förderung)	Ct/kWh	11,7	9,6	13,9	11,8	18,4	12,3	12,3	14,5	11,7	14,4	
spezif. Kosten (inkl. MwSt., inkl. Förderung)	Ct/kWh	12,8	10,9	16,5	14,0	21,9	14,6	14,6	17,2	14,4	17,2	
spezif. Kosten (exkl. MwSt., inkl. Förderung)	Ct/kWh	11,4	9,1	13,9	11,8	18,4	12,3	12,3	14,5	11,4	14,4	

Tabelle 46: Übersicht Wirtschaftlichkeitsberechnung – Büro Passiv
[eigene Berechnungen]

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für Objekt:						
Büro Passiv						
	Einheit	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	Erdgas BW	Heizöl BW	KWK
		Pelletkessel	WP Sole/Wasser	Erdgas BW	Heizöl BW	KWK
Gebäudedaten						
Hüllfläche	m²	5.501	5.501	5.501	5.501	5.501
beheiztes Volumen	m³	7.872	7.872	7.872	7.872	7.872
Nutzfläche AN	m²	2.641	2.641	2.641	2.641	2.641
Wohnfläche	m²	0	0	0	0	0
A/V Verhältnis	m ⁻¹	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Außenwand EG	[W/m²K]	0,119	0,119	0,119	0,119	0,119
Außenwand Brüstungen	[W/m²K]	0,119	0,119	0,119	0,119	0,119
Kellerwand	[W/m²K]	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Fenster	[W/m²K]	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79
Anlagendaten						
Heizwärmebedarf QH	kWh/ a	113.830	113.830	113.830	113.830	113.830
spez. Heizwärmebedarf qH	kWh/ (m²a)	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1
Trinkwarmwasserbedarf QTW	kWh/ a	12.728	12.728	12.728	12.728	12.728
spez. Trinkwarmwasserbedarf qTW	kWh/ (m²a)	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
Endenergiebedarf Heizwärme QH,WE,E	kWh/ a	89.058	18.246	69.087	73.023	69.094
Endenergiebedarf Trinkwasser QTW,WE,E	kWh/ a	12.728	12.728	12.728	12.728	12.728
Endenergiebedarf Hilfsenergie	kWh/ a	1.076	544	1.012	1.047	1.012
Endenergiebedarf Beleuchtung	kWh/ a	32.477	32.477	32.477	32.477	32.477
KWK Endenergiebedarf QWE,E (Anteil von Zeile 32)						48.916
Endenergiebedarf QWE,E	kWh/ a	101.786	30.974	81.815	85.751	81.822
Endenergiebedarf QHE,E	kWh/ a	50.328	49.796	50.264	50.299	50.264
Endenergiebedarf QEL (Zur Stromerzeugung, Finn. Methode)						23.838
Primärenergiebedarf QP	kWh/ a	181.758	210.000	239.775	244.195	239.782
spez. Primärenergiebedarf qP	kWh/ (m²a)	68,8	79,5	90,8	92,5	90,8
Primärenergiebedarf QEL (Zur Stromerzeugung, Finn. Methode)						26.222
Anlagenaufwandszahl (QP)/(QH+QTW)	-	0,40	0,64	0,86	0,90	0,86
Gesamtheizlast	kW	74,8	58,4	74,8	74,8	74,8
KWK thermische Leistung						18
Größe Pufferspeicher (Pellets, WP, KWK), Größe Öltank	l	2.200	1.800		9.000	3.200
Aperturfläche	m²					
Kollektorfläche	m²					
Systemertrag Solarkollektor	kWh					
Deckungsanteil solare Warmwasserbereitstellung	%					
Deckungsanteil solare Heizungsunterstützung	%					
Mehr-/ Minderdämmstärke Außenwand	cm	17	17	17	17	17
Mehr-/ Minderdämmstärke Boden	cm	2	2	2	2	2
Mehr-/ Minderdämmstärke Dach	cm	18	18	18	18	18
zulässig EnEV (PE)		149,0 kWh/(m² a)	149,0 kWh/(m² a)	149,0 kWh/(m² a)	149,0 kWh/(m² a)	149,0 kWh/(m² a)
EnEV-15% (PE)		126,7 kWh/(m² a)	126,7 kWh/(m² a)	126,7 kWh/(m² a)	126,7 kWh/(m² a)	126,7 kWh/(m² a)
Einhaltung EnEV 2009		erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt
zulässig EnEV (Ht')		0,55 W/(m² K)	0,55 W/(m² K)	0,55 W/(m² K)	0,55 W/(m² K)	0,55 W/(m² K)
EnEV-15% (Ht')		0,47 kWh/(m² a)	0,47 kWh/(m² a)	0,47 kWh/(m² a)	0,47 kWh/(m² a)	0,47 kWh/(m² a)
Erfüllung Nutzungspflicht		559%	511%	340%	333%	406%
Einhaltung EEWärmeG		erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt
Wärmeenergiebedarf		142.795 kWh/a	142.795 kWh/a	142.795 kWh/a	142.795 kWh/a	142.795 kWh/a
Anteil EE/WRG Deckung		100%	100%	40%	40%	40%
KWK Deckung		0%	0%	0%	0%	33%

(Fortsetzung): Übersicht Wirtschaftlichkeitsberechnung – Büro Passiv

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für Objekt:						
Büro Passiv						
	Einheit	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	Erdgas BW	Heizöl BW	KWK
		Pelletkessel	WP Sole/Wasser	Erdgas BW	Heizöl BW	KWK
Investitionen (inkl. MwSt.)						
Wärmeerzeuger (inkl. Regelung und Anschlüsse)	€	22.879	32.749	7.565	7.865	75.388
Peiperiebauteile (inkl. BW-Speicher, Raumaustrag)	€	8.842	8.696	4.934	4.934	16.878
Solarkollektoranlage (inkl. Zubehör und Brauchwasserspeicher)	€					
Pufferspeicher/Gasanschluss/Öltank	€	1.912		2.500	5.846	4.895
Baukosten (Lagerung, Bohrkosten, Sonden)	€	3.344	29.179			
Schornstein/Abgasleitung	€					
Montage/ Inbetriebnahme	€	3.447	3.447	2.757	2.757	3.447
Lüftungsanlage mit WRG	€	52.820	52.820	52.820	52.820	52.820
Mehr-/ Minderinvestitionen Dämmung u. Fenster	€	86.741	86.741	86.741	86.741	86.741
Summe Investition (inkl. MwSt.)	€	179.984	213.632	157.318	160.964	240.169
Kapitalgebundene Kosten						
Nutzungsdauer (Kessel, Pumpe, Speicher, Zubehör etc.)	a	20	20	20	20	15
Diskontrate	%	4%	4%	4%	4%	4%
Summe kapitalgebundene Kosten (inkl. MwSt.)	€/a	13.244	15.719	11.576	11.844	21.601
Summe kapitalgebundene Kosten (exkl. MwSt.)	€/a	11.129	13.210	9.728	9.953	18.152
Betriebsgebundene und sonstige Kosten						
Instandsetzung/Wartung Wärmeerzeuger und Peripherie	€/a	1513	1658	525	653	891
Instandsetzung/Wartung bauliche Anlagen	€/a	67	584	0	0	0
Schornsteinfeger und Emissionsmessung	€/a	158	0	17	58	17
Versicherung	€/a	0	0	0	60	0
Summe betriebsgebundene Kosten (inkl. MwSt.)	€/a	1.738	2.241	542	771	908
Summe betriebsgebundene Kosten (exkl. MwSt.)	€/a	1.461	1.884	455	648	763
Verbrauchsgebundene Kosten						
Gaspreis bzw. Wärmepreis	€/kWh			0,091		0,086
Heizölpreis	€/kWh				0,090	
Pelletpreis	€/kWh	0,059				
Strompreis	€/kWh	0,251		0,251	0,251	0,251
WP-Tarif	€/kWh		0,162			
Hilfsenergie	€/a	12654,98	12521,20	12638,88	12647,68	12638,88
KWK Strom Vergütung (Durchschnitt Einspeisung und Verkauf)	€/kWh					0,164
Summe verbrauchsgebundene Kosten (inkl. MwSt.)	€/a	21.138,70	18.675,35	22.157,66	22.425,12	23.827,19
Verbrauchsgebundene Kosten (exkl. MwSt.)	€/a	18.261,52	15.693,58	18.619,88	18.844,64	20.022,85
Stromertrag KWK						2.998,82 €
Gesamtkosten						
MAP-Förderung (BAFA)	€	0	0	0	0	0
KfW-Kredit (Zinsvorteil)	€/a	1.665	1.977	0	0	0
Gesamtkosten (inkl. MwSt., exkl. Förderung)	€/a	36.121	36.636	34.275	35.040	44.293
Gesamtkosten (exkl. MwSt., exkl. Förderung)	€/a	30.851	30.787	28.803	29.445	36.895
Gesamtkosten (inkl. MwSt., inkl. Förderung)	€/a	34.455	34.659	34.275	35.040	43.337
Gesamtkosten (exkl. MwSt., inkl. Förderung)	€/a	29.186	28.810	28.803	29.445	35.939
spezif. Kosten (inkl. MwSt., exkl. Förderung)	Ct./kWh	28,5	28,9	27,1	27,7	35,0
spezif. Kosten (exkl. MwSt., exkl. Förderung)	Ct./kWh	24,4	24,3	22,8	23,3	29,2
spezif. Kosten (inkl. MwSt., inkl. Förderung)	Ct./kWh	27,2	27,4	27,1	27,7	34,2
spezif. Kosten (exkl. MwSt., inkl. Förderung)	Ct./kWh	23,1	22,8	22,8	23,3	28,4

Tabelle 47: Übersicht Wirtschaftlichkeitsberechnung – Supermarkt
[eigene Berechnungen]

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für Objekt:		Emissionen	
Supermarkt		Emissionen	
	Einheit	Erdgas BW	Ref.system Erdgas Brennwert ohne EEWärmeG
		Erdgas BW	Erdgas BW
Gebäudedaten			
Hüllfläche	m ²	2.470	2.470
beheiztes Volumen	m ³	4.273	4.273
Nutzfläche AN	m ²	890	890
Wohnfläche	m ²	0	0
A/V Verhältnis	m ⁻¹	0,58	0,58
Dach	[W/m ² K]	0,16	0,35
Außenwand	[W/m ² K]	0,16	0,35
Fenster	[W/m ² K]	1,1	1,9
Bodenplatte Verkaufsraum	[W/m ² K]	0,35	0,35
Anlagendaten			
Heizwärmebedarf QH	kWh/ a	32.543	47.467
spez. Heizwärmebedarf qH	kWh/ (m ² a)	36,6	53,3
Trinkwarmwasserbedarf QTW	kWh/ a	6.150	6.150
spez. Trinkwarmwasserbedarf qTW	kWh/ (m ² a)	6,9	6,9
Endenergiebedarf Heizwärme QH,WE,E	kWh/ a	38.370	55.227
Endenergiebedarf Trinkwasser QTW,WE,E	kWh/ a	6.150	6.150
Endenergiebedarf Hilfsenergie	kWh/ a	337	420
Endenergiebedarf Beleuchtung	kWh/ a	34.435	34.435
KWK Endenergiebedarf QWE,E (Anteil von Zeile 32)			
Endenergiebedarf QWE,E	kWh/ a	44.520	61.377
Endenergiebedarf QHE,E ohne Beleuchtung	kWh/ a	337	420
Endenergiebedarf QEL (Zur Stromerzeugung, Finn. Methode)			
Primärenergiebedarf QP	kWh/ a	144.422	161.343
spez. Primärenergiebedarf qP	kWh/ (m ² a)	162,3	181,3
Primärenergiebedarf QEL (Zur Stromerzeugung, Finn. Methode)			
Anlagenaufwandszahl (QP/(QH+QTW))	-	1,40	1,32
Gesamtheizlast	kW	46,0	57,0
KWK thermische Leistung			
Größe Pufferspeicher (Pellets, WP, KWK), Größe Öltank	l		2.500
Aperturfläche	m ²		
Kollektorfläche	m ²		
Systemertrag Solarkollektor	kWh		
Deckungsanteil solare Warmwasserbereitstellung	%		
Deckungsanteil solare Heizungsunterstützung	%		
Mehr-/ Minderdämmstärke Außenwand	cm	0	-12
Mehr-/ Minderdämmstärke Boden	cm	0	0
Mehr-/ Minderdämmstärke Dach	cm	0	-12
zulässig EnEV (PE)		191,5 kWh/(m ² a)	191,5 kWh/(m ² a)
EnEV-15% (PE)		162,8 kWh/(m ² a)	162,8 kWh/(m ² a)
Einhaltung EnEV 2009		erfüllt	erfüllt
zulässig EnEV (Ht')		0,40 W/(m ² K)	0,40 W/(m ² K)
EnEV-15% (Ht')		0,34 kWh/(m ² a)	0,34 kWh/(m ² a)
Erfüllung Nutzungspflicht		102%	31%
Einhaltung EEWärmeG		erfüllt	nicht erfüllt
Wärmeenergiebedarf		37.499 kWh/a	51.710 kWh/a
Anteil EE Deckung		0%	0%
KWK Deckung		0%	0%

(Fortsetzung): Übersicht Wirtschaftlichkeitsberechnung – Supermarkt

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für Objekt:		Emissionen	
Supermarkt			
	Einheit	Erdgas BW	Ref.system Erdgas Brennwert ohne EEWärmeG
		Erdgas BW	Erdgas BW
Investitionen (inkl. MwSt.)			
Wärmeerzeuger (inkl. Regelung und Anschlüsse)	€	4.827	5.892
Peiperiebauteile (inkl. BW-Speicher, Raumaustrag)	€	3.394	4.934
Solarkollektoranlage (inkl. Zubehör und Brauchwasserspeicher)	€		
Pufferspeicher/Gasanschluss/Öltank	€		
Baukosten (Lagerung, Bohrkosten, Sonden)	€		
Schornstein/Abgasleitung	€		
Montage/ Inbetriebnahme	€	2.489	2.605
Lüftungsanlage mit WRG	€		
Mehr-/ Minderinvestitionen Dämmung u. Fenster	€	0	-21.206
Summe Investition (inkl. MwSt.)	€	10.710	0
Kapitalgebundene Kosten			
Nutzungsdauer (Kessel, Pumpe, Speicher, Zubehör etc.)	a	20	15
Diskontrate	%	4%	4%
Summe kapitalgebundene Kosten (inkl. MwSt.)	€/a	788	0
Summe kapitalgebundene Kosten (exkl. MwSt.)	€/a	662	0
Betriebsgebundene und sonstige Kosten			
Instandsetzung/Wartung Wärmeerzeuger und Peripherie	€/a	288	379
Instandsetzung/Wartung bauliche Anlagen	€/a	0	0
Schornsteinfeger und Emissionsmessung	€/a	17	17
Versicherung	€/a	0	0
Summe betriebsgebundene Kosten (inkl. MwSt.)	€/a	305	396
Summe betriebsgebundene Kosten (exkl. MwSt.)	€/a	256	333
Verbrauchsgebundene Kosten			
Gaspreis bzw. Wärmepreis	€/kWh	0,091	0,091
Heizölpreis	€/kWh		
Pelletpreis	€/kWh		
Strompreis	€/kWh	0,251	0,251
WP-Tarif	€/kWh		
Hilfsenergie	€/a	84,74	105,61
KWK Strom Vergütung (Durchschnitt Einspeisung und Verkauf)	€/kWh		
Summe verbrauchsgebundene Kosten (inkl. MwSt.)	€/a	5.140,25	6.702,76
Verbrauchsgebundene Kosten (exkl. MwSt.)	€/a	4.319,54	5.632,57
Stromertrag KWK			
Gesamtkosten			
MAP-Förderung (BAFA)	€	0	0
KfW-Kredit (Zinsvorteil)	€/a	0	0
Gesamtkosten (inkl. MwSt., exkl. Förderung)	€/a	6.233	7.099
Gesamtkosten (exkl. MwSt., exkl. Förderung)	€/a	5.238	5.965
Gesamtkosten (inkl. MwSt., inkl. Förderung)	€/a	6.233	7.099
Gesamtkosten (exkl. MwSt., inkl. Förderung)	€/a	5.238	5.965
spezif. Kosten (inkl. MwSt., exkl. Förderung)	Ct./kWh	16,1	13,2
spezif. Kosten (exkl. MwSt., exkl. Förderung)	Ct./kWh	13,5	11,1
spezif. Kosten (inkl. MwSt., inkl. Förderung)	Ct./kWh	16,1	13,2
spezif. Kosten (exkl. MwSt., inkl. Förderung)	Ct./kWh	13,5	11,1

11.4 Zu Kapitel 8: Kosten- und Nutzenwirkungen

Tabelle 48: Angelegte Technologieanteile zur Berechnung der vermiedenen Emissionen

Technologie	Anteile WG (EFH, MFH)	Anteile NWG (Büro)	Anteile Supermarkt
Pelletkessel	0,054	0,086	
WP Sole/Wasser	0,290	0,100	
Erdgas BW+ Solar TW	0,090		
Erdgas BW+ Solar HZ	0,082	-	
Heizöl BW+ Solar TW	0,020	-	
Heizöl BW+ Solar HZ	0,018	-	
Ersatzmaßnahme EnEV Erdgas	0,493	0,246	0,80
Ersatzmaßnahme EnEV Heizöl	0,107	0,054	
Ersatz RLT mit WRG Erdgas	0,311	0,312	
Ersatz RLT mit WRG Heizöl	0,068		

Die hier ausgewiesenen Anteile für WG und NWG basieren auf den Abschätzungen in Kapitel 4. Sie werden auf die hier in diesem Bericht abgebildeten Wärmeerzeugungsoptionen übertragen. Die Anteile im Supermarkt ergeben sich aus der beschränkten Anzahl an Wärmeerzeugungsoptionen. Die Anteile summieren sich im Neubau nicht zwangsläufig auf 100 %. Daher werden diese für die Berechnung der Umweltwirkungen auf 100 % normiert. Der Supermarkt geht mit einem Anteil von 5 % in die Berechnungen für den Nichtwohngebäudebestand ein.

Tabelle 49: U-Werte der Referenzsysteme (Beispiel Erdgas)

Büro		Supermarkt		MFH		EFH	
	U-Wert [W/m²K]		U-Wert [W/m²K]		U-Wert [W/m²K]		U-Wert [W/m²K]
Außenwand EG		Dach	0.19	Außenwand	0.16		0.17
Außenwand Brüstungen	0.21	Außenwand	0.439	Dach	0.14		0.155
Kellerwand	0.302	Fenster	1.7	Kellerdecke	0.22		0.3
Fenster	1.375	Bodenplatte Verkaufsraum	3.339	Fenster	1.1		1.1
Bodenplatte	0.487	Bodenplatte Bürobereich	0.461				
Innentür	1.762						
Dach	0.152						
Außenwand Paneel	0.12						
Bodenplatte (unterkellert)	0.301						

Methodik zur Berechnung der vermiedenen Emissionen

Die bisherige Berechnung der vermiedenen Emissionen auf gesamtwirtschaftlicher Ebene beruht auf der Erzeugung von EE-Wärme und EE-Strom, welche mit den entsprechenden Vermeidungsfaktoren multipliziert wird. Dieses Verfahren scheint für die Ausweisung der vermiedenen Umweltschäden im Neubau weniger geeignet. Daher wird ein weiteres Verfahren, basierend auf den in Kap. 5 dargestellten Gebäudetypen, entwickelt.

Sie stützt sich auf die im Rahmen dieses Berichts ermittelten Energiebedarfe für verschiedene Gebäudetypen und Wärmeerzeugungstechnologien und berechnet bezogen auf ein Referenzsystem die vermiedene Umweltbelastung. Nachfolgend ist diese Variante kurz umrissen:

Das neue Verfahren umfasst drei Schritte:

- Ermittlung der Umweltwirkungen (in g/m^2) je Fläche für die entsprechenden Gebäudetypen und Technologien basierend auf:
 - Emissionsfaktoren (UBA 2010)
 - Energiebedarf je Gebäudetyp und Technologie (aus Kap. 4): Hierbei wird der Endenergiebedarf und die Hilfsenergie berücksichtigt, bei Solarthermie der solare Systemertrag, bei Wärmepumpen die erzeugte Nutzwärme inkl. Wärmeverluste.
- Ermittlung der vermiedenen Umweltwirkungen (in g/m^2) je Fläche für die betrachteten Gebäudetypen und Technologien, basierend auf
 - Substitutionsfaktoren: hierbei wird angenommen, dass die EE zur Wärmeerzeugung bzw. die Ersatzmaßnahmen das Referenzsystem Brennwertkessel Erdgas zu 82 % und Brennwertkessel Heizöl zu 18 % ersetzen, entsprechend dem Verhältnis von Erdgas- und Heizöl-Brennwertkessel nach der Absatzstatistik.
 - Gewichtungsfaktoren für Technologien und Ersatzmaßnahmen (ermittelte Anteile aus Kapitel 4): Der Ersatzmaßnahme zugerechnet sind hierbei Wärmedämmung EnEV -15 %, Lüftungsanlage, während die EE-Pflichtmaßnahmen Biomasseheizung, Solarthermie und Wärmepumpeneinsatz und marginal KWK-Biogas umfassen.⁸⁷
- Berechnung der gesamten vermiedenen Umweltwirkungen durch Multiplikation der flächenspezifischen vermiedenen Umweltwirkungen mit den Neubauf Flächen basierend auf:
 - Neugebaute Wohnflächen (Wohngebäude) und beheizte Nutzflächen von Nicht-Wohngebäuden aus Baufertigstellungstatistik des Statistischen Bundesamtes. Die in Nicht-Wohngebäuden ausgewiesenen Wohnflächen, z. B. Hausmeisterwohnung einer Schule, sind unter Wohnflächen der Wohngebäude aufsummiert.
 - Gewichtungsfaktoren für EE-Technologien und Ersatzmaßnahmen: Die Summe der Anteile von EE-Technologien und Ersatzmaßnahmen ist größer eins, da teils auch verschiedenen Maßnahmen kombiniert werden können wie z.B. Ersatzmaßnahmen Dämmung und Solarthermie. Daher werden diese auf 1 normiert.

⁸⁷ Bei Neubauten mit einer Lüftungsanlage wird unterstellt, gleichzeitig auch die Dämmanforderungen nach EnEV -15 % zu erfüllen.

Der Energiebedarf des Nicht-Wohngebäudebestands basiert auf einem Bürogebäude und einem Supermarkt. Dieser wird mit dem Gewichtungsfaktor 0,05 in die Berechnung der vermiedenen Emissionen von Nicht-Wohngebäuden aufgenommen. Die Berechnung der vermiedenen Umweltschäden umfasst sowohl Luftschadstoffe (SO₂, NO_x, Staub, NMVOC) wie auch Treibhausgase (Kohlendioxid, Lachgas, Methan).

Die Differenz der Umweltbelastung (g/m²) zwischen EE-Technologien bzw. Ersatzmaßnahmen und Referenzsystem wird mit dem Technologieanteil gewichtet und anschließend mit der Neubaufäche multipliziert. Die vermiedenen Emissionen (Umweltschäden) werden nach Wohn- und Nicht-Wohngebäude sowie nach EE-Nutzungspflicht und Ersatzmaßnahme ausgewiesen und repräsentieren für den Wohngebäudebereich eine relative genaue Abschätzung, während sie für den Nicht-Wohngebäudebereich aufgrund der vielen Annahmen (Referenzsysteme) und Eingrenzungen (Büro, Supermarkt) eher eine unscharfe Größe darstellen.

Der hier angelegte methodische Ansatz zur Ermittlung vermiedener Umweltschäden ist im Hinblick auf folgende Punkte kritisch zu sehen:

- Im Nichtwohngebäudesektor sind die Wohnflächen (Neubau) sowie die beheizten Nutzflächen aller Nichtwohngebäude berücksichtigt. Allerdings wird zur Berechnung der Wirkung des EEWärmeG bei letzteren der Energiebedarf für Bürogebäude und Supermarkt (nur Variante 2) zugrunde gelegt. Daraus resultiert eine tendenzielle Überschätzung der Wirkung im Nichtwohnbereich.
- Die hier angelegten Emissionsfaktoren beruhen auf Angaben bzw. Zusammenstellungen des UBA für die Emissionsbilanz in Deutschland. D. h., dass die hier ausgewiesenen Emissionsfaktoren einen Durchschnittswert darstellen, der Emissionsfaktoren bei Neu- und Altbauten (Bestand) umfasst und nicht die neusten Technologien widerspiegeln, die üblicherweise im Neubau Einsatz finden – dies gilt für alle Technologien.
- Bei den dämmungsbedingten vermiedenen Emissionen sind nicht die möglichen Emissionen bei Erstellung des Dämmmaterials berücksichtigt. D. h., diese Vorkettenemissionen müssten im Prinzip noch von den vermiedenen Emissionen (insbesondere der Ersatzmaßnahmen) abgezogen werden. Dies ist jedoch aufgrund der vielen unbekanntenen Daten zu Dämmmaterial, Dichte / Dicke, Volumen, Flächen, Anbringung und Entsorgung etc. nicht erfolgt.
- Die Wohnflächen beruhen auf der Statistik der Baufertigstellungen in 2010. Idealerweise müssten die betrachteten Baufertigstellungen im entsprechenden Betrachtungsjahr nur solche Bauten umschließen, für welche auch Baugenehmigungen ab 2009 vorliegen. Diese Daten sind bisher nicht verfügbar.⁸⁸

⁸⁸ Statistik zu Baugenehmigung liegt vor, jedoch müssen diese nicht in 2009 fertig gestellt sein.

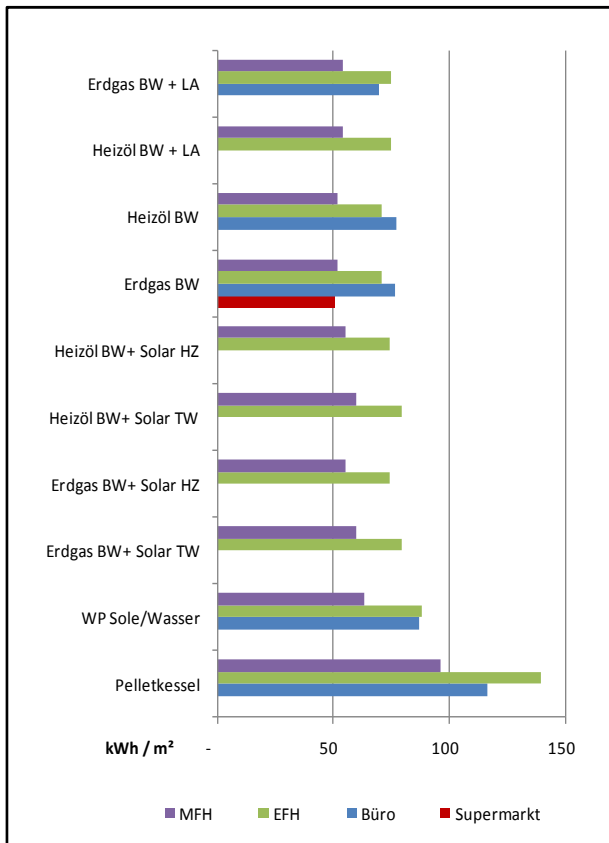


Abbildung 116: Endenergiebedarf im Neubau, kWh/m² (Wohn- bzw. Nutzfläche) [eigene Berechnungen]

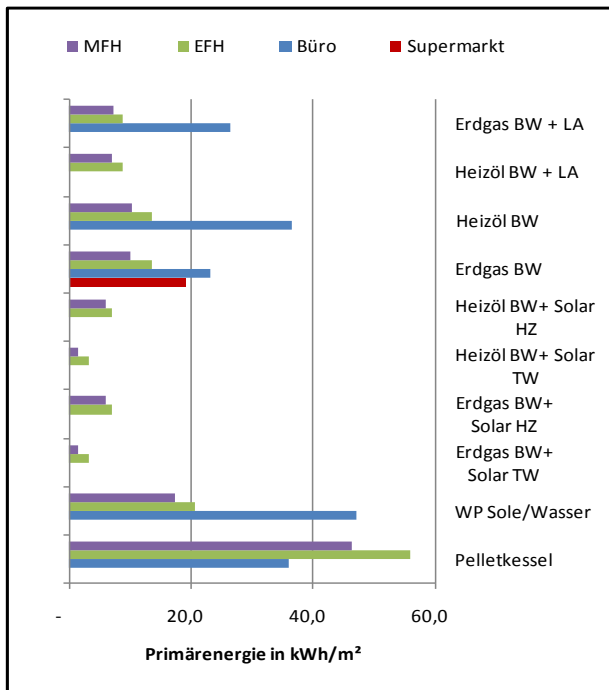


Abbildung 117: Eingesparte Primärenergie nach Technologien, in kWh/ Wohn- bzw. Nutzfläche

[eigene Berechnungen]

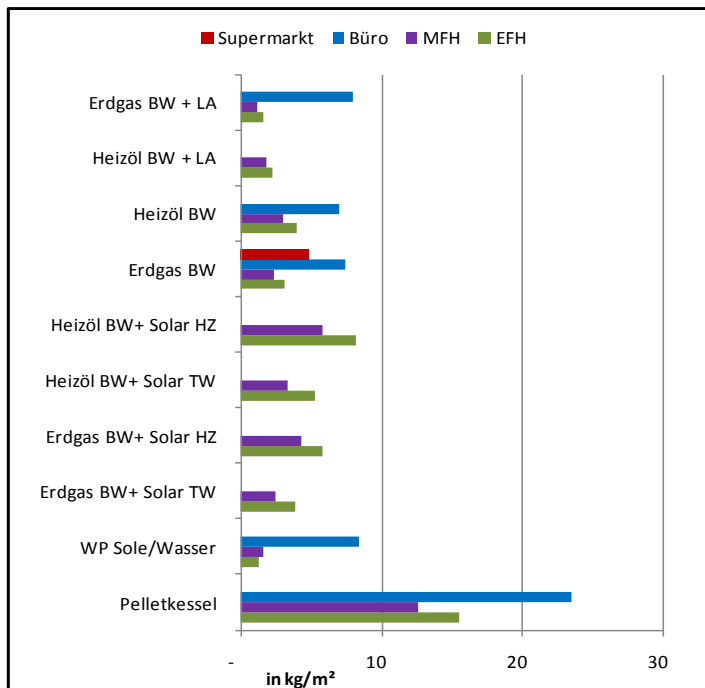


Abbildung 118: Vermiedene Emissionen in CO₂-Äquiv. kg pro Wohn- bzw. Nutzfläche

[eigene Berechnungen]

Differenzkosten EEWärmeG ohne Berücksichtigung des Kompensationsprinzips der EnEV

Im Fall „EEWärmeG ohne Kompensationsprinzip der EnEV“ ergeben sich höhere Differenzkosten, die für das Jahr 2009 bei 49 Mio. € liegen – 100 Mio. € im Jahr 2010 und 135 Mio. € im Jahr 2011. Bei dieser Berechnung sind die gleichen Energiestandards für die Referenzgebäude sowohl im Fall einer Wärmeversorgung mit Erneuerbaren Energien als auch im Fall des Einsatzes fossiler Technologien gewählt worden⁸⁹. Der Endenergiebedarf unterscheidet sich demnach nur aufgrund der Anlagentechnik. Da die Energiebedarfsberechnung auf Normstandardwerten (DIN-4701) beruht, sind beispielsweise die Wirkungsgrade der Pelletskessel sehr niedrig angesetzt, wodurch die Höhe der Differenzkosten auch hier konservativ gerechnet ist.

⁸⁹ Die Qualität der Gebäudehülle bei den EE-Referenztechnologien ist in beiden Fällen gleich.

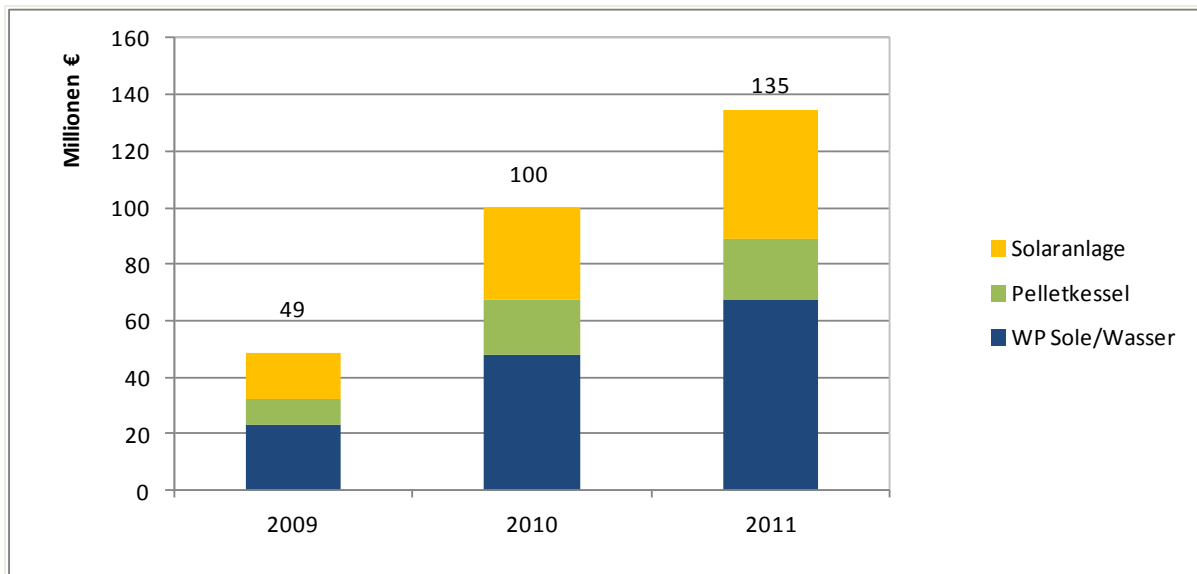


Abbildung 119: Differenzkosten EE WärmeG im Jahr 2009 für den Fall „EE WärmeG ohne Berücksichtigung des Kompensationsprinzips der EnEV“

[eigene Berechnung ISI]

11.5 Zu Kapitel 9: Vollzugskonzepte der Bundesländer

BADEN-WÜRTTEMBERG	
1	Stand der Implementierung
	<p>Am 28.11.2008 erließen Umwelt- und Wirtschaftsministerium die <i>Verordnung über Zuständigkeiten nach dem Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeGZuVO)</i>. Die Verordnung trat am 01.01.2009 in Kraft.</p> <p>(http://www.landesrecht-bw.de/jportal/?quelle=jlink&query=EEW%C3%A4rmeGZustV+BW&psml=bsbawueprod.psml&max=true&aiz=true)</p>
2	Regelungen zum Gesetzesvollzug
2.1	<p>Zuständige Behörden nach § 12 EEWärmeG und Fachaufsicht</p> <p>Zuständig für den Vollzug des EEWärmeG sind die unteren Baurechtsbehörden. Sofern die untere Baurechtsbehörde eine Gemeinde oder Verwaltungsgemeinschaft nach § 46 Abs. 2 der Landesbauordnung ist, sind die mit dieser Verordnung übertragenen Aufgaben Pflichtaufgaben nach Weisung.</p> <p>Die Fachaufsicht über die unteren Baurechtsbehörden obliegt den Regierungspräsidien. Für den Vollzug des EEWärmeG sowie des EWärmeG des Landes (Nutzungspflicht für den EE-Wärmeeinsatz bei bestehenden Wohngebäuden) wurde an den vier Regierungspräsidien jeweils eine Stelle geschaffen. Die oberste Fachaufsicht obliegt dem Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft. Die für die Fachaufsicht zuständigen Behörden können den nachgeordneten Behörden unbeschränkt Weisungen erteilen.</p>
2.2	<p>Prüfung der Nachweise nach § 10 EEWärmeG</p> <p>Die Prüfung der Nachweise obliegt den unteren Baurechtsbehörden. Diese werden über ein neues Bauvorhaben entweder über die Baugenehmigung oder eine Bauanzeige in Kenntnis gesetzt. Geht nach einer gewissen Zeitspanne (in der Regel 12-18 Monate) kein Nachweis der Pflichterfüllung nach § 10 EEWärmeG (gleiches gilt für den EnEV Nachweis) ein, sendet die Behörde den Bauherren ein Erinnerungsschreiben. Ist das Bauvorhaben fertig gestellt und bleibt der Nachweis aus, leitet die Behörde ein Ordnungswidrigkeitsverfahren ein.</p> <p>Die Prüfung der Nachweise beschränkt sich bislang weitgehend auf eine Prüfung der Vollständigkeit der eingereichten Unterlagen sowie eine Plausibilitätsprüfung der gemachten Angaben.</p>
2.3	<p>Nachweisbögen</p> <p>Das Umweltministerium stellt auf seiner Website standardisierte Nachweisbögen zur Verfügung. Dabei gibt es für jede primäre Erfüllungsoption (Installation eines EE-Wärmeerzeugers) einen separaten Bogen. Die Ersatzmaßnahmen (Abwärmenutzung, KWK, EnEV-Übereerfüllung, Anschluss an NW/FW-Versorgung) werden in einem Nachweisbogen zusammengefasst. Für die Nachweisführung bei Ausnahmen nach § 9 EEWärmeG gibt es ebenfalls einen eigenen Bogen. Die Verwendung der Nachweisbögen ist nicht verpflichtend. Die Bögen enthalten zahlreiche Eingabefelder, die zwar für die Verifizierung der Pflichterfüllung hilfreich sind (z.B. die Nettogrundfläche eines Gebäudes oder die Aperturfläche eines Solarkollektors), allerdings nicht verpflichtend ausgefüllt werden müssen, da sie im Rahmen der Nachweispflichten nach § 10 EEWärmeG nicht explizit genannt werden.</p> <p>Die Nachweisbögen sind auf der Website des Umweltministeriums erhältlich (http://www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/62541/)</p>

2.4	<p>Stichprobenkontrollen nach § 11 Abs. 1 EEWärmeG</p> <p>Die EEWärmeGZuVO enthält keine expliziten Regelungen zu den Stichprobenkontrollen nach § 11 Abs. 1 EEWärmeG. Im Rahmen der Dienstbesprechungen mit den unteren Bauaufsichtsbehörden wurde angeregt, bei ohnehin fälligen Bauabnahmen die Prüfung auch auf die Pflichterfüllung nach dem EEWärmeG auszudehnen. Allerdings handelt es sich dabei nur um Ausnahmefälle, kleinere Wohngebäude sind davon in der Regel nicht betroffen.</p>
2.5	<p>Empfang von Anzeigen nach § 9 Satz 1 Nr. 1 EEWärmeG und Erteilung von Befreiungen nach § 9 Satz 1 Nr. 2 EEWärmeG</p> <p>Macht ein Bauherr nach § 9 Satz 1 Nr. 1 EEWärmeG geltend, dass aufgrund anderer öffentlich-rechtlicher Pflichten bzw. technischer Unmöglichkeit keine der Pflichterfüllungsoptionen des EEWärmeG realisierbar ist, ist die entsprechende Anzeige der unteren Baurechtsbehörde vorzulegen.</p> <p>Anträge auf Befreiung nach § 9 Satz 1 Nr. 2 EEWärmeG (unangemessener Aufwand) sind ebenfalls bei den unteren Baurechtsbehörden einzureichen. Bisher wurden die meisten Anträge abgelehnt. Streitfälle würden bei den Regierungspräsidien auflaufen.</p>

3	Ausweitung der Nutzungspflicht auf den Gebäudebestand
	<p>Am 01.01.1998 trat das Gesetz zur Nutzung erneuerbarer Wärmeenergie in Baden-Württemberg (Erneuerbare-Wärme-Gesetz – EWärmeG) in Kraft. Neben der Nutzungspflicht für neue Gebäude – diese wurde durch das EEWärmeG abgelöst – wurde über das EWärmeG eine Nutzungspflicht für bestehende Wohngebäude eingeführt. Bei Wohngebäuden, für die vor dem 01.04.2008 der Bauantrag gestellt oder beim Kenntnissgabeverfahren die Bauvorlagen erstmalig eingereicht wurden, sowie bei allen bis dahin bereits errichteten Wohngebäuden müssen ab dem 01.01.2010 mindestens 10 % des jährlichen Wärmebedarfs durch Erneuerbare Energien gedeckt werden. Pflichtauslöser ist der Austausch der Heizungsanlage. Als Ersatzmaßnahmen werden Maßnahmen zur Übererfüllung der Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz sowie die Wärmeversorgung aus KWK oder ein FW/NW-Netz (bei Einhaltung gewisser Effizienzkriterien). Ist das Gebäudedach so stark mit Photovoltaik belegt, dass keine solarthermische Nutzung mehr möglich ist, entfällt die Nutzungspflicht ebenfalls.</p> <p>Die Nachweispflichten regeln §§ 6 bis 9 EWärmeG. Der Verpflichtete hat den Umfang seiner Verpflichtung sowie die Geeignetheit der zur Erfüllung oder ersatzweise Erfüllung getroffenen Maßnahmen durch einen Sachkundigen bestätigen zu lassen. Für die meisten Erfüllungsoptionen muss der Verpflichtete die notwendigen Bestätigungen innerhalb von drei Monaten nach Inbetriebnahme oder Austausch der Heizanlage der zuständigen Behörde vorlegen. Anträge auf Befreiung von der Nutzungspflicht sind ebenfalls innerhalb dieses Zeitraums vorzulegen.</p> <p>Der Vollzug ist ähnlich geregelt wie beim EEWärmeG. Sachlich zuständig sind die unteren Baurechtsbehörden. Sie unterliegen der Fachaufsicht der Regierungspräsidien. Die oberste Fachaufsicht hat das Umweltministerium inne. Die für die Fachaufsicht zuständigen Behörden können den nachgeordneten Behörden unbeschränkt Weisung erteilen.</p> <p>Die unteren Baurechtsbehörden sind ermächtigt, beim Bezirksschornsteinfegermeister Namen und Adressen der Eigentümer, deren Heizanlagen ausgetauscht wurden, sowie das Datum der Abnahmebescheinigung abfragen. Angedacht sind hier viertel- bis halbjährliche Abfragen. Über die Abfrage kann die zuständige Behörde die Pflichtfälle identifizieren. Gehen innerhalb der zulässigen Frist keine Erfüllungsnachweise ein, verschickt die Behörde ein Erinnerungsschreiben. Bleibt der Nachweis weiter aus, erhält der verpflichtete Gebäudeeigentümer einen Bußgeldbescheid.</p> <p>Für die Nachweisführung stellt das Umweltministerium auf seiner Website standardisierte Nachweisbögen zur Verfügung. Prinzipiell ist das Umweltministerium ermächtigt, im Einvernehmen mit dem Wirtschaftsministerium durch Rechtsverordnung festzulegen, welche Angaben die erforderlichen Nachweise enthalten müssen. Als Angaben für die Nachweise können die zur Überprüfung der Pflichterfüllung oder der Voraussetzungen für das Entfallen der Nutzungspflicht erforderlichen Informationen, wie zum Beispiel Wärmebedarf, Art der Pflichterfüllung und Leistung der Anlage, vorgesehen werden.</p> <p>Die Nachweisbögen sind auf der Website des Umweltministeriums erhältlich (http://www.uvm.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/60561/) Stichproben sind bislang nicht vorgesehen.</p>
4	Sonstiges
	Nein

BAYERN	
1	Stand der Implementierung
	<p>Am 21.12.2010 wurde der Vollzug durch eine Änderung des Gesetzes über Zuständigkeiten zum Vollzug wirtschaftsrechtlicher Vorschriften (ZustWiG) geregelt (dort in Art. 15). http://by.juris.de/by/gesamtWiRZustG_BY_2005.htm</p>
2	Regelungen zum Gesetzesvollzug
2.1	Zuständige Behörden nach § 12 EEWärmeG und Fachaufsicht
	<p>Die Verantwortung für Vollzug des EEWärmeG liegt auf der Ebene der Kreisverwaltungsbehörden (dies umfasst auch die Großen Kreisstädte). Soweit Aufgaben der unteren Bauaufsichtsbehörden kreisangehörigen Gemeinden übertragen sind, sind diese zuständige Behörden. Wegen der Sachnähe zum Vollzug anderer Vorschriften im Zusammenhang mit der Errichtung von Gebäuden soll der Vollzug des EEWärmeG aus verwaltungsökonomischen Gründen bei den Behörden liegen, bei denen die entsprechenden Bauakten geführt werden. Es ist also davon auszugehen, dass auf der Kreisebene in der Mehrzahl der Fälle die unteren Bauaufsichtsbehörden mit dem Vollzug betraut werden. Die obere Fachaufsichtsbehörde liegt beim Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie.</p> <p>Bei Bauvorhaben des Bundes, des Landes oder eines Bezirks wird der Vollzug den jeweiligen Baudienststellen übertragen. Aufgrund der unmittelbaren Gesetzesgebundenheit wird von Bund, Land und Kommunen erwartet, dass sie sich bei ihren Bauvorhaben auch ohne behördliche Kontrolle und Überwachung an die einschlägigen gesetzlichen Vorschriften halten. Um einen möglichst einheitlichen Vollzug zu gewährleisten, werden derzeit Vollzugshinweise zum EEWärmeG unter Einbezug der kommunalen Spitzenverbände erarbeitet.</p>
2.2	Prüfung der Nachweise nach § 10 EEWärmeG
	<p>Die Prüfung der Nachweise obliegt den zuständigen Behörden. Durch eine stärkere Einbindung von Sachverständigen in die Vollzugsaufgaben (v.a. bei Befreiung von der Nutzungspflicht nach § 9 EEWärmeG, s.u.) soll der Aufwand für die zuständigen Behörden in vertretbaren Grenzen gehalten werden.</p> <p>Gleichzeitig wird bei der Nachweisführung für Solarkollektoren von der Mindestnachweispflicht (Nachweis des Prüfzertifikats "Solar Keymark") abgewichen. Bei der Nutzung von solarer Strahlungsenergie müssen Verpflichtete gleichzeitig den Nachweis der quantitativen Pflichterfüllung erbringen. Als Nachweis muss die Bescheinigung eines Sachkundigen oder des Fachbetriebs, der die Anlage installiert hat, vorgelegt werden. Bei Bauvorhaben von Bund, Ländern und Kommunen ist allerdings auch bei Solarkollektoren die Einschaltung eines Sachkundigen nicht notwendig. Es wird vorausgesetzt, dass die verantwortlichen Stellen über ausreichend qualifiziertes Personal verfügen, um die Einhaltung der quantitativen Anforderungen sicherzustellen.</p>
2.3	Nachweisbögen
	Es werden derzeit einheitliche Formblätter erarbeitet.

2.4	<p>Stichprobenkontrollen nach § 11 Abs. 1 EEWärmeG</p> <p>Im Entwurf der Gesetzesbegründung wird angeführt, dass sich die Stichprobenkontrollen seitens der zuständigen Behörden in der Regel auf eine Prüfung der Vollständigkeit und Korrektheit der eingereichten Nachweise beschränken könne (Begründung: Abgesehen von der Solarthermie könne bei allen gesetzlichen Optionen der Nutzungspflichterfüllung bei Vorliegen eines Nachweises über die qualitativen Anforderungen in der Regel unterstellt werden kann, dass die Wärmeanlage auch in der ausreichenden Dimensionierung installiert wurde; für Solarthermie soll die Einhaltung der quantitativen Anforderungen durch einen Sachkundigen bescheinigt werden, s.o.). Die Gesetzesbegründung geht hierbei von einer Stichprobenkontrolle von 5 % aus. Dies wurde auch an die Regierungspräsidien als Richtgröße kommuniziert. (http://www.innenministerium.bayern.de/imperia/md/content/stmi/bauen/themen/gebaeude_energie/rechtl_grundlagen/vollzugsregelung_eew_rmeg.pdf).</p> <p>Eine weitergehende inhaltliche Kontrolle der Bescheinigungen wie auch etwa eine Vor-Ort-Kontrolle bleibt dem Ermessen der Behörden vorbehalten.</p>
2.5	<p>Empfang von Anzeigen nach § 9 Satz 1 Nr. 1 EEWärmeG und Erteilung von Befreiungen nach § 9 Satz 1 Nr. 2 EEWärmeG</p> <p>Macht ein Bauherr nach § 9 Satz 1 Nr. 1 EEWärmeG geltend, dass aufgrund anderer öffentlich-rechtlicher Pflichten bzw. technischer Unmöglichkeit keine der Pflichterfüllungsoptionen des EEWärmeG realisierbar ist, ist die entsprechende Anzeige der zuständigen Behörde vorzulegen.</p> <p>Anträge auf die Erteilung einer Befreiung nach § 9 Satz 1 Nr. 2 EEWärmeG sind ebenfalls bei den zuständigen Behörden einzureichen. In Abweichung von § 9 Satz 1 Nr. 2 Satz 2 Alternative 1 EEWärmeG (Ausnahme wegen eines unangemessenen Aufwands) muss die Unangemessenheit durch einen Sachkundigen bescheinigt werden. Der Sachkundige soll dabei die Art des notwendigen Aufwands der Nutzungspflichterfüllung beschreiben sowie die Höhe des Aufwands, der die unbillige Härte begründen soll, beziffern. Nicht ausreichend ist eine Bescheinigung nur dahingehend, dass die Nutzung der vom Gesetz vorgesehenen Möglichkeiten der Nutzungspflichterfüllung grundsätzlich einen höheren Aufwand verursacht. Derzeit sind (noch) keine Maßstäbe oder Regelungen für die Grenzen der Wirtschaftlichkeit bzw. der unbilligen Härte festgelegt.</p> <p>Auf Grundlage der Bescheinigung prüft die Behörde in Form einer Plausibilitätsprüfung, ob die bescheinigten Tatsachen eine Unangemessenheit des Aufwands und dadurch eine unbillige Härte begründen, und entscheidet über die Befreiung oder deren Versagung. Entscheidet die Behörde nicht innerhalb einer Frist von drei Monaten, soll die Befreiung als erteilt gelten (Befreiungsfiktion). Die Zwischenschaltung eines Sachkundigen wird damit begründet, dass nicht sichergestellt werden kann, dass alle zuständigen Behörden über eine ausreichende energietechnische und -wirtschaftliche Expertise zur Bewertung der Befreiungsanträge verfügen.</p>
3	<p>Ausweitung der Nutzungspflicht auf den Gebäudebestand</p> <p>Nicht vorgesehen</p>
4	<p>Sonstiges</p> <p>Nein</p>

BERLIN

1	Stand der Implementierung
	<p>Am 21.06.2011 beschloss das Berliner Abgeordnetenhaus das Gesetz zur Durchführung des Erneuerbare Energien Wärmegesetzes im Land Berlin (EEWärmeG-DG Bln). Das Gesetz schafft die gesetzliche Grundlage für ein von den bundesrechtlichen Vorgaben eigenes abweichendes landesspezifisches Vollzugsrecht. Das Gesetz ermächtigt die für Umwelt zuständige Senatsverwaltung, durch Rechtsverordnung das Verfahren zur Durchführung des EEWärmeG zu regeln. In der Rechtsverordnung können folgende Regelungen vorgesehen werden</p> <ul style="list-style-type: none">– die Verpflichtung zur Vorlage eines Nachweises über die Erfüllung der Voraussetzungen des § 9 Absatz 2 Nummer 2 EEWärmeG einschließlich der Erstellung dieses Nachweises durch Sachkundige gemäß § 2 Absatz 2 Nummer 7 EEWärmeG oder Sachverständige,– von § 10 EEWärmeG abweichende Nachweispflichten einschließlich der Erstellung der Bescheinigung nach § 10 Absatz 4 Satz 3 EEWärmeG durch Sachverständige,– ein von § 11 Absatz 1 EEWärmeG abweichendes Überprüfungsverfahren, dabei auch die teilweise Übertragung auf Sachverständige,– die Einführung von Formularen zur Vereinheitlichung und zur Vereinfachung des Verfahrens.
2	Regelungen zum Gesetzesvollzug
2.1	<p>Zuständige Behörden nach § 12 EEWärmeG und Fachaufsicht</p> <p>Die Zuständigkeit für den Vollzug ist noch abschließend zu bestimmen, es ist vorgesehen, diese den für das jeweilige Bauvorhaben zuständigen Bezirken bzw. Bauaufsichtsbehörden zu übertragen.</p> <p>Zudem wird diskutiert, Teile des Vollzugs in die Verantwortung von Prüfsachverständigen zu legen (unter ausdrücklicher Berufung auf die Abweichungskompetenz der Bundesländer nach Art. 84 Abs. 1 Satz 2 GG). Damit würde ein weitgehender Gleichklang des Vollzuges des EEWärmeG und der EnEV erreicht, denn die 2009 ergangene Berliner Durchführungsverordnung zur EnEV sieht vor, die Erfüllungskontrolle der EnEV-Pflichten ab 2011 weitgehend in die Hände von behördlich anerkannten Prüfsachverständigen für energetische Gebäudeplanung zu legen. Die Anerkennung soll durch die für den Baubereich zuständige Berliner Senatsverwaltung erfolgen. Sie setzt den Nachweis spezifischer Qualifikationen auf dem Gebiet der energetischen Gebäudequalität voraus.</p>
2.2	<p>Prüfung der Nachweise nach § 10 EEWärmeG</p> <p>Für die Nachweisführung nach § 10 EEWärmeG soll eine enge Verzahnung mit den Vollzugsprozessen der EnEV angestrebt werden. Die konkret angedachten Regelungen zum Nachweis der Pflichterfüllung des EEWärmeG sind derzeit nicht bekannt.</p> <p>Brennstoffabrechnungen, die nach § 10 Abs. 2 bei Nutzung gasförmiger und flüssiger Biomasse erbracht werden müssen, sollen den zuständigen Bauaufsichtsbehörden vorgelegt werden.</p>

2.3	<p>Nachweisbögen</p> <p>Es ist vorgesehen, Bauherren und Prüfsachverständigen standardisierte Vordrucke für die Nachweisführung zur Verfügung zu stellen und zu deren Verwendung zu verpflichten.</p>
2.4	<p>Stichprobenkontrollen nach § 11 Abs. 1 EEWärmeG</p> <p>Die Regelungen für die Stichprobenkontrolle nach § 11 Abs. 1 sind bisher nicht bekannt. Die Stichprobenprüfung bei den Brennstoffnachweisen (Biomasse) gem. § 10 Abs. 2 soll den zuständigen Bauaufsichtsbehörden obliegen.</p>
2.5	<p>Empfang von Anzeigen nach § 9 Satz 1 Nr. 1 EEWärmeG und Erteilung von Befreiungen nach § 9 Satz 1 Nr. 2 EEWärmeG</p> <p>Macht ein Bauherr nach § 9 Satz 1 Nr. 1 EEWärmeG geltend, dass aufgrund anderer öffentlich-rechtlicher Pflichten bzw. technischer Unmöglichkeit keine der Pflichterfüllungsoptionen des EEWärmeG realisierbar ist, soll die entsprechende Anzeige der zuständigen Bauaufsichtsbehörde vorgelegt werden.</p> <p>Die Verantwortung für die Anerkennung von Ausnahmen nach § 9 Abs. 2 EEWärmeG soll ebenfalls bei den zuständigen Bauaufsichtsbehörden liegen.</p>
3	<p>Ausweitung der Nutzungspflicht auf den Gebäudebestand</p> <p>Die Ausweitung der Nutzungspflicht auf den Gebäudebestand ist in Diskussion (vgl. Diskussion zum inzwischen zurückgestellten Klimaschutzgesetz).</p>
4	<p>Sonstiges</p> <p>Berichtspflichten: Die zuständigen Bauaufsichtsbehörden sollen der für den Umweltschutz zuständigen Senatsverwaltung erstmalig zum Ende des auf das Inkrafttreten des Klimaschutzgesetzes folgenden Kalenderjahres und sodann jährlich über den Vollzug des EEWärmeG berichten.</p>

BRANDENBURG	
1	Stand der Implementierung
	Nach Auskunft des Ministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz ist bisher keine Entscheidung über die Ressortzuständigkeiten zum EEWärmeG gefallen. Weitere Regelungen sind nicht bekannt.
2	Bestehende und diskutierte Regelungen zum Gesetzesvollzug
2.1	Zuständige Behörden nach § 12 EEWärmeG und Fachaufsicht Nicht bekannt.
2.2	Prüfung der Nachweise nach § 10 EEWärmeG Nicht bekannt.
2.3	Nachweisbögen Nicht bekannt.
2.4	Stichprobenkontrollen nach § 11 Abs. 1 EEWärmeG Nicht bekannt.
2.5	Empfang von Anzeigen nach § 9 Satz 1 Nr. 1 EEWärmeG und Erteilung von Befreiungen nach § 9 Satz 1 Nr. 2 EEWärmeG Nicht bekannt.
3	Ausweitung der Nutzungspflicht auf den Gebäudebestand
	Nicht bekannt.
4	Sonstiges

BREMEN	
1	Stand der Implementierung
	Am 29.12.2010 trat die Verordnung zur Durchführung der Energieeinsparverordnung und des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes im Land Bremen (EnEV/EEWärmeGV) in Kraft. (http://bremen.beck.de/default.aspx?bcid=Y-100-G-BrEnEV_EEWaermeGV)
2	Regelungen zum Gesetzesvollzug
2.1	Zuständige Behörden nach § 12 EEWärmeG und Fachaufsicht
	Zuständig in Bremen ist die Behörde des Senators für Umwelt, Bau und Verkehr. Große Teile der Aufgaben des Vollzugs werden in die Verantwortung von anerkannten Sachverständigen (bei kleinen Gebäuden alternativ Sachkundigen) gelegt. Dabei handelt es sich um anerkannte Sachverständige für energiesparendes Bauen. Die Zulassung der Sachverständigen läuft über die Ingenieurkammer. Dafür wurde ein Prüfungsausschuss unter Vorsitz eines Vertreters des Senators für Umwelt, Bau und Verkehr gebildet. Die Kontrolle der Sachverständigen erfolgt ebenfalls durch die Behörde des Senators für Umwelt, Bau und Verkehr. Diese kann einem Prüfsachverständigen die Anerkennung auch wieder entziehen, sollten ihm grobe Verstöße gegen die ihm auferlegten Pflichten nachgewiesen werden.
2.2	Prüfung der Nachweise nach § 10 EEWärmeG
	Die Nachweisführung nach § 10 EEWärmeG findet in enger Verzahnung mit den Vollzugsprozessen der EnEV statt. Der Bauherr hat dem Sachverständigen (bei kleinen Gebäuden alternativ einem Sachkundigen) die im Rahmen der EnEV und des EEWärmeG zu erbringenden Nachweise vor Errichtung des Gebäudes vorzulegen. Bei Solarthermie wird auf eine Vorlage des Zertifikats Solar Keymark verzichtet. Die Pflichterfüllung des EEWärmeG wird durch den Sachverständigen bzw. Sachkundigen geprüft und bescheinigt. Der gleiche Sachverständige bzw. Sachkundige ist ebenfalls zuständig für die Bestätigung der Konformität eines Neubauvorhabens mit den Bestimmungen der EnEV.
2.3	Nachweisbögen
	Standardisierte Vordrucke für die Nachweisführung sind in Bremen nicht vorgesehen.
2.4	Stichprobenkontrollen nach § 11 Abs. 1 EEWärmeG
	Der Bauherr hat vor Baubeginn einen Sachverständigen (bei kleinen Gebäuden alternativ einen Sachkundigen) u.a. mit der stichprobenhaften Überwachung der Bauausführung im Hinblick auf die Einhaltung der Anforderung nach der EnEV und dem EEWärmeG zu beauftragen. Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr überprüft wiederum in geeigneten Stichproben die Richtigkeit der Nachweise sowie der Ausführung der baulichen Anlagen. Vorgesehen ist eine Prüfung jedes 20. Neubauvorhabens, für das sich aus der EnEV und dem EEWärmeG Vorgaben ergeben. Als Grundlage für die Ermittlung der Stichproben dienen Listen mit den aktuellen Baugenehmigungen, die monatlich durch die unteren Bauaufsichtsbehörden zur Verfügung gestellt werden. ⁹⁰ .
2.5	Empfang von Anzeigen nach § 9 Satz 1 Nr. 1 EEWärmeG und Erteilung von Befreiungen nach § 9 Satz 1 Nr. 2 EEWärmeG
	Im Falle des Vorliegens einer Ausnahme nach § 9 Nummer 1 des EEWärmeG hat der Bauherr dem EnEV-Nachweis eine Darlegung darüber beizufügen, aus welchen Gründen die Erfüllung

⁹⁰ Bericht der Verwaltung für die Sitzung der Deputation für Umwelt, Bau, Verkehr, Stadtentwicklung und Energie am 08. März 2012 Vollzug der Energieeinsparverordnung (EnEV) und des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG) im Land Bremen

	der Primärpflicht bzw. die Durchführung von Ersatzmaßnahmen nach EEWärmeG öffentlich-rechtlichen Vorschriften widersprechen oder im Einzelfall technisch unmöglich sind. Auch dieser Nachweis ist vor Errichtung des Gebäudes zu erbringen.
3	Ausweitung der Nutzungspflicht auf den Gebäudebestand
	In Diskussion, u.a. abhängig von laufender Kosten/Nutzen-Analyse
4	Sonstiges
	Nein

HAMBURG	
1	Stand der Implementierung
	Der Vollzug des EEWärmeG soll im Laufe des Jahres 2011 im Rahmen einer Senatsanordnung (Zuständigkeitsanordnung) geregelt werden. Ein Entwurf ist in Bearbeitung. Die Federführung liegt dabei bei der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt.
2	Bestehende und diskutierte Regelungen zum Gesetzesvollzug
2.1	Zuständige Behörden nach § 12 EEWärmeG und Fachaufsicht nicht bekannt
2.2	Prüfung der Nachweise nach § 10 EEWärmeG nicht bekannt
2.3	Nachweisbögen nicht bekannt
2.4	Stichprobenkontrollen nach § 11 Abs. 1 EEWärmeG nicht bekannt
2.5	Empfang von Anzeigen nach § 9 Satz 1 Nr. 1 EEWärmeG und Erteilung von Befreiungen nach § 9 Satz 1 Nr. 2 EEWärmeG nicht bekannt
3	Ausweitung der Nutzungspflicht auf den Gebäudebestand nicht bekannt
4	Sonstiges Nein

HESSEN

1	Stand der Implementierung
	<p>Der Vollzug wird geregelt über das Gesetz vom 25. November 2010 über die Förderung rationeller und umweltfreundlicher Energienutzung und die Durchführung des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes in Hessen (Hessisches Energiegesetz - HEG) vom 25.11.2010 (http://www.rv.hessenrecht.hessen.de/jportal/portal/t/1sf9/page/bshesprod.psml?pid=Dokumentanzeige&showdoccase=1&js_peid=Trefferliste&fromdoctodoc=yes&doc.id=jlr-EnGHErahmen&doc.part=X&doc.price=0.0&doc.hl=0)</p>
2	Regelungen zum Gesetzesvollzug
2.1	Zuständige Behörden nach § 12 EEWärmeG und Fachaufsicht
	<p>Zuständige Behörde ist in den kreisfreien Städten und in den kreisangehörigen Gemeinden, denen die Bauaufsicht übertragen ist, der Gemeindevorstand, in den Landkreisen der Kreisausschuss soweit nichts Abweichendes bestimmt ist. Sie bestimmen, welche Ämter mit den Vollzugsaufgaben betraut werden. In der Praxis wird die Aufgabe ganz überwiegend von den unteren Bauaufsichtsbehörden wahrgenommen. Die Vollzugsaufgabe wird ganz überwiegend von den unteren Bauaufsichtsbehörden wahrgenommen.</p> <p>Obere Aufsichtsbehörde sind die drei Regierungspräsidien in Kassel, Gießen und Darmstadt. Oberste Aufsichtsbehörde ist die für das Energierecht zuständige Ministerin oder der hierfür zuständige Minister (aktuell das Hessische Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz).</p>
2.2	Prüfung der Nachweise nach § 10 EEWärmeG
	<p>Die Nachweise sind den zuständigen Behörden zuzuleiten. Für die Verfolgung und Ahndung von Verstößen gegen das Gesetz sind ebenfalls die Behörden auf lokaler Ebene zuständig.</p>
2.3	Nachweisbögen
	<p>Nicht vorgesehen; das zuständige Ministerium stellt allerdings ein Merkblatt bereit, in dem die verschiedenen Erfüllungsoptionen des EEWärmeG näher erläutert werden (http://www.energieland.hessen.de/mm/Merkblatt_zum_Vollzug_EEWaermeG_Allgemeines_NEU_71KB.pdf).</p>
2.4	Stichprobenkontrollen nach § 11 Abs. 1 EEWärmeG
	<p>Zuständig für die Durchführung der Stichproben sind die Regierungspräsidien. Dabei können sie sachkundige Stellen, die nicht Teil der Verwaltung sein müssen, mit unterstützenden Arbeiten beauftragen. Grundlage für die Auswahl einer für Hessen repräsentativen Stichprobe mit der erforderlichen bautechnischen und regionalen Streuung ist die statistische Dokumentation der eingehenden Nachweise, Anzeigen und Anträge nach dem EEWärmeG, die von den zuständigen Behörden auf der Ebene der Kommunen und Landkreise geführt wird. Stichproben werden erstmals 2012 erhoben. Sie sollen durch externe Gutachter vorgenommen und bei den Regierungspräsidien ausgewertet werden.</p>

2.5	Empfang von Anzeigen nach § 9 Satz 1 Nr. 1 EEWärmeG und Erteilung von Befreiungen nach § 9 Satz 1 Nr. 2 EEWärmeG
	Für die Erteilung einer Befreiung von der Nutzungspflicht nach § 9 Satz 1 Nr. 2 EEWärmeG sind die Regierungspräsidien zuständig.
3	Ausweitung der Nutzungspflicht auf den Gebäudebestand
	Nicht vorgesehen
4	Sonstiges

MECKLENBURG-VORPOMMERN

1	Stand der Implementierung
	Die Durchführung des Vollzugs regelt die Landesverordnung zur Bestimmung der zuständigen Behörden zur Ausführung von Bundesrecht auf dem Gebiet des Klimaschutzes (KlimaschutzZuLVO M-V) vom 24. März 2011 (http://mv.juris.de/mv/KlimaSchZustV_MV_rahmen.htm).
2	Bestehende und diskutierte Regelungen zum Gesetzesvollzug
2.1	Zuständige Behörden nach § 12 EEWärmeG und Fachaufsicht
	<p>Zuständige Behörden für die Durchführung des EEWärmeG sind die Landräte der Landkreise und die Oberbürgermeister der kreisfreien Städte. Diese wiederum müssen geeignete Kommunalbehörden mit den operativen Vollzugsaufgaben betrauen. Aus Kompetenzgründen kann damit gerechnet werden, dass in der Mehrzahl der Fälle die Wahl auf die unteren Bauaufsichtsbehörden fallen wird.</p> <p>Bei Vorhaben des Bundes und des Landes, bei denen nach der Landesbauordnung Mecklenburg-Vorpommern ein Zustimmungsverfahren durchzuführen oder ein Zustimmungsverfahren nicht erforderlich ist, führt die für das Vorhaben zuständige Baudienststelle des Bundes oder des Landes den Vollzug des EEWärmeG in eigener Zuständigkeit durch.</p> <p>Die oberste Fachaufsicht liegt beim Ministerium für Energie, Infrastruktur und Landesentwicklung.</p>
2.2	Prüfung der Nachweise nach § 10 EEWärmeG
	Empfänger der Nachweise nach § 10 EEWärmeG sind die Behörden, die von den Landkreisen und kreisfreien Städten mit dem Vollzug betraut werden. Weitere Details der Nachweisführung sind bislang nicht bekannt.
2.3	Nachweisbögen
	Die Zurverfügungstellung standardisierter Nachweisbögen (nach dem Vorbild der Bögen in Baden-Württemberg) ist nicht angedacht.
2.4	Stichprobenkontrollen nach § 11 Abs. 1 EEWärmeG
	Im Rahmen der Zuständigkeitsverordnung werden den zuständigen Stellen keine Mindestvorgaben für die Stichprobenkontrollen nach § 11 Abs. 1 gemacht.
2.5	Empfang von Anzeigen nach § 9 Satz 1 Nr. 1 EEWärmeG und Erteilung von Befreiungen nach § 9 Satz 1 Nr. 2 EEWärmeG
	Die Entgegennahme von Anzeigen nach § 9 Satz 1 Nr. 1 EEWärmeG (Nachweis, dass allen Pflichterfüllungsoptionen entweder andere öffentlich-rechtliche Pflichten entgegenstehen oder eine Realisierung technisch nicht möglich ist) sowie die Bewilligung von Ausnahmen nach § 9 Satz 1 Nr. 2 EEWärmeG (unangemessener Aufwand) werden voraussichtlich wie der übrige Vollzug in der Verantwortung der Landkreise und kreisfreien Städte liegen. Hierzu gibt es allerdings noch keine Festlegung.

3	Ausweitung der Nutzungspflicht auf den Gebäudebestand
	Nicht vorgesehen
4	Sonstiges

NIEDERSACHSEN

1	Stand der Implementierung
	<p>Den Vollzug des EEWärmeG regelt die Verordnung über Zuständigkeiten auf den Gebieten des Arbeitsschutz-, Immissionsschutz-, Sprengstoff-, Gentechnik- und Strahlenschutzrechts sowie in anderen Rechtsgebieten (ZustVO-Umwelt-Arbeitsschutz). Die Verordnung wurde am 27.10.2009 erlassen. Die Regelungen für das EEWärmeG finden sich in der Anlage des Gesetzes, dort in Ziffer 11.7.</p> <p>(http://www.nds-voris.de/jportal/?quelle=jlink&query=Umw%2FArbSchZustV+ND+%C2%A7+3&psml=bsvorisprod.psml&max=true)</p>
2	Regelungen zum Gesetzesvollzug
2.1	Zuständige Behörden nach § 12 EEWärmeG und Fachaufsicht
	<p>Zuständig für den Vollzug des EEWärmeG sind die Landkreise, kreisfreien Städte, großen selbstständigen Städte und andere gemeinden, denen die Aufgaben der unteren Bauaufsichtsbehörden obliegen. Oberste Fachaufsicht hat das Ministerium für Soziales, Frauen, Familie, Gesundheit und Integration.</p> <p>Für Gebäude des Bundes oder des Landes liegt die Vollzugszuständigkeit beim Finanzministerium.</p>
2.2	Prüfung der Nachweise nach § 10 EEWärmeG
	<p>Für die Entgegennahme der Nachweise nach § 10 EEWärmeG sowie deren Kontrolle sind die unteren Bauaufsichtsbehörden zuständig. Darüber hinaus gehende Bestimmungen gibt es nicht.</p>
2.3	Nachweisbögen
	<p>Die Nachweise nach § 10 EEWärmeG können formlos eingereicht werden, es ist nicht geplant, standardisierte Nachweisbögen zu Verfügung zu stellen.</p>
2.4	Stichprobenkontrollen nach § 11 Abs. 1 EEWärmeG
	<p>Die Stichprobenkontrollen nach § 11 Abs. 1 EEWärmeG liegen in der Verantwortung der unteren Bauaufsichtsbehörden. Die Stichprobengröße liegt dabei im Ermessen der Behörde, sie sollte sich dabei an der in der Begründung des EEWärmeG angeführten Stichprobengröße von 1-2 % orientieren. Eine rechtliche Festlegung auf diesen Wert gibt es allerdings nicht.</p> <p>Bei Gebäuden des Bundes oder des Landes ist das Finanzministerium verantwortlich für die Stichprobenkontrollen.</p>

2.5	Empfang von Anzeigen nach § 9 Satz 1 Nr. 1 EEWärmeG und Erteilung von Befreiungen nach § 9 Satz 1 Nr. 2 EEWärmeG
	Die Entgegennahme von Anzeigen nach § 9 Satz 1 Nr. 1 EEWärmeG (Nachweis, dass allen Pflichterfüllungsoptionen entweder andere öffentlich-rechtliche Pflichten entgegenstehen oder eine Realisierung technisch nicht möglich ist) sowie von Anträge auf die Befreiung von der Nutzungspflicht nach § 9 Satz 1 Nr. 2 EEWärmeG (unangemessener Aufwand) erhalten die unteren Bauaufsichtsbehörden. Für die Bewilligung von Ausnahmen nach § 9 Satz 1 Nr. 2 EEWärmeG ist nicht bekannt, ob dabei einheitliche Auslegungskriterien (z.B. ab welcher Grenze kann die Investition in einen EE-Wärmeerzeuger bzw. Ersatzmaßnahme als unangemessener Aufwand eingestuft werden) zugrunde gelegt werden. Bei Gebäuden des Bundes oder des Landes liegt die Zuständigkeit beim Finanzministerium.
3	Ausweitung der Nutzungspflicht auf den Gebäudebestand
	Nicht vorgesehen
4	Sonstiges

NORDRHEIN-WESTFALEN

1	Stand der Implementierung
	<p>Den Vollzug des EEWärmeG regelt das Gesetz zur Durchführung des Bundesgesetzes zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich in Nordrhein-Westfalen (EEWärmeG-DG NRW) . Das Gesetz trat am 17.12.2009 in Kraft.</p> <p>(https://recht.nrw.de/lmi/owa/br_vbl_detail_text?anw_nr=6&vd_id=11860&ver=8&val=11860&menu=1&vd_back=N)</p>
2	Regelungen zum Gesetzesvollzug
2.1	<p>Zuständige Behörden nach § 12 EEWärmeG und Fachaufsicht</p> <p>Mit Berufung auf die Abweichungskompetenz der Bundesländer (Art. 84 Abs. 1 Satz 2 GG) weichen die Vollzugsregelungen des EEWärmeG-DG NRW von einigen Bestimmungen des EEWärmeG ab. Die Überprüfung der Erfüllung der Pflichten nach § 3 Abs. 1 EEWärmeG und der Nachweise nach § 10 Abs. 3 EEWärmeG soll vorrangig durch Sachkundige vorgenommen werden.</p> <p>Einige Vollzugsaufgaben (u.a. Verfolgung und Ahndung von Ordnungswidrigkeiten nach § 17 EEWärmeG) verbleiben bei den zuständigen Behörden. Dabei handelt es sich um die kreisfreien Städte, die Großen und die Mittleren kreisangehörigen Städte (im Sinne des § 4 Gemeindeordnung für das Land Nordrhein-Westfalen) und die Kreise für die übrigen kreisangehörigen Gemeinden. Diese wiederum entscheiden, welche Behörden mit diesen Vollzugsaufgaben betraut werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass es sich dabei in der Mehrheit der Fälle um die unteren Bauaufsichtsbehörden handeln wird.</p> <p>Die oberste Fachaufsicht obliegt dem Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Energie.</p>
2.2	<p>Prüfung der Nachweise nach § 10 EEWärmeG</p> <p>Die Verpflichteten haben die Nachweise nach § 10 Abs. 3 EEWärmeG durch einen Sachkundigen auf ihre Richtigkeit überprüfen und die Erfüllung der Pflicht nach § 3 Abs. 1 EEWärmeG formlos bestätigen zu lassen. Im Falle der Pflichterfüllung durch Solarthermie muss der Bauherr sich seitens eines Sachverständigen bestätigen lassen, dass zum einen der Kollektor das Prüfzeichen „Solar Keymark“ aufweist, zum anderen, dass der geforderte Mindestanteil an EE-Wärme (bezogen auf den Wärmeenergiebedarf des betroffenen Gebäudes) erzeugt wird. Im Falle von Biogas muss der Sachverständige prüfen, ob ein Nachweis (z.B. seitens eines anderen Sachkundigen, des Anlagenherstellers oder Anlageninstallateurs) vorliegt, dass es sich um eine KWK-Anlage handelt, und dass eine Bescheinigung des Brennstofflieferanten vorliegt, aus dem die Erfüllung der Bedingungen nach Anlage Nr. II, 2b (z.B. Vorgaben für maximal zulässigen Methanschluß) hervorgeht. Bei Wärmepumpen prüft der Sachverständige die Richtigkeit der Nachweise nach Anlage Nr. III, die wiederum von einem anderen Sachverständigen ausgestellt werden müssen.</p> <p>Die Überprüfung der Nachweise durch Sachkundige ersetzt dabei die Überprüfung durch die zuständige Behörde. Sie muss spätestens drei Monate nach Inbetriebnahme der Heizungsanlage vorgenommen werden. Die überprüften Nachweise und Bestätigungsvermerke verbleiben beim Bauherren und müssen auf Verlangen der zuständigen Behörde vorgelegt werden.</p> <p>Die Brennstoffnachweise beim Einsatz von flüssiger und gasförmiger Biomasse (§ 10 Abs. 2 EEWärmeG) müssen bei den zuständigen Behörden eingereicht werden.</p>
2.3	<p>Nachweisbögen</p> <p>Bisher keine konkreten Regelungen bekannt.</p>
2.4	<p>Stichprobenkontrollen nach § 11 Abs. 1 EEWärmeG</p>

	Die Überprüfung der Nachweise durch Sachkundige ersetzt die Stichprobenkontrollen, die gem. § 11 Abs. 1 von den zuständigen Behörden durchgeführt werden sollen. Die stichprobenhafte Kontrolle der Anzeigen nach § 10 Abs. 4 (Ausnahme wegen des Widerspruchs mit anderen öffentlich-rechtlichen Vorschriften oder technischer Unmöglichkeit) liegt im Verantwortungsbereich der zuständigen Behörden.
2.5	Empfang von Anzeigen nach § 9 Satz 1 Nr. 1 EEWärmeG und Erteilung von Befreiungen nach § 9 Satz 1 Nr. 2 EEWärmeG Macht ein Bauherr nach § 9 Abs. 1 EEWärmeG geltend, dass aufgrund anderer öffentlich-rechtlicher Pflichten bzw. technischer Unmöglichkeit keine der Pflichterfüllungsoptionen des EEWärmeG realisierbar ist, ist die entsprechende Anzeige der zuständigen Behörde vorzulegen. Die Erteilung von Ausnahmen nach § 9 Satz 1 Nr. 2 EEWärmeG (Ausnahme wegen eines unangemessenen Aufwands) obliegt den zuständigen Behörden.
3	Ausweitung der Nutzungspflicht auf den Gebäudebestand Wird geprüft (vgl. Koalitionsvertrag von SPD NRW – Bündnis 90/Die Grünen NRW 2012-2017)
4	Sonstiges Die Landesregierung berichtet dem Landtag bis zum 31. Dezember 2014 und danach alle fünf Jahre über die Erfahrungen mit dem EEWärmeG-DG.

RHEINLAND-PFALZ	
1	Stand der Implementierung
	Es existiert ein erster Entwurf einer Landesverordnung, mittels derer sowohl der Vollzug des EEWärmeG, der EnEV wie auch des EBPG geregelt werden soll.
2	Bestehende und diskutierte Regelungen zum Gesetzesvollzug
2.1	Zuständige Behörden nach § 12 EEWärmeG und Fachaufsicht
	Nach dem Verordnungsentwurf soll die Zuständigkeit für den Vollzug des EEWärmeG (und ebenso für die EnEV) bei <ul style="list-style-type: none"> • den Stadtverwaltungen der kreisfreien und großen kreisangehörigen Städte, • den Verbandsgemeindeverwaltungen und den Verwaltungen der verbandsfreien Gemeinden, soweit Gebäude betroffen sind, für die ihnen die Aufgaben der unteren Bauaufsichtsbehörde übertragen sind, • im Übrigen bei den Kreisverwaltungen liegen. Die oberste Fachaufsicht läge beim Ministerium für Wirtschaft, Klimaschutz, Energie und Landesplanung.
2.2	Prüfung der Nachweise nach § 10 EEWärmeG
	Die Prüfung der gem. § 10 EEWärmeG zu erbringenden Nachweise soll bei den zuständigen Behörden liegen. Noch nicht geklärt ist der Verbleib der Nachweise (beim Bauherren oder der zuständigen Behörde).
2.3	Nachweisbögen
	Es ist bisher nicht vorgesehen, standardisierte Nachweisbögen zur Verfügung zu stellen, den Behörden steht es frei, eigene Nachweisbögen zu entwickeln.
2.4	Stichprobenkontrollen nach § 11 Abs. 1 EEWärmeG
	Die Ausgestaltung von Regelungen zum Stichproben-Verfahren nach § 11 Abs. 1 EEWärmeG ist derzeit noch in der Diskussion.
2.5	Empfang von Anzeigen nach § 9 Satz 1 Nr. 1 EEWärmeG und Erteilung von Befreiungen nach § 9 Satz 1 Nr. 2 EEWärmeG
	Die Entgegennahme von Anzeigen nach § 9 Satz 1 Nr. 1 EEWärmeG (Nachweis, dass allen Pflichterfüllungsoptionen entweder andere öffentlich-rechtliche Pflichten entgegenstehen oder eine Realisierung technisch nicht möglich ist) sowie die Entscheidung über Anträgen auf die Befreiung von der Nutzungspflicht nach § 9 Satz 1 Nr. 2 EEWärmeG (unangemessener Aufwand) sollen voraussichtlich im Verantwortungsbereich des Ministeriums für Wirtschaft, Klimaschutz, Energie und Landesplanung liegen.
3	Ausweitung der Nutzungspflicht auf den Gebäudebestand
	In Diskussion
4	Sonstiges

SAARLAND	
1	Stand der Implementierung
	Den Vollzug des EEWärmeG regelt das Gesetz über Zuständigkeiten nach der EnEV und dem EEWärmeG (ZuG-EnEV-EEWärmeG). Das Gesetz ist seit 14.08.2009 in Kraft.
2	Regelungen zum Gesetzesvollzug
2.1	Zuständige Behörden nach § 12 EEWärmeG und Fachaufsicht
	Zuständige Behörden im Sinne von § 12 EEWärmeG sind die unteren Bauaufsichtsbehörden. Die oberste Fachaufsicht liegt beim Ministerium für Inneres und Sport.
2.2	Prüfung der Nachweise nach § 10 EEWärmeG
	Die Nachweisführung erfolgt gegenüber der zuständigen Behörde. Anm.: Im Zuge der Novellierung der Bauvorschriftenverordnung für das Saarland wurde der Nachweis der Nutzung erneuerbarer Energien aufgenommen. Angaben zur Nutzung erneuerbarer Energien müssen im Lageplan, in den Bauzeichnungen und in der Bau- und Nutzungsbeschreibung eingetragen sein. Somit ist auch für die erneuerbaren Energien die Planungsabsicht des Bauherrn bekundet und kann damit vorab geprüft werden.
2.3	Nachweisbögen
	Formulare zur Nachweisführung wurden in Anlehnung an die Formulare des Landes Baden-Württemberg entwickelt (http://www.saarland.de/75320.htm). Die Formulare sind jedoch nicht verpflichtend.
2.4	Stichprobenkontrollen nach § 11 Abs. 1 EEWärmeG
	Die Zuständigkeit für die Stichprobenkontrolle liegt bei den unteren Bauaufsichtsbehörden. Es wird angenommen, dass aufgrund der sehr dünnen Personaldecke in den Bauämtern nur eine sehr kleine Stichprobengröße genommen wird.
2.5	Empfang von Anzeigen nach § 9 Satz 1 Nr. 1 EEWärmeG und Erteilung von Befreiungen nach § 9 Satz 1 Nr. 2 EEWärmeG
	nicht bekannt.
3	Ausweitung der Nutzungspflicht auf den Gebäudebestand
	Derzeit nicht vorgesehen
4	Sonstiges

SACHSEN	
1	Stand der Implementierung
	Das Sächsische Ausführungsgesetz zum Recht der Erneuerbaren Energien (SächsAGEE) befindet sich noch im Gesetzgebungsverfahren
2	Bestehende und diskutierte Regelungen zum Gesetzesvollzug
2.1	Zuständige Behörden nach § 12 EEWärmeG und Fachaufsicht
	Für das EEWärmeG liegt die Zuständigkeit seit dem 1. November 2009 beim Sächsischen Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr (SMWA).
2.2	Prüfung der Nachweise nach § 10 EEWärmeG
	Empfang und Prüfung der Nachweise soll bei den Landkreisen und kreisfreien Städte liegen.
2.3	Nachweisbögen
	nicht geplant
2.4	Stichprobenkontrollen nach § 11 Abs. 1 EEWärmeG
	Bisher keine Regelungen getroffen. Eine Stichprobengröße von 1-2% wird für ausreichend erachtet.
2.5	Empfang von Anzeigen nach § 9 Satz 1 Nr. 1 EEWärmeG und Erteilung von Befreiungen nach § 9 Satz 1 Nr. 2 EEWärmeG
	Landkreise und kreisfreie Städte
3	Ausweitung der Nutzungspflicht auf den Gebäudebestand
	Nicht vorgesehen
4	Sonstiges

SACHSEN-ANHALT	
1	Stand der Implementierung
	Entwurfassung eines Ausführungsgesetz Durchführungsregelung liegt vor. Das Gesetz wie auch die entsprechende Durchführungsverordnung sollen am 01.02.2013 in Kraft treten.
2	Bestehende und diskutierte Regelungen zum Gesetzesvollzug
2.1	Zuständige Behörden nach § 12 EEWärmeG und Fachaufsicht
	Nach Beschluss der Landesregierung vom 07.09.2010 ist beabsichtigt, den Vollzug des EEWärmeG durch Landesgesetz auf die Landkreise, kreisfreien Städte und die Gemeinden zu übertragen, denen die Aufgabe einer unteren Baurechtsbehörde zugewiesen ist. Die oberste Fachaufsicht wird auf das Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt übertragen..
2.2	Prüfung der Nachweise nach § 10 EEWärmeG
	Die Prüfung der Nachweise soll durch die zuständigen Behörden erfolgen.
2.3	Nachweisbögen
	Die Bereitstellung von verpflichtenden Formblättern für die Nachweisführung wird gegenwärtig geprüft.
2.4	Stichprobenkontrollen nach § 11 Abs. 1 EEWärmeG
	Spezielle Vorgaben für die Stichprobenkontrollen sind derzeit nicht vorgesehen.
2.5	Empfang von Anzeigen nach § 9 Satz 1 Nr. 1 EEWärmeG und Erteilung von Befreiungen nach § 9 Satz 1 Nr. 2 EEWärmeG
	Kommunale Gebietskörperschaften, auf die der Vollzug übertragen wird.
3	Ausweitung der Nutzungspflicht auf den Gebäudebestand
	Nicht vorgesehen
4	Sonstiges

SCHLESWIG-HOLSTEIN	
1	Stand der Implementierung
	In Vorbereitung
2	Bestehende und diskutierte Regelungen zum Gesetzesvollzug
2.1	Zuständige Behörden nach § 12 EEWärmeG und Fachaufsicht
	Nicht bekannt
2.2	Prüfung der Nachweise nach § 10 EEWärmeG
	Nicht bekannt
2.3	Nachweisbögen
	Nicht bekannt
2.4	Stichprobenkontrollen nach § 11 Abs. 1 EEWärmeG
	Nicht bekannt
2.5	Empfang von Anzeigen nach § 9 Satz 1 Nr. 1 EEWärmeG und Erteilung von Befreiungen nach § 9 Satz 1 Nr. 2 EEWärmeG
	Nicht bekannt
3	Ausweitung der Nutzungspflicht auf den Gebäudebestand
	Nicht vorgesehen
4	Sonstiges

THÜRINGEN

1	Stand der Implementierung
	Der Vollzug des EEWärmeG soll in Form einer Durchführungsverordnung geregelt werden. Ein Kabinettsentwurf der Thüringer Verordnung zur Übertragung von Zuständigkeiten nach dem Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare Energien-Wärmegesetz - EEWärmeG) ist derzeit in der rechtsförmlichen Prüfung.
2	Bestehende und diskutierte Regelungen zum Gesetzesvollzug
2.1	Zuständige Behörden nach § 12 EEWärmeG und Fachaufsicht Zuständige Behörden im Sinne von § 12 EEWärmeG sind die Landkreise und kreisfreien Städte. Diese wären verantwortlich für die Bearbeitung von Anträgen auf Befreiung von der Nutzungspflicht, die Prüfung der erforderlichen Nachweise, die stichprobenweise Prüfung der Einhaltung der Nutzungspflichten sowie die Verfolgung und Ahndung von Ordnungswidrigkeiten. Es ist davon auszugehen, dass diese in der Mehrzahl der Fälle die unteren Bauaufsichtsbehörden mit den Vollzugsaufgaben betrauen. Die oberste Fachaufsicht liegt beim Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Technologie und Arbeit.
2.2	Prüfung der Nachweise nach § 10 EEWärmeG Bauherren müssen die gem. § 10 EEWärmeG zu erbringenden Nachweise den zuständigen Behörden vorlegen, welche dort geprüft werden. Weitere Detailregelungen sind nicht vorgesehen. Unklar bleibt, ob die Nachweise bei den Behörden verbleiben oder an die Bauherren zurückgehen.
2.3	Nachweisbögen Zur Unterstützung und Hilfestellung der Bauämter und Bauherren wurden für den Vollzug gemäß §§ 10 und 11 Mustervordrucke im Thüringer FormulareService unter http://www.portal.thueringen.de/portal/page/portal/Serviceportal/FormulareService veröffentlicht. Die Bögen sind nicht verpflichtend.
2.4	Stichprobenkontrollen nach § 11 Abs. 1 EEWärmeG Verantwortlich sind die zuständigen Behörden, weitere Regelungsvorschläge sind nicht bekannt.
2.5	Empfang von Anzeigen nach § 9 Satz 1 Nr. 1 EEWärmeG und Erteilung von Befreiungen nach § 9 Satz 1 Nr. 2 EEWärmeG Die Entgegennahme von Anzeigen nach § 9 Satz 1 Nr. 1 EEWärmeG (Nachweis, dass allen Pflichterfüllungsoptionen entweder andere öffentlich-rechtliche Pflichten entgegenstehen oder eine Realisierung technisch nicht möglich ist) sowie die Entgegennahme und Bewilligung von Anträgen auf die Befreiung von der Nutzungspflicht nach § 9 Satz 1 Nr. 2 EEWärmeG (unangemessener Aufwand) soll im Verantwortungsbereich der zuständigen Behörden liegen. Detailregelungen zu Auslegungsmaßstäben (z.B. ab welcher Grenze kann die Investition in einen EE-Wärmeerzeuger bzw. Ersatzmaßnahme als unangemessener Aufwand eingestuft werden), sind nicht bekannt.

3	Ausweitung der Nutzungspflicht auf den Gebäudebestand
	Derzeit in Diskussion
4	Sonstiges
	Zum Ausgleich der den einzelnen Landkreisen und kreisfreien Städten tatsächlich entstandenen Mehraufwendungen ist vorgesehen, dass die Kreise und kreisfreien Städte für die Jahre 2009 und 2010 eine pauschale Vergütung in Höhe von 350 EUR für jede durchgeführte Stichprobe erhalten und den daraus resultierenden Gesamtbetrag jeweils am Jahresende mit dem Thüringer Ministerium für Wirtschaft Technologie und Arbeit abrechnen. Ab dem Jahr 2012 wird die Erstattung der mit der Aufgabenübertragung verbundenen angemessenen Kosten an die Landkreise und kreisfreien Städte über die Auftragskostenpauschale nach dem Thüringer Finanzausgleichsgesetz vorgenommen.

11.6 Zu Kapitel 10

Tabelle 50: Typische Energiekennwerte unterschiedlicher Gebäudetypen⁹¹
[eigene Darstellung]

Offizielle Bezeichnung	Zeitraum	Nutzenergie (nur Raumheizwärmebedarf = HT' bzw. Ü)	Nutzenergie (Raumheizung + WW)	Endenergie (Raumheizung + WW)	Primärenergie (Raumheizung + WW)
EnEV2009 -15%		39	51		60
KfW EH 55 (EnEV 2007)	1.4.2009 - 30.12.2009	35	47	50	55
KfW Energiesparhaus 60	2001- 31.3.2009	37	49	55	60
KfW Energiesparhaus 40	2001- 31.3.2009	22	34	36	40
EnEV 2009 Neubau Niveau	Seit 1.10.2009	48	60	65	70
KfW EH 70 (EnEV 2009)	Seit 1.10.2009	39	51	55	49
KfW EH 55 (EnEV 2009)	Seit 1.7.2010	30	42	45	39
KfW EH 40 (EnEV 2009)	Seit 1.7.2010	21	33	35	28
Passivhaus	Statistiken seit 1999	15	28	30	25

⁹¹ Die dargestellten Werte geben den Energiebedarf in kWh/ m²_{Wohnfläche} und Jahr an

12. Referenzen

- Adnot, J., Rivière, P., Marchio, D., Holstrom, M., Naeslund, J., Saba, J., Becirspahic, S., Lopes, C., Böanco, I., Perez-Lombard, L., Ortiz, J., Papakonstantinou, N., und Doukas, P. (2003a): Energy efficiency and certification of central air conditioners (EECCAC). Study for the D.G. Transportation-Energy (DGTREN) of the Commission of the E.U. - Volume 1, Armines. [online]
<http://www.cenerg.ensmp.fr/english/themes/mde/pdf/EECCACfinalvol1.pdf>
abgerufen am 25.03.2010.
- Adnot, J., Rivière, P., Marchio, D., Holstrom, M., Naeslund, J., Saba, J., Becirspahic, S., Lopes, C., Böanco, I., Perez-Lombard, L., Ortiz, J., Papakonstantinou, N., und Doukas, P. (2003b): Energy efficiency and certification of central air conditioners (EECCAC). Study for the D.G. Transportation-Energy (DGTREN) of the Commission of the E.U. - Volume 2, Armines. [online]
<http://www.cenerg.ensmp.fr/english/themes/mde/pdf/EECCACfinalvol2.pdf>
abgerufen am 25.03.2010.
- AEE 2010. Agentur für erneuerbare Energien (Hrsg.). TNS Emnid Umfrage zum EEWärmeG unter 500 Bauunternehmen, Planungs- und Architekturbüros.
http://www.unendlich-viel-energie.de/uploads/media/Tabellenband_tns_emnid__EE-Waermegesetz_01.pdf
- AG Energiebilanzen e.V. (Hrsg.) (1999): Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1999. [online]
<http://www.ag-energiebilanzen.de/viewpage.php?idpage=63>
abgerufen am 24.04.2010.
- AGEB 2010a. Heizenergie in neuen Wohnungen 2009. AG Energiebilanzen e.V.
<http://www.ag-energiebilanzen.de/viewpage.php?idpage=118>.
Stand: Februar 2010.
- AGEB 2010b. Zeitreihen zur Entwicklung der Erneuerbaren Energien in Deutschland. Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare-Energien. Excel-Tabellen. Berlin.
- AGEB 2010c. Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2009. AG Energiebilanzen e.V.
Stand: März 2010.
- AGEE 2010. Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik. Aktuelle Zahlen.

<http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/39882/>

AGEE 2012. Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik. Grafiken und Tabellen mit Daten zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2011; Stand Dezember 2012.

http://www.erneuerbare-energien.de/fileadmin/ee-import/files/pdfs/allgemein/application/mspowerpoint/20130110_EEiZIU_D_PT_2011_FIN.ppt

AGEE 2012a. Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik. Erneuerbare Energien in Zahlen 2011; Stand August 2012.

http://www.erneuerbare-energien.de/fileadmin/ee-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/broschuere_ee_zahlen_bf.pdf

AGFW 2011: Fernwärme-Preisübersicht des Energieeffizienzverbands für Wärme, Kälte und KWK e. V. (AGFW) mit Stichtag 01.10.2011

AGFW 2010: Evaluierung der KfW-Förderung für Erneuerbare Energien im Inland in 2009 - Gutachten im Auftrag der KfW; Stuttgart, August 2010

de Almeida, A. T., Ferreira, F. J. T. E., Fong, J., und Fonseca, P. (2008): EUP Lot 11 Motors. [online]

http://www.ecomotors.org/files/Lot11_Motors_1-8_280408_final.pdf
abgerufen am 28.05.2010.

Altena, H. (1986): Verbesserung des Grubenklimas durch Kälteerzeugungsanlagen über- und untertage (Forschungsbericht des BMFT HA 86-024), Essen.

Arbeitsgemeinschaft Branchenenergiekonzept Papier (Hrsg.) (2008): Branchenleitfaden für die Papierindustrie. [online]

<http://www.branchenenergiekonzepte.de/pdf/Papierindustrie-Leitfaden-Energieeffizienz.pdf>
abgerufen am 10.04.2010.

Arbeitsgemeinschaft Branchenenergiekonzept Recycling NRW (Hrsg.) (2009): Leitfaden Energieeffizienz für die Recyclingindustrie. [online]

http://www.branchenenergiekonzepte.de/pdf/Leitfaden_Energieeffizienz_Recycling.pdf

ASHRAE (Hrsg.) (2006): 2006 ASHRAE Handbook - Refrigeration, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.

Abrecht, Stefan, Christiane Kettner, and Rolf Meißner. 2008. "Kollektorvergleiche - Wo sich Spreu und Weizen trennen." Heizungsjournal. Ausgabe 6. Juni 2008

ASUE 2009. Das KWK-Gesetz 2009. Grundlagen, Förderung, praktische Hinweise
<http://asue.de/cms/upload/inhalte/blockheizkraftwerke/broschuere/kwk-gesetze-2009.pdf>.
Stand: Mai 2010.

ASUE 2010. Die Strom erzeugende Heizung.
http://asue.de/cms/upload/inhalte/blockheizkraftwerke/broschuere/strom_erzeugende_heizung.pdf.
Stand: Mai 2010.

ASUE 2010b. Die Strom erzeugende Heizung – Status Quo und Technologieperspektiven, Vortrag von Thorsten Formanski bei den Berliner Energietagen.
http://www.berliner-energiesysteme.de/fileadmin/Redaktion/Berliner%20Energietage/2010/Vortraege/3.8_Formanski.pdf.
Stand: Mai 2010. Berlin.

ASUE. 2010c. "Strom erzeugende Heizung Geräteübersicht."
http://www.stromerzeugende-heizung.de/ger_te_bersicht/
Heruntergeladen Januar 2011. Stand Oktober 2010.

BAFA 2007. Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt.
www.bafa.de.
Stand: Mai 2010.

BAFA 2009a. Infoblatt - Förderung von effizienten Wärmepumpen im Marktanzreizprogramm. Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare-Energien.
www.bafa.de, Eschborn.

BAFA 2009b. Wärmepumpenauszahlungen 2008. Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle. Excel-Tabelle. Eschborn.

BAFA 2010a. Förderdaten Marktanzreizprogramm. Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA). Persönliche Mitteilung. Erhalten am 18.02.2010.

BAFA 2010b. Wärmepumpenauszahlungen 2009. Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle. Excel-Tabelle. Eschborn.

BAFA 2010c. Zuschuss für Mini-KWK-Anlagen. Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle. Aktuelle Informationen
http://www.bafa.de/htdocs/bafa/de/energie/kraft_waerme_kopplung/mini_kwk_anlagen.
Stand: Mai 2010.

BAFA 2012. Förderdaten Solaranlagen von 2010 bis 2011, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle. Persönliche Mitteilung. Erhalten am 12.09.2012

BAFA 2012a.Förderdaten KWK-Zulassungen bis 2012 und Impulsprogramm Mini-KWK bis 2009. Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle. Persönliche Mitteilung. Erhalten am 24.06.2010.

BAFA 2010e. Wagner, L., Persönliche Mitteilung. Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA). Eschborn.

BAFU 2006.Positionspapier: Feinstaub aus Holzfeuerungen des Bundesamtes für Umwelt, Schweiz

Baumann, D. (2004): Energiewirtschaftliche Bewertung der dezentralen Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung, Düsseldorf, VDI Verlag GmbH.

Baumgarth, S., Hörner, B., und Reeker, J. (Hrsg.) (2008): Handbuch der Klimatechnik, Heidelberg, C.F. Müller.

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) (Hrsg.) (1997): Anlagenbezogene CO₂-Minderungspotentiale in der Glasindustrie. [online]
http://www.lfu.bayern.de/luft/fachinformationen/co2_minderung/doc/leitfaden_glasindustrie.pdf abgerufen am 01.04.2010.

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) (Hrsg.) (2002a): CO₂-Minderung durch rationelle Energienutzung in der Kunststoffverarbeitenden Industrie. [online]
http://www.lfu.bayern.de/luft/fachinformationen/co2_minderung/doc/kunststoff.pdf abgerufen am 08.04.2010.

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) (Hrsg.) (2002b): CO₂-Minderung durch rationelle Energienutzung in der Maschinenbauindustrie. [online]
http://www.lfu.bayern.de/luft/fachinformationen/co2_minderung/doc/maschinenbau.pdf abgerufen am 07.04.2010.

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) (Hrsg.) (2000): CO₂-Minderungspotenziale durch rationelle Energienutzung in der Textilveredelungsindustrie. [online]
http://www.lfu.bayern.de/luft/fachinformationen/co2_minderung/doc/endbericht_textil.pdf

28.02.2013

abgerufen am 08.04.2010.

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) (Hrsg.) (2003): Effiziente Energienutzung in der Galvanikindustrie. [online]

http://www.lfu.bayern.de/luft/fachinformationen/co2_minderung/doc/leitfaden_galvanik.pdf

abgerufen am 08.04.2010.

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) (Hrsg.) (2006): Klima schützen - Kosten senken. Energieeinsparung in Lackierbetrieben. [online]

http://www.lfu.bayern.de/luft/fachinformationen/co2_minderung/doc/lackierung_langfassung.pdf

abgerufen am 08.04.2010.

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) (Hrsg.) (2002): Klimaschutz durch effiziente Energieverwendung in der Papierindustrie. [online]

http://www.lfu.bayern.de/luft/fachinformationen/co2_minderung/doc/papier.pdf

abgerufen am 10.04.2010.

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) (Hrsg.) (2009): Leitfaden für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe, Augsburg.

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) (Hrsg.) (2001): Minderung öko- und klimaschädigender Abgase aus industriellen Anlagen durch rationelle Energienutzung - Fleischverarbeitender Betrieb. [online]

http://www.lfu.bayern.de/luft/fachinformationen/co2_minderung/doc/fleischverarbeitung.pdf

abgerufen am 06.04.2010.

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) (2000): Minderung öko- und klimaschädigender Abgase aus industriellen Anlagen durch rationelle Energienutzung - Milchverarbeitender Betrieb. [online]

http://www.lfu.bayern.de/luft/fachinformationen/co2_minderung/doc/endbericht_molkerei.pdf

abgerufen am 07.04.2010.

BDEW 2008. Endenergieverbrauch in Deutschland 2007. Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. Berlin.

BDH 2005. Informationsblatt 25: Wärmepumpen. Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik BDH e.V. Köln.

- BDH 2008. BDH Bilanzpressekonferenz - Europa auf dem Weg zu Effizienz und der verstärkten Nutzung von Erneuerbaren Energien. Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V., Köln
http://www.bdh-koeln.de/html/index.php?site=7_20_418&lng=de
 Stand: Juni 2009.
- BDH 2009. Dittmar, C. Pressemitteilung des Bundesindustrieverbands Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik BDH e.V.
http://bdh-koeln.de/html/pdf/pdf_presse/100126-bdh-pm-jahres_pk.pdf
 Köln 2010.
- BDH 2010. Schätzung auf Basis einer Erhebung des Schornsteinfegerhandwerks für 2008, nicht messpflichtige Öl- und Gaskessel ausgenommen. Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik BDH e.V.
http://www.bdh-koeln.de/html/pdf/pdf_presse/100126_bdh-pm-folien_pk.pdf; Köln.
- BDH 2010b. Jahrespressekonferenz - Trends und Herausforderungen im Wärmemarkt. Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V., Köln
- BEE 2009. Wege in die moderne Energiewirtschaft - Ausbauprognose der Erneuerbare-Energien-Branche, Teil 2: Wärmeversorgung 2020
- Berliner Energieagentur GmbH (Hrsg.) (2008): Summerheat-Leitfaden (EU Summerheat Project). [online]
http://www.eu-summerheat.net/pdf_files/D6_16_SummerHeat_Guideline_final_de.pdf
 abgerufen am 11.04.2010.
- Bertoldi, P. und Atanasiu, B. (2009): Electricity Consumption and Efficiency Trends in European Union. Status Report 2009, Luxemburg, Office for Official Publications of the European Communities.
- BfE 2009. Eschmann, M. Monitoring von Kleinwärmepumpen mittels Normprüfung. Schlussbericht. Bundesamt für Energie (BfE). Bern (CH) 2010.
- BfE 2010. Eschmann, M. Persönliche Mitteilung [Email]. Bundesamt für Energie BfE, Testzentrum WPZ, Interstaatliche Hochschule für Technik. Buchs (CH) 2010.
- BfE 2012. Eschmann, M. Statistische Auswertung und Analysen von Kleinwärmepumpen. Schlussbericht. Bundesamt für Energie (BfE). Bern (CH) 2012.

- BHKW-Prinz.de 2010. Die Strom-Einspeisevergütung für Mini-BHKW,
<http://www.bhkw-prinz.de/die-strom-einspeisevergutung-fur-mini-bhkw/437>
- BINE 2002: Neue Anwendungen der Dampfstrahlkältemaschine; Bine Informationsdienst,
http://www.dampfstrahlkaelte.de/links/downloads/bine_informationsdienste.pdf
- BINE. 2006. Kraft und Wärme koppeln. BINE Informationsdienst,
http://www.bine.info/fileadmin/content/Publikationen/Basis_Energie/Basis_Energie_Nr._21/basis21internetx.pdf
- BINE. 2009. Blockheizkraftwerke. Ein Leitfaden für den Anwender. 7. vollständig überarbeitete Auflage. Autor: Wolfgang Suttor. BINE Informationsdienst. Berlin.
- BINE 2010. Das Prinzip Kraft-Wärme-Kopplung. BINE Informationsdienst.
<http://www.bine.info/hauptnavigation/themen/energieerzeugung/kraft-waerme-kopplung/publikation/kraft-und-waerme-koppeln/das-prinzip-kraft-waerme-kopplung/>
 Stand: Juli 2010.
- BINE Informationsdienst (Hrsg.) (2002): BINE projektinfo 10/02: Neue Anwendungen der Dampfstrahlkältemaschine. [online]
http://www.dampfstrahlkaelte.de/links/downloads/bine_informationsdienste.pdf
 abgerufen am 23.03.2010.
- Birnbaum, U., Bradke, H., Buerer, M., Cremer, C., Dederichs, T., Fleiter, T., Hake, J. F., Idrissova, F., Köwener, D., Kuckshinrichs, W., Kupitz, J., Linßen, J., Markewitz, P., Schittny, B., Schnettler, A., Toro, F., Vuillee, F., Vögele, S., und Wietschel, M. (2007): Trends und Szenarien zur Entwicklung von Energietechnologien. Studie im Auftrag der RWE AG (Abschlussbericht), Jülich/Karlsruhe, Forschungszentrum Jülich GmbH, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung.
- BIZ 2002. Broschüre Biomasseinfozentrum: Holzpellets: Energie, die nachwächst - no. 2
<http://www.holzpellets-boerse.de/pelletsbroschuere.pdf>.
- B.KWK 2005. Dezentrale Energieerzeugung in KWK. Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung e.V.
<http://www.bkww.de/bkww/aktuelles/technik/Dezentrale%20Energieerzeugung%20in%20KWK.pdf>.

B.KWK 2009. Dezentrale Energieerzeugung in KWK. Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung e.V.
http://www.bkwb.de/aktuelles/Broschur/Broschur_Internet.pdf

BMELV 2011. „Rahmenplan der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ für den Zeitraum 2011 - 2014 und Sonderrahmenplan der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“: Maßnahmen des Küstenschutzes in Folge des Klimawandels (2009 - 2025)“;
<http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/Foerderung/Rahmenplan2011-2014.pdf>

BMELV 2010. „Rahmenplan der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ für den Zeitraum 2010 - 2013 und Sonderrahmenplan der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“: Maßnahmen des Küstenschutzes in Folge des Klimawandels (2009 - 2025)“
<http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/Foerderung/Rahmenplan2010-2013.pdf>

BMELV 2009. „Rahmenplan der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ für den Zeitraum 2009 - 2012 und Sonderrahmenplan der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“: Maßnahmen des Küstenschutzes in Folge des Klimawandels“
<http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/Foerderung/Rahmenplan2010-2013.pdf>

BMU 2008. Evaluierung von Einzelmaßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien (Marktanreizprogramm) im Zeitraum Januar 2007 bis Dezember 2008.

BMU 2009a. Richtlinien zur Förderung von Mini-KWK-Anlagen. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Januar 2009.
http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/foerderrichtlinie_minikwk.pdf

BMU 2009b. Energie Dreifach Nutzen. Strom, Wärme und Klimaschutz. Ein Leitfaden für kleine Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (Mini-KWK). IZES gGmbH im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/leitfaden_mini_kwk_bf.pdf,
Juli 2009.

- BMU 2009c. Bericht der Bundesregierung über ein Konzept zur Förderung, Entwicklung und Markteinführung von geothermischer Stromerzeugung und Wärmenutzung.
<http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/43494/4594/>. Berlin.
- BMU. 2009d. Nutzungsmöglichkeiten der tiefen Geothermie in Deutschland.
http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/tiefe_geothermie.pdf.
Autoren: Ingrid Stober et al. Berlin 2009.
- BMU 2009e. Erneuerbare Energien in Zahlen. Dokumentation Juni 2009, update Dez. 2009.
<http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/42038/>;
Stand: Februar 2010. Berlin
- BMU 2012. Statistiken und Informationen zum Markanreizprogramm
http://www.erneuerbare-energien.de/erneuerbare_energien/downloads/doc/41240.php;
http://www.erneuerbare-energien.de/erneuerbare_energien/downloads/doc/43273.php
- BMWi 2007. Energieszenarien für den Energiegipfel 2007. EWI, Prognos AG.
<http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/Studien/energieszenarien-fuer-energiegipfel-2007,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf>
- BMWi/BMU 2010. Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Berlin.
- BMWi. 2011. "Energiedaten - nationale und internationale Entwicklung."
Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie.
abgerufen 16. Juni 2011
<http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Energie/energiestatistiken.html>
- Bosch 2010. Der Stirling-Motor in der Heizungstechnik, Vortrag von Till Wodraschka bei den Berliner Energietagen. Bosch Thermotechnik GmbH.
http://www.berliner-energietaege.de/fileadmin/Redaktion/Berliner%20Energietage/2010/Vortraege/3.8_Wodraschka.pdf.
Stand: Mai 2010. Berlin.
- Brand, J., Pinter, H., Sattler, M., Schweighofer, M., Starzer, O., und Tretter, H. (2005): Chancen der Papierindustrie im Rahmen der Klimastrategie, Österreichische Energieagentur. [online]

<http://www.energyagency.at/fileadmin/aea/pdf/publikationen/broschueren/2004-2006/endbericht-papierindustrie-2005.pdf>
abgerufen am 10.04.2010.

Breidenbach, K. (2009): Der Kälteanlagenbauer, Heidelberg, C.F. Müller Verlag.

Breitschopf, B. 2012. Ermittlung von Umweltschäden – Hintergrundpapier zum methodischen Vorgehen. Fh-ISI im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Brunner, R., Kyburz, V., 1993, Wärmerückgewinnung und Abwärmenutzungsplanung, Bau und Betrieb von Wärmerückgewinnungs- und Abwärmenutzungsanlagen, RAVEL im Wärmesektor Heft 2

BSW-Solar. 2012, 2011 und 2010. Statistische Zahlen der deutschen Solarwärmebranche. Bundesverband Solarwirtschaft e.V., Berlin.
www.solarwirtschaft.de.
Stand: Juli 2012.

BUND 2008. Neumann, Werner. Die elektrische Wärmepumpe: Eine verkappte Kohleheizung. BUND Arbeitskreis Energie Berlin. April 2008.

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) (Hrsg.) (2009): Der Bergbau in der Bundesrepublik Deutschland 2008. [online]
<http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Service/publikationen,did=323200.html>

Bundesverband Glasindustrie e. V. (Hrsg.) (2008): Jahresbericht 2008. [online]
http://www.bvglas.de/fileadmin/media/Presse/Publikationen/Jahresberichte/jahresbericht_2008.pdf
abgerufen am 08.04.2010.

Bürger, V.; Steinbach, J. und Ragwitz, M. 2010. Abschätzung der Kosten einer Ausweitung der Nutzungspflicht auf bestehende öffentliche Gebäude. Gutachten für das Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorforschung; nicht veröffentlicht.

Buttermann, H.-G.; Nickel, M.; Tzscheuschler, P.; Wernicke, I. 2009. Energieverbrauch in Deutschland, Stand 2007: Daten, Fakten Kommentare. In BWK Band 61, Nr. 6. 2009.

BWP 2005. Bundesverband Wärmepumpe e.V. Müller, E. et al. Heizen und Kühlen mit Abwasser – Ratgeber für Bauherrn und Kommunen. BWP, DBU, ASEW, Institut Energie in Infrastrukturanlagen.

BWP 2009. Opitz, Danny. Persönliche Mitteilung [Email]. Bundesverband Wärmepumpe BWP e.V., Berlin 2009

BWP 2010a. Gorris, Verena. Persönliche Mitteilung [Email]. Bundesverband Wärmepumpe BWP e.V., Berlin 2010

BWP 2010b. Dilger, Gregor. Persönliche Mitteilung [Email]. Bundesverband Wärmepumpe BWP e.V., Berlin 2010

BWP 2010c. Bundesverband Wärmepumpe e.V. Pressemitteilung.
http://bdh-koeln.de/html/pdf/pdf_presse/100126-bdh-pm-jahres_pk.pdf. Berlin.

BWP 2010d. Bundesverband Wärmepumpe e.V. Positionspapier.
http://www.waermepumpe.de/fileadmin/grafik/pdf/Flyer-Broschueren/Positionspapier_SmartGrid_Bildschirmversion_RZ.pdf

BWP 2011a. Gorris, Verena. Persönliche Mitteilung [Email]. Bundesverband Wärmepumpe BWP e.V., Berlin.

BWP 2011b. Dilger, Gregor. Persönliche Mitteilung [Email]. Bundesverband Wärmepumpe BWP e.V., Berlin.

BWP 2011c. Dilger, Gregor. Wärmepumpenauszahlungen 2011, Excel-Tabelle auf Basis der BAfA-Daten 2010. Bundesverband Wärmepumpe BWP e.V., Berlin.

BWP 2011d. Bundesverband Wärmepumpe e.V. Pressemitteilung.
<http://www.waermepumpe.de/fachpartner/news/news/news-detail/article/104/elektrische.html>. Berlin

BWP 2011e. Bundesverband Wärmepumpe e.V.
<http://www.waermepumpe.de/fachpartner/der-bwp/ueber-uns.html>. Berlin

BWP 2012a. Bundesverband Wärmepumpe e.V. Pressemitteilung.
http://www.waermepumpe.de/fileadmin/grafik/pdf/Pls_ab-11-2009/2012-01-26_BWP_Absatzzahlen_2011.pdf. Berlin.

BWP 2012b. Krönert, Tony. Persönliche Mitteilung [Email]. Bundesverband Wärmepumpe BWP e.V., Berlin.

C.A.R.M.E.N. 2010. Projekte/Pelletheisanlagen mit großer Leistung.
<http://www.carmen-ev.de/dt/energie/beispielprojekte/grosspellheisanlagen.html>

28.02.2013

CASES 7. 2007: Cost Assessment of Sustainable Energy Systems

DELIVERABLE D.3.2 : WP3 Report on the monetary valuation of energy related impacts on land use changes, acidification, eutrophication, visual intrusion and climate change, July 2007

http://www.feem-project.net/cases/downloads_presentation.php , download June 2010

Clausen, J. 2007. Zukunftsmarkt Solares Kühlen. Beauftragt von Umweltbundesamt und Bundesministerium für Umwelt und Reaktorsicherheit (BMU). Durchgeführt von Borderstep Institut im Auftrag des FhG-ISI. Karlsruhe.

Clausen, J. (2007): Zukunftsmarkt Solares Kühlen, Umweltbundesamt (UBA). [online] <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3449.pdf> abgerufen am 29.03.2010.

Consultic Marketing & Industrieberatung GmbH (Hrsg.) (2008): Produktion, Verarbeitung und Verwertung von Kunststoffen in Deutschland 2007 - Kurzfassung -. [online] http://www.bkv-gmbh.de/fileadmin/downloads/PDF/Consultic2007Kurzfassung_end.pdf abgerufen am 10.04.2010.

Danner, H. (2008). Ökologische Wärmedämmstoffe im Vergleich - Leitfaden zur Dämmstoffauswahl für den normgerechten Einsatz. Bauzentrum München für Landeshauptstadt München. Verfügbar: http://www.muenchen.de/cms/prod1/mde/_de/rubriken/Rathaus/70_rgu/03_beratung_foerderung/003_bauzentr/pdf/oekolog_waermedaemmstoffe.pdf (Letzter Zugriff: 2011-07-25).

Daun, T., Schön, R., Pasquale, U., Hagelstange, R., und Alt, H. J. (2003): Rationelle Energienutzung in der Metallindustrie, Vieweg Verlag.

DBFZ 2011. Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse.

DCTI 2010. nach Quaschnig, V. 2008. S. 271. Erneuerbare Energien und Klimaschutz. Hintergründe, Techniken, Anlagenplanung, Wirtschaftlichkeit. München.

DCTI 2010. Studienreihe Band 3 Bioenergie: <http://www.dcti.de/studien/bioenergie/de/>. Autor: EuPDRResearch.

28.02.2013

Stand: März 2010. Berlin.

DEPV 2010. <http://www.depv.de/startseite/marktdaten/pelletheizungen/>. Stand: Juni 2010.

Destatis 2009. Energie auf einen Blick

http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publicationen/Fachveroeffentlichungen/Produzierendes_20Gewerbe/EnergieWasserversorgung/EnergieBlick,property=file.pdf. Wiesbaden.

Destatis 2010. Baufertigstellungen und Baugenehmigungen aus Bautätigkeit und Wohnen - Bautätigkeit 2009. Statistisches Bundesamt IVC-Bautätigkeit Wiesbaden.

Erhalten per E-Mail am 28.06.2010 Fachserie 5, Reihe 1.

Destatis 2010a. Erteilte Baugenehmigungen im Hochbau, Wohn- und Nichtwohngebäude

<http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Statistiken/Zeitreihen/WirtschaftAktuell/BauenWohnen/Content75/buw110a.psml>. Wiesbaden.

Destatis 2010b. Baugenehmigungen/ Baufertigstellungen von Wohn- und Nichtwohngebäuden (Neubau) nach Art der Beheizung und Art der verwendeten Heizenergie - Lange Reihen ab 1980. Wiesbaden.

Destatis 2010c. Baugenehmigungen u.-fertigstellungen v. Gebäuden n. A. d. Beheizung u. verwendete Heizenergie - Lange Reihen ab 1980-2008

<https://www-ec.destatis.de/csp/shop/sfg/bpm.html.cms.cBroker.cls?cmspath=struktur,vollanzeige.csp&ID=1024502; Artikel-Nr. 5311001087005>
Stand: Februar 2010

Destatis 2011. Beschäftigte, Umsatz und Investitionen der Unternehmen mit 20 und mehr Beschäftigten in der Energieversorgung, Wasserversorgung, Abwasser- und Abfallentsorgung, Beseitigung von Umweltverschmutzungen 2008

<http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Statistiken/Energie/Tabellen/Content75/KSEDaten,templateId=renderPrint.psml> Stand 16.06.2011

Destatis 2011a. Abfallbilanz 2009;

<http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Statistiken/Umwelt/UmweltstatistischeErhebungen/Abfallwirtschaft/Tabellen/Content75/Abfallbilanz2009,property=file.pdf>
Wiesbaden im August 2011

Destatis 2011b. Baufertigstellungen und Baugenehmigungen aus Bautätigkeit und Wohnen - Bautätigkeit 2011

Destatis 2012. Baufertigstellungen und Baugenehmigungen aus Bautätigkeit und Wohnen - Bautätigkeit 2012

Destatis (Hrsg.) (2007): Energieverbrauch nach Energieträgern aller Industriesektoren Deutschlands im Jahr 2007

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (Hrsg.) (2007): Informationsblätter Kältetechnik: Physikalische Grundlagen der Kälteerzeugung. [online]
http://www.dena.de/fileadmin/user_upload/Download/Dokumente/Publikationen/Strom/IEE/Infoblaetter_Kaeltetechnik.pdf
abgerufen am 23.03.2010.

Deutscher Kälte- und Klimatechnischer Verein e.V. (DKV) (Hrsg.) (2002): Energiebedarf bei der technischen Erzeugung von Kälte in der Bundesrepublik Deutschland, Hannover.

Deutsches BiomasseForschungsZentrum gGmbH (2010): Monitoring zur Wirkung des Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse.

Deutsches Institut für Normung (Hrsg.) (2003): DIN 4710. Statistiken meteorologischer Daten zur Berechnung des Energiebedarfs von heiz- und raumluftechnischen Anlagen in Deutschland (Ausgabe 2003-01), Beuth Verlag.

DIN V 4701-10. Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen-Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung. DIN Deutsches Institut für Normung (Perinorm Online).
<http://www-fr.redi-bw.de/db/perinorm/>. Beuth Verlag. Berlin.
Stand: August 2003.

DKV 2002. DKV Statusbericht Nr. 22, Energiebedarf für die Erzeugung technischer Kälte.

DLR 2009a. Nast, M. Marktanreizprogramm und Wärmegesetz – EEWärmeG, Vortrag 3. VDI Fachtagung Solarthermie 2009. Ludwigsburg.

- DLR 2009b. Nast, M. Marktanreizprogramm und Wärmegesetz (EEWärmeG). Manuskript VDI-Bericht 2074 "Solarthermie 2009 - Heizen und Kühlen mit der Sonne", S. 19 -29. Köln.
- DSTTP 2010a. Solarthermische Kollektoren. Deutsche Solarthermie-Technologieplattform/ Bundesverband Solarwirtschaft (BSW-Solar) e.V.
<http://www.solarthermietechologie.de/technologie/kollektoren/>.
 Stand: Juni 2010.
- DSTTP 2010b. Unverglaste Absorber. Deutsche Solarthermie-Technologieplattform/ Bundesverband Solarwirtschaft (BSW-Solar) e.V.
<http://www.solarthermietechologie.de/technologie/kollektoren/unverglaste-absorber/>.
 Stand: Juni 2010.
- DSTTP 2010c. Vakuumröhrenkollektoren. Deutsche Solarthermie-Technologieplattform/ Bundesverband der Solarwirtschaft (BSW-Solar) e.V.
<http://www.solarthermietechologie.de/technologie/kollektoren/vakuumroehrenkollektoren>
 Stand: Juni 2010.
- EEG 2009. Gesetz zur Regelung des Rechts der Erneuerbaren Energien im Strombereich und zur Änderung damit zusammenhängender Vorschriften – EEG 2009,
http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/eeg_2009/gesamt.pdf.
 Berlin: Bundesrepublik Deutschland.
- Eicker, U. (2007): Entwicklungstendenzen solarthermischer Kühlung. Gebäudeenergieberater, 2007(3), S. 36-41.
- Eicker, U. (2001): Solare Technologien für Gebäude, Stuttgart/Leipzig/Wiesbaden, Teubner.
- Eicker, U. und Pietruschka, D. (2009): Optimisation and economics of solar cooling systems. Advances in Building Energy Research, 3(1), S. 45-82.
- Eikmeier, B.; Gabriel, J.; Krewitt, W.; Nast, M.; Schulz, W. 2006. Analyse des nationalen Potenzials für den Einsatz hocheffizienter Kraft-Wärme-Kopplung. 1. Auflage. Herrsching.
- Eltrop, L. 2008. Dokumentation Heizkostenvergleich. Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart.
http://www.jens-reinl.de/holz/pdf/IER-Heizkostenvergleich_Nebau.pdf.
 Stand: Juni 2010.

EnergieStG 2006. Energiesteuergesetz.

<http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/energiestg/gesamt.pdf>.

Bundesregierung Deutschland. Berlin.

Energieagentur NRW 2010. Förderung von Wohnungslüftungsanlagen

http://www.energieagentur.nrw.de/_database/_data/datainfopool/foerderung_lueftung.pdf.

Stand: Juli 2010.

Informationen zu Lüftungsanlagen

<http://www.ea->

[nrw.de/unternehmen/page.asp?TopCatID=&CatID=3913&RubrikID=3913](http://www.ea-nrw.de/unternehmen/page.asp?TopCatID=&CatID=3913&RubrikID=3913)

Energieagentur NRW 2010a. Biomasseinformationen

<http://www.energieagentur.nrw.de/biomasse/page.asp?TopCatID=9387&RubrikID=9387>.

Energiesparhaus.at, Österreich, Unabhängige Beratung für Wohnen, Hausbau und Sanierung; Wärmetauscher in Lüftungsgeräten

<http://www.energiesparhaus.at/energie/lueftung-wt-arten.htm>

Enerlyt 2010. Stirling-Mikro-BHKW für den Einsatz im Einfamilienhaus. in: EuroHeat & Power Report, Nr. 39, 2010, S. 14-17. ENERLYT Technik GmbH.

E.ON 2009. Erfolgsfaktoren für kommunale Wärmekonzepte mit erneuerbaren Energien. E.ON Hanse Wärme GmbH

http://www.i-sh.de/download/2009/11/5_henke_erfolgsvoraussetzungen.pdf.

Stand: November 2009.

E-quad Power Systems 2010. Einsatzgebiete von Microturbinen. E-quad Power Systems GbR

<http://www.microturbine.de/index.php/produkte/einsatzgebiete>

Stand: Mai 2010.

Erdmann, G., und Dittmar, L. 2010. Technologische und energiepolitische Bewertung der Perspektiven von Kraft-Wärme-Kopplung in Deutschland.

[http://www.ensys.tu-](http://www.ensys.tu-berlin.de/fileadmin/fg8/Downloads/Sonstiges/2010_KWK_Studie_Langversion_FGENsys_TUBerlin.pdf)

[berlin.de/fileadmin/fg8/Downloads/Sonstiges/2010_KWK_Studie_Langversion_FGENsys_TUBerlin.pdf](http://www.ensys.tu-berlin.de/fileadmin/fg8/Downloads/Sonstiges/2010_KWK_Studie_Langversion_FGENsys_TUBerlin.pdf) S. 31-34

Stand: Juli 2010.

Euroheat & Power (Hrsg.) (2006): ECOHEATCOOL Work package 2. The European Cold Market. Final Report. [online]

http://www.euroheat.org/Files/Filer/ecoheatcool/documents/Ecoheatcool_WP2_Web.pdf
abgerufen am 20.05.2010.

Europäische Kommission (Hrsg.) (2009): Draft Reference Document on Best Available Techniques in the Glass Manufacturing Industry. [online]
<http://eippcb.jrc.es/reference/gls.html>

Europäische Kommission 2009.
<http://www.euractiv.com/en/energy-efficiency/parliament-calls-zero-energy-buildings-2019/article-181623>.
Stand: Januar 2010.

Eurostat (Hrsg.) (2009): Versorgung, Umwandlung, Verbrauch - Elektrizität - jährliche Daten (nrg_105a). [online]
http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search_database
abgerufen am 20.05.2010.

EUWID 2010 Baden-Württemberg will verstärkt Wärme aus Abwasser nutzen.
Veröffentlicht in WA Nr.5, 02.02.2010.

Feddeck, P. 2002. Neue Anwendungen der Dampfstrahlkältemaschine. BINE Projektinfo 10/02. Fachinformationszentrum Karlsruhe.

Fh-ISI et al 2010; DIW; IZES; GWS. 2010. Einzel- und gesamtwirtschaftliche Analyse der Kosten- und Nutzenwirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien im deutschen Strom- und Wärmemarkt (KN EE); durchgeführt von: Barbara Breitschopf, Marian Klobasa, Frank Sensfuß, Jan Steinbach, Mario Ragwitz, Ulrike Lehr, Juri Horst, Uwe Leprich, Eva Hauser, Jochen Diekmann, Frauke Braun, Manfred Horn, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

FHG Umsicht 2010. Nahwärme-Forum, das Informationsportal; abrufbar im Internet unter:
http://www.nahwaerme-forum.de/leitfaden/leitfaden_einfuehrung.html
Stand April 2010

Fichtner 2011; Evaluierung von Einzelmaßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt (Marktanreizprogramm) für den Zeitraum 2009 bis 2011 – Evaluierung des Förderjahrs 2010, im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2011.

Fichtner 2012; Evaluierung von Einzelmaßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt (Marktanreizprogramm) für den Zeitraum 2009 bis 2011 – Evaluierung des Förderjahrs 2011, im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. In Kürze erscheinend

Fischedick et al. 2007. Potenziale von Nah- und Fernwärmenetzen für den Klimaschutz bis zum Jahr 2020. Studie im Auftrag des Bundesumweltamts. WIKUE, DLR, ie Leipzig. Dessau-Roßlau.

FNR 2010a. Marktübersicht Hackschnitzel-Heizungen, 3. Auflage, Mai 2010.
http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_293-mu_hackschnitzelheizungen_2010_web.pdf.

FNR 2010b, Marktübersicht Pelletheizungen, 6. Auflage, 2010.
http://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/m/u/mu_pelletheizungen_2010_web-2.pdf

Food & Drink Industry Refrigeration Efficiency Initiative (Hrsg.) (2007): Site Guidance Topics - Improving Refrigeration System Efficiency. [online]
http://www.ior.org.uk/ior_/images/pdf/general/REI-G5%20Site%20Guidance%20Topics%20-%20Final%20Jul-07.pdf
abgerufen am 06.04.2010.

Forschungszentrum für Kältetechnik und Wärmepumpen GmbH (FKW) (Hrsg.) (2002): Energiebedarf bei der technischen Erzeugung von Kälte (Teilbericht) in Ener-giebedarf bei der technischen Erzeugung von Kälte in der Bundesrepublik Deutschland (DKV, 2002). Hannover, 65 S.

Franzke, U. (2005): Klima- und Kältetechnik in der Prozessanwendung. KI - Luft und Kältetechnik, 41(7), S. 247-249.

Franzke, U. 2005. Klima- und Kältetechnik in der Prozessanwendung. Ki Luft- und Kältetechnik, Jg. 41(2005), H.7, S. 247 - 249.

Fraunhofer ISE, Fraunhofer ISI, Öko-Institut, IREES GmbH, TU Wien und Bremer Energie Institut. 2011. Bestandsaufnahme und Strukturierung des Wärme- und Kältebereichs.

Fraunhofer UMSICHT 2000. Vergasung fester Biomasse – Bereits Stand der Technik? Vortrag im Rahmen der Gölzower Fachgespräche, Vortrag von

Dipl.-Ing. Markus Ising, Fraunhofer-Institut für Umwelt- Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT.
http://www.holzvergasung.info/WWW/UMSICHT/Produkte/ET/pdf/fnr-fachgesprach_mai2000.pdf.
Stand: Mai 2010.

Frick, S.; Schröder, G.; Rychtyk, M.; Bohnenschäfer, W.; Kaltschmitt, M. (2008): Umwelteffekte einer geothermischen Stromerzeugung. Analyse und Bewertung der klein- und großräumigen Umwelteffekte einer geothermischen Stromerzeugung. Unveröffentlichter Endbericht an das Umweltbundesamt. Leipzig.

Genesis Online. GENESIS-Online ist eine teils öffentlich zugängliche Datenbank des Statistischen Bundesamtes, Wiesbaden.
<http://www-genesis.destatis.de>

Geotis 2012. Geothermisches Informationssystem für Deutschland; ein vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit gefördertes Projekt; www.geotis.de, Stand 30.07.2012

Gordon, J. 2001. Solar Energy: The State of the Art. ISES Position Papers. Earthscan.

Green Chiller - Verband für Sorptionskälte e.V. (2010): Absorption. Green Chiller | Verband für Sorptionskälte e.V. [online]
http://greenchiller.de/green4_1.php
abgerufen am 25.03.2010.

GZB 2010. Platt M.; Exner S.; Bracke, R. Analyse des deutschen Wärmepumpenmarktes, Bestandsaufnahme und Trends. Geothermiezentrum Bochum. Bochum.

H&E 2009. Lohse, Andreas. Wärme aus der Umwelt, Marktübersicht Wärmepumpen, Haus&Energie Mär/Apr 09. Aachen.

Hainbach, C. und Krug, N. (Hrsg.) (2005): Pohlmann Taschenbuch der Kältetechnik, Heidelberg, C.F. Müller Verlag.

Handke, V., und Kamburow, C. 2009. Umweltstandards für thermische Solarkollektoren unter besonderer Berücksichtigung der selektiven Beschichtung ihrer Absorberoberflächen: Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben 0329275A. 1. ed. IZT.

- Henning, H. M. (2007): Solar Cooling. [online]
<http://www.ise.fraunhofer.de/veroeffentlichungen/nach-jahrgaengen/2007/solar-cooling>
 abgerufen am 22.03.2010.
- Henning, H. M. (Hrsg.) (2007): Solar-Assisted Air-Conditioning of Buildings. A Handbook for Planners, Wien/New York, Springer Verlag.
- Henning, H. M. (2004): Solare Klimatisierung - Stand der Entwicklung in Wien, Österreich. [online]
<http://www.ise.fraunhofer.de/veroeffentlichungen/nach-jahrgaengen/2004/solare-klimatisierung-stand-der-entwicklung-1>
 abgerufen am 24.03.2010.
- Henning, H. M., Urbaneck, T., Morgenstern, A., Nùnez, T., Wiemken, E., und Thümmler, E. (2009): Kühlen und Klimatisieren mit Wärme, Berlin, Solarpraxis AG.
- Henning, H. -M. et al. 2009. Kühlen und Klimatisieren mit Wärme. 1. ed. Solarpraxis Ag.
- IFEU 2009. Pehnt, Martin u.a. Energiebalance – Optimale Systemlösungen für erneuerbare Energien und Energieeffizienz. IFEU/Wuppertal Institut, März 2009.
- Ihle, C. (2006): Klimatechnik mit Kältetechnik, Neuwied, Werner Verlag.
- Institut für Angewandte Thermodynamik und Klimatechnik (IATK), Universität Essen (Hrsg.) (2002): Energiebedarf bei der technischen Erzeugung von Kälte (Teilbericht) in Energiebedarf bei der technischen Erzeugung von Kälte in der Bundesrepublik Deutschland. Hannover.
- Institut für Luft- und Kältetechnik (ILK) Dresden (Hrsg.) (2002): Energiebedarf zur technischen Erzeugung von Kälte in der Bundesrepublik Deutschland (Teilbericht) in Energiebedarf bei der technischen Erzeugung von Kälte in der Bundesrepublik Deutschland (DKV, 2002). Hannover, 68 S.
- ISE. 2009a. Miara, M. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE (Fraunhofer ISE), Zwischenergebnisse aus Wärmepumpen Felduntersuchungen - Vortrag Wärmepumpen Symposium. Karlsruhe.

- ISE 2010. Miara, M. et al. Feldmessung Wärmepumpen im Gebäudebestand. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE (Fraunhofer ISE). Freiburg.
- ISE 2011a. Miara, M. et al. Wärmepumpen Effizienz. Messtechnische Untersuchung von Wärmepumpenanlagen zur Analyse und Bewertung der Effizienz im realen Betrieb. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE (Fraunhofer ISE). Freiburg.
- ISI. et al. 2010. Einzel- und gesamtwirtschaftliche Analyse von Kosten- und Nutzenwirkungen des Ausbaus Erneuerbarer Energien im deutschen Strom- und Wärmemarkt. Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; Fraunhofer ISI, DIW, GWD, IZES. Karlsruhe.
- ISI et al. 2012. Monitoring der Kosten und Nutzenwirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien im Strom- und Wärmebereich im Jahr 2011, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; Fraunhofer ISI, DIW, GWD, IZES. Karlsruhe.
- ISE 2012. Miara, Marek. Persönliche Mitteilung [Email]. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE (Fraunhofer ISE). Freiburg.
- IWO 2010a. Institut für wirtschaftliche Ölheizungen. Optimal kombinieren – Öl+erneuerbare Energien, Mai 2010
- IWO 2010b. IWO Expertenworkshop zum Thema Heizöl mit biogenen Komponenten. Oktober 2010.
- IZES 2011. Vorbereitung und Begleitung der Erstellung des Erfahrungsberichtes 2011 gemäß § 65 EEG - Vorhaben V Integration der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien und konventionellen Energieträgern; im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; Juni 2011
- Jakob, U. (2009): Solar Cooling in Europe. [online]
http://www.solarnext.eu/pdf/ger/publications_presentations/jakob/09ausSCIG_conference_2009_Solar_Cooling_Europe.pdf
abgerufen am 11.05.2010.
- Jakob, U. (2007): Solare Kühlung – die umweltfreundliche Klimatisierung in Der Gebäude-Energieberater Jahrbuch 2008. Bauwesen.

Kaltschmitt, M. und Hartmann, H. 2009. Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren. Berlin.

KfW 2010. Quartalsbericht Erneuerbare Energien. KfW Bankengruppe.

KfW 2012, Förderprogramme:

<http://www.kfw.de/kfw/de/Inlandsfoerderung/Programmuebersicht/KfW-Energieeffizienzprogramm/index.jsp>

http://www.kfw.de/kfw/de/Inlandsfoerderung/Programmuebersicht/Erneuerbare_Energien_-_Premium/index.jsp

Khartchenko, N. 2004. Thermische Solaranlagen. 2. ed. Verlag für Wissenschaft und Forschung.

Kimura, K. (2004): The Japanese Air Conditioning Experience. [online]

<http://www.iea.org/work/2004/cooling/kimura.pdf>
abgerufen am 30.03.2010.

Kiryk, R. 2010. Persönliche Mitteilung. Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.

Kolb 2004: Vorlesung Kältetechnik am Lehrstuhl für Thermodynamik an der Technischen Universität München

<http://www.td.mw.tum.de/tum-td/de/lehre/fahrzeugklima/download/folien/F-5>

Krewitt, W., und Schlomann, B. 2006. Externe Kosten der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien im Vergleich zur Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern. Im Auftrag des BMU.

Krottil, R. und Ragossnig, A. (2009): Bioenergie-Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung-Versorgung. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 56/2009, Pinkafeld, Österreichisches Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.

Kruska, M., Meyer, J., Elsasser, N., Trautmann, A., Weber, P., und Mac, T. (2001): Rationelle Energienutzung in der Textilindustrie, Vieweg Verlag.

Kunze, W. (2007): Technologie für Brauer und Mälzer, Berlin, Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei (VLB).

Kurzhaus, H. A. (2007): Kühlen und Gefrieren von Lebensmitteln, Hamburg, Behr's Verlag.

KWK Gesetz 2002. Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung vom 19. März 2002, zuletzt geändert am 25. Oktober 2008

http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/kwkg_2002/gesamt.pdf

Lambauer et al. 2008. Industrielle Großwärmepumpen - Potenziale, Hemmnisse und Best-Practice Beispiele. Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung. Stuttgart

Läge, F.-K. 2010. Gewerkübergreifend ganzheitlich. Heizen, Kühlen, Lüften. In: Heizungsjournal 6/2010.

Langniß, O., Kohberg, T., Wülbeck, H.-F., Nast, M., Pehnt, M., Frick, S., Drück, H., Streicher, E., Hartmann, H., Reisinger, K. (2011). Evaluierung von Einzelmaßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt (Marktanreizprogramm) für den Zeitraum 2009 bis 2011 - Evaluierung des Förderjahres 2010 (Zwischenbericht Juni 2011). Fichtner, DLR, ifeu, GFZ, SWT, TFZ. (Nicht veröffentlicht).

Leis, C. (2008): Sorptionskältemaschinen - Nutzung der Abwärme im Glaswerk. [online]

https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Schwerpunktinitiativen/Energieeffizienz/4-2_Impulsvortrag_Leis.pdf

abgerufen am 08.04.2010.

Maas, Schiller, Erhorn, Vilz 2009. Beurteilung energetischer Anforderungen an Nichtwohngebäude in Zusammenhang mit der Fortschreibung der EnEV, Endbericht, BBSR-Online-Publikation, Nr. 08/2009, veröffentlicht online unter [http://www.bbsr.bund.de/cln_032/nn_187722/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BBSRONline/2009/DL__ON082009,templateld=raw,property=publicationFile.pdf/DL_ON082009.pdf], zuletzt eingesehen am 22.01.2013.

Mediafrac 2010. Unterauftrag an das Unternehmen MEDIAfrac – Werner Bußmann in Geeste.

Meyer, J. P. 2009. Solarwärmemarkt: So viel Wachstum war nie. Sonne, Wind und Wärme nach Marktstudien von W.B. Kohldehoff.

- Meyer, J., Kruska, M., Kuhn, H. G., Sieberger, B. U., und Bonczek, P. (2000): Rationelle Energienutzung in der Ernährungsindustrie, Braunschweig/Wiesbaden, Vieweg Verlag.
- Moch, F. Persönliche Mitteilung. Bundesverband Solarwirtschaft e.V. (BSW). Berlin. 2010.
- Müller, T. et al. 2004. Produzieren mit Sonnenenergie. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Österreich.
- MUNVBW. 2008. Erdwärme in Baden-Württemberg. Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr Baden-Württemberg
<http://www2.uvm.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/9794/>
- Nast, M. et al. 2009a. Evaluierung von Einzelmaßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien (Marktanreizprogramm) im Zeitraum Januar 2007 bis Dezember 2008. Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- Nast, M. et al. 2009b. Ergänzende Untersuchungen und vertiefende Analysen zu möglichen Ausgestaltungsvarianten eines Wärmegesetzes. Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR). Ausarbeitung im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Stuttgart.
- Nast, M. 2007. Mehrkosten EE-Anlagen. Ausarbeitung für das BMU, nicht veröffentlicht.
- Naumann, W. 2008. Infobroschüre: Die elektrische Wärmepumpe - Eine verkappte Kohleheizung. Bund für Umwelt und Naturschutz (BUND). Berlin.
- NEEDS. 2009. New Energy Externality Developments for Sustainability (04/09), Integrated Project, DG Research EC, 6th Framework Programm, Mai 2004 – 2009
www.needs-project.org/index.php?option=com_content&task=view&id=42&Itemid=66
 Deliverable n° 6.1 – RS1a, “External costs from emerging electricity generation technologies”.
 Stand: Juni 2009.
- Nitsch, J., und Wentzel, B. 2009. Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland - Leitszenario 2009. DLR / ifne - Ingenieurbüro für neue Energie.

Nitsch, J. 2008. Leitstudie 2008 – Weiterentwicklung der Ausbaustrategie Erneuerbarer Energien. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

O.Ö. Energiesparverband. 2005. Climasol-Leitfaden zum Thema solares Kühlen.
<http://www.esv.or.at/info-service/publikationen/solarenergie/>
Stand: Februar 2010.

Oschatz, B., und Mailach, B. 2007. ASUE Heizkostenvergleich Neubau 2007. Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden Forschung und Anwendung GmbH
http://asue.de/cms/upload/inhalte/kostenvergleich_heizung/broschuere/hkv_neubau_2007.pdf.

OTAG. Strom mit Wärme. OTAG Vertriebs GmbH + Co. KG. Lion Powerblock.
http://www.otag.de/download/090211_Kurzinfo.pdf , o.J.

Passivhaus Dienstleistung GmbH: Passivhausdatenbank.
<http://www.passivhausprojekte.de/projekte.php>

Peetz, H. (2007): Kälte aus Wärme. Ammoniak-Wasser-Absorptionskälтанlagen für Temperaturen unter 0 °C. [online]
http://www.ago.ag/files/vortrag_enkon_2006__kaelte_aus_waerme_.pdf
abgerufen am 02.04.2010.

Pehnt, M. 2002. Energierevolution Brennstoffzelle? Perspektiven, Fakten, Anwendungen. Weinheim.

Pehnt et al 2005. Pehnt, M.; Cames, M.; Fischer, C.; Praetorius, B.; Schneider, L.; Schumacher, K.; Voß, J.P. 2005. Micro cogeneration. Towards decentralized energy systems. Berlin/Heidelberg.

Quaschnig, V. 2008. Erneuerbare Energien und Klimaschutz: Hintergründe-Techniken-Anlagenplanung-Wirtschaftlichkeit. Hanser Verlag. München.

Quaschnig, V. 2007. Regenerative Energiesysteme: Technologie - Berechnung - Simulation. 5. ed. Hanser Verlag. München.

Quaschnig, V. 2006.
<http://www.volker-quaschnig.de/artikel/waermepumpe/index.php>

- Raab, S. 2005. Solare Nahwärme unter der Lupe. Sonne, Wind und Wärme Heft 5:S. 31-41.
- RAEE. 2010. Climasol Project. Rhônealpeénergie-Environnement. Lyon (Frankreich)
http://www.raee.org/climatisationsolaire/gb/index_gb.htm
 Stand: Mai 2010.
- Recknagel, H., Sprenger, E., und Schramek, E. R. (2003): Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik, München, Oldenburg Industrieverlag.
- Reisner, K. (2008): Fachwissen Kältetechnik, Heidelberg, C.F. Müller Verlag.
- Renner A., 2009: EnEV 2009 und EnEV 2012 - Nächste Meilsteine der Energieeffizienz. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS). Präsentiert während Kongress Clean Energy Power am 2009-01-29 in Berlin, Deutschland. Verfügbar: <http://www.enbw-eg.de/~upload/enbw-eg/veranstaltungen2009/cep_2009/20090129_renner_cep_ii.pdf> (Letzter Zugriff: 2013-01-24).
- Riegel, G. W. (2004): Ein softwaregestütztes Berechnungsverfahren zur Prognose und Beurteilung der Nutzungskosten von Bürogebäuden (Dissertation, Technische Universität Darmstadt, Institut für Massivbau), Darmstadt, Dissertation an der Technischen Universität Darmstadt.
- Roon, von S. und Steck, M. 2009. Dezentrale Bereitstellung von Strom und Wärme mit Mikro-KWK-Anlagen: Effizienzvorteile, Techniken, Potenziale und das Konzept des virtuellen Kraftwerks. In: ufw – UmweltWirtschaftsForum, 2009, Volume 17, Nr. 4, S. 313-314.
- Rudolph, M., Wagner, U. 2008. Energieanwendungstechnik, Springer Verlag.
- Schaumann, G. und Schmitz, K. 2010. Kraft-Wärme-Kopplung. 4., vollständig bearbeitete und erweiterte Auflage. Berlin/Heidelberg.
- Schlomann, B. u.a. 2010. Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen in Deutschland für die Jahre 2007 bis 2010.
- Schlomann, B.; Gruber, E.; Geiger, B.; Kleeberger, H.; Wehmnörner, U.; Herzog, T.; Konopka, D-M. 2008. Nutzung erneuerbarer Energien im GHD-Sektor. Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel Dienstleistungen für die Jahre 2004 bis 2006.

- Schlomann, B.; Gruber, E.; Geiger, B.; Kleeberger, H.; Herzog, T.; Konopka, D-M. 2004. Energieverbrauch der privaten Haushalte und des Sektors Gewerbe, Handel Dienstleistungen.
- Schmid, C., Layer, G., Brakhage, A., Radgen, P., Arndt, U., Carter, J., Duschl, A., Lilleike, J., und Nebelung, O. (2003): Möglichkeiten, Potenziale, Hemmnisse und Instrumente zur Senkung des Energieverbrauchs branchenübergreifender Techniken in den Bereichen Industrie und Kleinverbrauch (Endbericht an das Umweltbundesamt), Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung. [online]
<http://www.isi.fraunhofer.de/isi-de/e/projekte/091s.php>
 abgerufen am 19.03.2010.
- Schmid, W. (2008): Massenmarkt erst in 10 Jahren. Die Kälte & Klimatechnik, 2008(10), S. 135-140.
- Schmitt et al. 2009. Solare Prozesswärmeerzeugung Stand der Technik und Perspektiven. Universität Kassel, Institut für thermische Energietechnik 3. VDI Fachtagung: Solarthermie 2009 - Heizen und Kühlen mit der Sonne. Ludwigsburg.
- Schulze Darup. Undatiert
http://www.zukunft-haus.info/fileadmin/zukunft-haus/documents/gebaeudelueftung/zu_abluftanlage_wrg.pdf
- Seifried 2010. Seifried, Dieter. „Wärmepumpen für den Klimaschutz“. Energie&Management 15/06/2008 S.14 (überarbeitete Version Oktober 2010)
- SGT. 2009. Dietler, M. Saubere Energie aus Abwasser gewinnen; veröffentlicht in Spektrum GebäudeTechnik – SGT 6/ 2009.
- Sibilio, S. (2010): Micropolygeneration Applications for Mild Climate in Improving Energy Efficiency in Commercial Buildings Conference 2010. Frankfurt.
- Simader, G. R. und Rakos, C. (2005): Klimatisierung, Kühlung und Klimaschutz: Technologien, Wirtschaftlichkeit und CO2-Reduktionspotenziale, Österreichische Energieagentur. [online]
<http://www.energyagency.at/fileadmin/aea/pdf/publikationen/broschueren/2004-2006/materialband-klimatisierung-2005.pdf>
 abgerufen am 19.03.2010.

Solaratlas. 2010. Datenabfrage von "Solaratlas - Vertriebskompass der Solarbranche"
<http://www.solaratlas.de>

StromStG. Stromsteuergesetz, zuletzt geändert 2009
<http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/stromstg/gesamt.pdf>.
Berlin, Bundesrepublik Deutschland.

Stadt Frankfurt/ ASUE 2001. BHKW-Kenndaten 2001. Stadt Frankfurt am Main –
Dezernat Bildung, Schule, Umwelt und Frauen und Arbeitsgemeinschaft für
sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch (ASUE).

Stadt Frankfurt/ ASUE 2005. BHKW-Kenndaten 2005. Stadt Frankfurt am Main –
Dezernat Bildung, Schule, Umwelt und Frauen und Arbeitsgemeinschaft für
sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch (ASUE).

Stadt Frankfurt/ ASUE 2011. BHKW-Kenndaten 2011. Stadt Frankfurt am Main –
Dezernat Bildung, Schule, Umwelt und Frauen und Arbeitsgemeinschaft für
sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch (ASUE).

Stryi-Hipp et al. 2007, GroSol - Studie zu großen Solarwärmeanlagen. Bundes-
verband Solarwirtschaft e. V. (BSW-Solar), Berlin.

Syneco 2009. Kraft-Wärme-Kopplung für Fernheizwerke.
[http://biomasseverband.it/html/img/pool/ORC%20BHKW%20HOLZVERGASUNG%
20v97.pdf](http://biomasseverband.it/html/img/pool/ORC%20BHKW%20HOLZVERGASUNG%20v97.pdf).

TGA 2009. Hönig, Christina. „Wie man die Jahresarbeitszahl erhöht“. TGA-
Fachplaner 11/09, S. 22-26

TGA 2010. Wellig, Beat; Gasser, Lukas. „Effizienter durch Leistungsregelung“. TGA-
Fachplaner 10/10, S. 24-28

Thamling, N. (2008): Nationale Rahmenbedingungen für die Kraft-Wärme-Kälte-
Kopplung. [online]
[http://www.eu-
summerheat.net/download_files/080611_Summerheat_Teil2_Rahmenbed._Thamlin
g_96dpi.pdf](http://www.eu-summerheat.net/download_files/080611_Summerheat_Teil2_Rahmenbed._Thamling_96dpi.pdf)
abgerufen am 15.02.2010.

Trautmann, A., Meyer, J., und Herpertz, S. (2002): Rationelle Energienutzung in der
Kunststoff verarbeitenden Industrie, Braunschweig/Wiesbaden, Vieweg
Verlag.

TU Graz 2002. TechnologiePortrait Kraft-Wärme-Kopplung. Technische Universität Graz, Institut für Thermische Turbomaschinen und Maschinendynamik.
[http://energytech.at/\(DE\)/pdf/techportrait_kwk_dt.pdf](http://energytech.at/(DE)/pdf/techportrait_kwk_dt.pdf)

TU München 2009. Wagner, Ulrich u.a.: Energiewirtschaftliche Bewertung der Wärmepumpe in der Gebäudeheizung. Technische Universität München, April 2009.

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA) (2009): 120 Millionen Kältesysteme in Deutschland – enormes Potential zur Steigerung der Energieeffizienz. [online]
http://www.vdma.org/wps/portal/Home/de/Branchen/A/ALT/Presse/ALT_art_Presse_Kaelte_Energieeffizienz4_2009_08_06?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/vdma/Home/de/Branchen/A/ALT/Presse/ALT_art_Presse_Kaelte_Energieeffizienz4_2009_08_06
abgerufen am 01.04.2010.

UA-Nürnberg. <http://www.nuernberg.de/internet/umweltamt/>

UBA 2007. Nachhaltige Wärmeversorgung – Sachstandsbericht des UBA. Jan Strohschein et al., Dessau, März 2007

UBA. 2008. Politikszenerarien für den Klimaschutz. IV Szenarien bis 2030. Öko-Institut et al.
<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3361.pdf>.

UBA. 2009. Emissionsbilanz Erneuerbarer Energien.
http://www.umweltbundesamt.de/energie/archiv/akt_anhang_cc_12_2009.pdf

UBA. 2012. Update der Emissionsbilanz Erneuerbarer Energien, Anhang 2 und 4, in Kürze erscheinend, 2012

UmBaWü 2009. Erdwärme in Baden-Württemberg (Anlagengröße und Kosten). Umweltministerium Baden-Württemberg.
<http://www2.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/19831/>

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA) (Hrsg.) (2009): Branchenbericht - Deutscher Markt für Kältetechnik 2009, Frankfurt am Main.

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA) (2010): VDMA 24247-1 Energieeffizienz von Kälteanlagen, Teil 1: Klimaschutzbeitrag von Kälte- und Klimaanlageanlagen, Verbesserung der Energieeffizienz, Verminderung von treibhausrelevanten Emissionen. [online]

http://www.vdma.org/wps/portal/Home/de/Branchen/K/KWT/Technik_und_Umwelt/KWT_art_TU_ZW3_EHB24247_Teil1_2009_08_19?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/vdma/Home/de/Branchen/K/KWT/Technik_und_Umwelt/KWT_art_TU_ZW3_EHB24247_Teil1_2009_08_19
abgerufen am 28.05.2010.

- Verbraucherzentrale 2009. Mustervertrag für Wärmepumpen. Presseinformation.
http://www.verbraucherzentrale-energieberatung.de/web/uploads/media/PM__Waermepumpen_Mustervertrag_02.pdf. Berlin.
- Verein Deutscher Ingenieure (VDI) (Hrsg.) (2003): Rationelle Energienutzung in der Industrie - ein Beitrag zum Klimaschutz, Düsseldorf, VDI Verlag GmbH.
- VfW 2009. Käser, Raimund. Persönliche Mitteilung Bundesverband für Wohnungslüftung e.V. [Befragte Person], Viernheim 2009
- Verivox 2011. Stromanbieter in Deutschland;
<http://www.verivox.de/power/carriers.aspx>
Stand 16.05.2011
- Viessmann 2007. Kühlen mit Viessmann Wärmepumpen. Viessmann Werke GmbH & Co KG. URL:
http://www.viessmann.de/etc/medialib/internet-global/pdf_documents/toptechnik.Par.96884.File.File.tmp/tt-waermepumpen.pdf
Berlin. Stand: September 2007.
- Viessmann 2010. Mikro-KWK auf Stirlingbasis, Vortrag von Annika Röttger bei den Berliner Energietagen. Viessmann Werke GmbH & Co KG. URL:
http://www.berliner-energietaege.de/fileadmin/Redaktion/Berliner%20Energietage/2010/Vortraege/3.8_R%C3%B6ttger.pdf
Berlin. Stand: Mai 2010.
- Voigt, A. (2009a): Märkte für die Kältetechnik: Die Milchwirtschaft. Die Kälte & Klimatechnik, 2009(3), 24-25.
- Voigt, A. (2009b): Märkte für die Kältetechnik: Lebensmittelverarbeitung. Die Kälte & Klimatechnik, 2009(10), 22-23.
- Wang, R. und Oliveira, R. (2006): Adsorption refrigeration - An efficient way to make good use of waste heat and solar energy. Progress in Energy and Combustion Science, 32(4), 424-458.

Weiss, W. und Rommel, M. 2008. Process Heat Collectors - State of Art within Task 33/EV. International Energy Agency Solar Heating and Cooling Program.

WiBaWü 2009, Energie sparen durch Wärmepumpenanlagen, 7. ed., Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg
http://www.wm.baden-wuerttemberg.de/fm7/1106/Energie%20sparen%20durch%20W%E4rmepumpen_2010.pdf. Stuttgart.

Wiemken, E. (2009): Anforderungen an Auslegung und Konfiguration kleiner und mittlerer Anlagen zur solaren Klimatisierung: Leitfaden, SOLAIR Project. [online]
http://www.solair-project.eu/uploads/media/SOLAIR_Guidelines_DE.pdf
abgerufen am 24.03.2010.

Wirtschaftskammer Oberösterreich (2003): Energiekennzahlen und Einsparpotentiale in der Metallverarbeitung. [online]
<http://wko.at/ooe/energie/Branchen/metall/metall-ges.htm>
abgerufen am 08.04.2010.

Zaharonsky, 2007. Buch Energietechnik, Richard A. Zahoransky, Verlag: Vieweg, Wiesbaden 2007, Kapitel 14, Energetische Verwertung von Biomasse

Zschunke, T.; Schüßler, I.; Bräkow, D.; Treppe, K.; Salomo, B. 2010. Stand kleintechnischer Vergaser-BHKW-Anlagen in Deutschland, in: EuroHeat&Power Report, Nr. 39, 2010, S. 18-21.

ZSW 2009. Evaluierung der KfW-Förderung für Erneuerbare Energien im Inland in 2008, ZSW
http://www.kfw.de/DE_Home/Research/Sonderthem68/PDF-Dokumente/Erneuerbare_Energien_Evaluierung_2008.pdf
Juli 2009.

ZSW 2010, Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg; per E-Mail am 05.08.2010