

Climate Change

Climate
Change

17
07

ISSN
1862-4359

**Potenziale von Nah- und
Fernwärmenetzen für
den Klimaschutz bis zum
Jahr 2020**



**Umwelt
Bundes
Amt** 
Für Mensch und Umwelt

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungsbericht 205 41 104
UBA-FB 001074/1



Potenziale von Nah- und Fernwärmenetzen für den Klimaschutz bis zum Jahr 2020

von

Dr.-Ing. Manfred Fishedick (Projektkoordinator)
Dipl.-Ing. Dietmar Schüwer
Dipl. Geogr. Johannes Venjakob
Dipl. Phys. Frank Merten
Dipl.-Ing. Dirk Mitze

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH (WI)

Dipl. Phys. Michael Nast
Dr. Christoph Schillings
Dr. Wolfram Krewitt

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt,
Institut für Technische Thermodynamik (DLR)

Werner Bohnenschäfer
Dr. Klaus Lindner

Institut für Energetik und Umwelt, Leipzig (ie Leipzig)

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter
<http://www.umweltbundesamt.de>
verfügbar.

Die in der Studie geäußerten Ansichten
und Meinungen müssen nicht mit denen des
Herausgebers übereinstimmen.

Herausgeber: Umweltbundesamt
Postfach 14 06
06813 Dessau-Roßlau
Tel.: 0340/2103-0
Telefax: 0340/2103 2285
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Redaktion: Fachgebiet I 2.2
Dr. Peter Pichl

Dessau-Roßlau, Dezember 2007

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	I
TABELLENVERZEICHNIS	V
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	VII
1 KERNTHESEN	1
2 ZUSAMMENFASSUNG	4
3 DERZEITIGER NUTZUNGSSTAND DER FERN- UND NAHWÄRMEERZEUGUNG IN DEUTSCHLAND UND TRENDENTWICKLUNG	16
3.1 Status quo der Fern und Nahwärmeerzeugung in Deutschland und zeitliche Entwicklung bisher	16
3.1.1 Auswertung statistischer Datenquellen	16
3.1.2 Aktuelle netzseitige Entwicklung	19
3.1.3 Veränderungen bei Anschlusswerten und Netzlängen	19
3.1.4 Einschätzung der Perspektiven von Fern- und Nahwärme	21
3.1.5 Änderungen in der Beheizungsstruktur	22
3.2 Nachfrageseitige Veränderungen	22
3.2.1 Demografischer Wandel (Geburtenzahlen und Wanderungen)	22
3.2.2 Wohnraumbedarf	26
3.2.3 Exkurs Ostdeutschland: Entwicklung des Wärmeverbrauchs in den privaten Haushalten Ostdeutschlands -Fernwärmenutzung	27
3.2.3.1 Entwicklung des Wohnungsbestandes in Ostdeutschland bis zum Jahre 2004	27
3.2.3.2 Wärmeverbrauch der privaten Haushalte in Ostdeutschland	31
3.2.4 Wärmeverbrauch im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher (GHD)	33
3.3 Analyse der Fernwärmepreise	34
3.3.1 Wirtschaftlichkeitsvergleich zwischen Fern- und Nahwärmeversorgung	36
3.3.2 Wirtschaftliche Situation: Anlegbare Preise – Konkurrenzsituation von Fern- und Nahwärme	40
3.4 Vergleichende Betrachtung der Entwicklungstendenzen in den Nachbarländern	42
3.4.1 Allgemeine Tendenzen in Europa	42
3.4.1.1 Marktanteile und Produktion von Fernwärme	42
3.4.1.2 Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)	43
3.4.1.3 Brennstoffe	44
3.4.1.4 Tarifstruktur und Wettbewerb	45
3.4.1.5 Politik und Steuern	46
3.4.2 Analysen einzelner Länder	46
3.4.2.1 Österreich	46
3.4.2.2 Dänemark	47
3.4.2.3 Schweden	49
3.4.2.4 Übrige Nachbarländer	50

3.5 Best practice zur Reaktion auf die dynamische Entwicklung der Treiberfaktoren - Beispiele von Veränderungsprozessen in Ostdeutschland	50
3.5.1 Wirkungen des Programms „Stadtumbau Ost“ auf die Fernwärmeversorgung	51
3.5.2 Wärmeversorgung von Ein- und Zweifamilienhäusern	54
3.5.3 Wärmeversorgung von Mehrfamilienhäusern	54
3.6 Befragung der Akteure des Wärmemarktes	55
3.6.1 Ziel der Befragung	55
3.6.2 Ergebnisse der Befragungen	56
3.6.2.1 Motivation für die Bereitsstellung bzw. die Nutzung von Nah- und Fernwärme	56
3.6.2.2 Bisherige Entwicklung und aktueller Nutzungsstand	56
3.6.2.3 Wettbewerbsfähigkeit und Entwicklungsperspektiven	56
3.6.2.4 Politische Rahmenbedingungen	58
3.6.3 Schlussfolgerungen	58
4 AUSBAU DER FERN- UND NAHWÄRME ALS STRATEGISCHES KLIMASCHUTZELEMENT	59
4.1 Ausbauziele der Fern- und Nahwärme unter Nachhaltigkeitsbedingungen	62
4.2 Nahwärmenetze als strukturelle Voraussetzung für den Ausbau erneuerbarer Energien im Wärmemarkt	71
4.2.1 Biomasse	72
4.2.2 Solarthermische Kollektoren	73
4.2.3 Geothermie	73
5 SYNOPTISCHE ÜBERSICHT ÜBER DEN STAND DER FORSCHUNG	75
5.1 Technische Möglichkeiten der Bereitstellung von Fern- und Nahwärme	75
5.1.1 Prinzipieller Aufbau eines Fern- oder Nahwärmesystems	75
5.1.2 Rohrleitungssysteme	75
5.1.3 Hausstationen	80
5.2 Auskopplung von Wärme aus Großkraftwerken inklusive der Frage der Entwicklung der Stromkennzahl	81
5.2.1 Perspektivische Entwicklung konventioneller fossiler Anlagen	81
5.2.2 Entwicklung neuer Kraftwerkstechnologien (inkl. Polygeneration)	83
5.2.3 Perspektivische Entwicklung der Stromkennzahl	84
5.3 Integration zusätzlicher Wärmesenken (z.B. KWKK)	84
5.4 Optionen der (anteiligen) Bereitstellung der Fernwärme durch EE bei der Erneuerung von Anlagen zur zentralen Erzeugung von Wärme	86
5.4.1 Co-Firing (Beifeuerung Biomasse)	86
5.4.2 Biomasse-HKW / -Vergasung	87
5.4.3 Geothermische Wärmeerzeugung	89
5.4.4 Geothermische Stromerzeugung (Hot-Dry-Rock-Kraftwerk)	90
5.5 Innovative KWK-Technologien im Leistungsbereich dezentraler Anlagen	94
5.5.1 (Mini-) Motor-BHKW	95
5.5.2 Mikro-Gasturbinen	95
5.5.3 Stirling-Motor	97

5.5.4	Dampf(schrauben)motor	99
5.5.5	Brennstoffzelle	101
5.5.6	Marktübersicht Mikro-KWK	104
5.6	Optionen der netzgebundenen Wärmebereitstellung aus Solarkollektoren	106
5.6.1	Vorteile Solarer Nahwärme	106
5.6.2	Große Kollektorfelder und saisonale Speicher	107
5.6.3	In Deutschland realisierte Projekte	109
5.7	Optionen der netzgebundenen Wärmebereitstellung aus Biomasse	111
5.7.1	Biomassepotenziale	113
	Potenziale durch den Anbau von Energiepflanzen	113
	Potenziale durch Nutzung anfallender biogener Reststoffe	114
5.7.2	Nutzungsoptionen für Biomasse	117
6	RÄUMLICH-STRUKTURELLE ENTWICKLUNGSMÖGLICHKEITEN DER WÄRMENETZE	124
6.1	Abgrenzung zu bestehenden Regionalisierungsansätzen	124
6.2	Dezentrale Nahwärme und regenerative Nahwärmeversorgung; Ziele und Übersicht	125
6.3	Wärmebedarf	126
6.3.1	Aufbereiten der Daten zu Landnutzung bzw. Siedlungstyp	126
6.3.1.1	Allgemein	126
6.3.1.2	Technische und geografische Anpassung	127
6.3.1.3	Inhaltliche Anpassung	128
6.3.2	Daten zu Gemeindegeometrie und Gebäudeinformation	128
6.3.3	Ermitteln der Fläche der einzelnen Siedlungstypen je Gemeinde	129
6.3.3.1	Allgemein	129
6.3.4	Korrektur der Flächenangaben zu den Siedlungstypen	130
6.3.4.1	Allgemein	130
6.3.4.2	Korrekturmaßnahme	130
6.3.5	Aufbereiten der Daten zur Wohngebäudeverteilung (Wohn-Gebäudedichte)	132
6.3.5.1	Auswertung statistischer Daten zum Wohngebäudebestand	132
6.3.5.2	Verteilung der Wohngebäude auf die Gemeinden entsprechend der Verteilung nach infras-Geodaten	134
6.3.5.3	Verteilung der Wohngebäude auf die einzelnen Siedlungstypen	134
6.3.6	Aufbereiten der Daten zur Nicht-Wohngebäudeverteilung	135
6.3.6.1	Auswertung statistischer Daten zum Nicht-Wohngebäudebestand	135
6.3.6.2	Verteilung der Nicht-Wohngebäude auf die Gemeinden	135
6.3.6.3	Verteilung der Nicht-Wohngebäude auf die einzelnen Siedlungstypen	136
6.3.7	Bestimmen des Wärmebedarfs	136
6.3.7.1	Bestimmen der prozentualen Altersverteilung für Wohngebäude	136
6.3.7.2	Berechnung des Wärmebedarfs für Wohngebäude	136
6.3.7.3	Berechnung des Wärmebedarfs für Nichtwohngebäude	139
6.3.7.4	Gesamter Wärmebedarf	139
6.3.7.5	Netzverluste	140
6.3.7.6	Fernwärme	141
6.4	Wirtschaftlicher Vergleich	142
6.4.1	Investitionskosten für konventionelle Wärmebereitstellung (Heizkessel)	143
6.4.2	Investitionskosten für Nahwärme	143

6.5	Verfügbarkeit von Geothermie, solarer Wärme und Biomasse	144
6.5.1	Geothermie	144
6.5.2	Solare Wärme	145
6.5.3	Biomasse	146
6.6	Ranking	147
6.7	Regionalisierung der Vorgaben	149
6.7.1	Wärmebereitstellung aus Nahwärme gemäß dem BMU-Langfristszenario (Ökologisch optimierter Ausbau).	149
6.7.2	Zuweisung des ausgewiesenen Nahwärmeausbaus zu den Gemeinden	149
6.7.3	Darstellung in digitalen Karten	150
6.7.4	Mögliche Grenzen eines Nahwärmeausbaus	155
6.7.5	Ergebnisse und Diskussion	157
6.7.6	Weiterer F&E-Bedarf	159
6.8	Regionalisierung der bestehenden Fernwärmeversorgung in Deutschland	161
6.8.1	Ziel	161
6.8.2	Datengrundlage	161
6.8.3	Räumliche Verortung der Versorgung	162
6.8.4	Auswahl des Gliederungskriteriums	162
6.8.5	Fehleranalyse	163
6.8.6	Darstellung der Fernwärmeversorgung	167
6.8.7	Gliederungskriterium Trassenlänge	168
6.8.8	Dynamisierung der Entwicklung der Fernwärme über den demografischen Wandel und die Wirtschaftlichkeit	168
6.8.9	Abbildung der Entwicklungspotenziale durch Verschneidung von Demografie und Wirtschaftlichkeit	171
6.9	EXKURS: Demografische Entwicklung in Nordrhein-Westfalen und im Ruhrgebiet. Auswirkungen auf die Haushaltsstruktur, die Wohnungsnachfrage und die Fernwärmeversorgung	172
6.9.1	Die demografischen Zukunft in NRW	173
6.9.2	Demografische Besonderheiten im Ruhrgebiet	174
6.9.3	Prognose zur Haushaltsentwicklung in NRW	175
6.9.4	Prognose zur Wohnungsnachfrage in NRW	176
6.10	Ergebnisse Regionalisierung Fernwärme und weiterer Forschungsbedarf	178
6.11	EXKURS: Dynamische Entwicklung in Ostdeutschland – Entwicklungsmöglichkeiten für die Wärmenetze bis 2020/2030	179
6.11.1	Entwicklung der Einwohnerzahlen und Nachfrage nach Wohnraum in Ostdeutschland in der Zukunft	179
6.11.1.1	Entwicklung der Einwohnerzahlen und deren Altersstruktur	179
6.11.2	Entwicklung des Wohnungsbestandes und seiner Gebäudestruktur	181
6.11.2.1	Entwicklung der Nachfrage nach WE	181
6.11.2.2	Entwicklung des Wohnungsneubaus und der Gebäudestruktur	186
6.11.3	Entwicklungsmöglichkeiten im Wärmebedarf in Ostdeutschland	190
6.11.3.1	Entwicklungen im Wärmeverbrauch - Verbesserung der Energieeffizienz an Wohngebäuden	190
6.11.3.2	Entwicklung der Heizungsstruktur	191
6.12	EXKURS: Analyse der dynamischen Veränderungen in konkurrierenden Marktfeldern	196

7 STRATEGIEN DER MARKTAKTEURE ZUM AUSBAU DER FERN- UND NAHWÄRMEVERSORGUNG	198
7.1 Ausgangsbedingungen	198
7.2 Marktakteure beim Ausbau der Fern- und Nahwärmeversorgung	199
7.2.1 Interessen und Strategien der Wärmenutzer	199
7.2.1.1 Wohnungswirtschaft und private Wohnungsvermieter	202
7.2.1.2 Eigentümer von Ein-/Zweifamilienhäusern und Selbstnutzer von Wohnungseigentum	204
7.2.2 Interessen und Strategien der Wärmeversorger	205
7.2.2.1 Versorgungswirtschaft	205
7.2.2.2 „Unabhängige“ Wärmeversorger	207
7.3 Flankierende energie- und klimapolitische Instrumente	209
8 LITERATUR	216

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Mit Fernwärme beheizte Wohnungen. Quelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 5.	22
Tabelle 2:	Raumwärmeverbrauch	31
Tabelle 3:	Realisierungsraten Sanierung	32
Tabelle 4:	Vergleich der Wärmebereitstellungskosten für eine Wohnscheibe mit 50 Wohneinheiten	39
Tabelle 5:	Geförderte KWK-Strommengen im Jahr 2004 nach KWKG (VDN 2005)	60
Tabelle 6:	Entwicklung der Fern- und Nahwärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien im Rahmen der Energieprojektion nach Energiereport IV [Prognos/EWI 2005]	61
Tabelle 7:	Annahmen zur zukünftigen Entwicklung von Leistungen, Wirkungsgraden und Investitionskosten fossiler Kraftwerke [Prognos / IER / WI 2001] bzw. [Enquete 2002]	83
Tabelle 8:	Funktion und Bedeutung von HDR-Kraftwerken im Energiesystem [WI 2004]	91
Tabelle 9:	Übersicht über Aktivitäten zur kombinierten geothermischen Strom- und Wärmeerzeugung in Deutschland bzw. mit deutscher Beteiligung [WI 2006]	93
Tabelle 10:	Funktion und Bedeutung dezentraler KWK-Anlagen im Energiesystem [WI 2006]	94
Tabelle 11:	Hemmnisse und Probleme bei Entwicklung und Markteinführung von BZrennstoffzellen [WI 2004]	102
Tabelle 12:	Fördernde Faktoren und Triebkräfte für Marktentwicklung von Brennstoffzellen [WI 2004]	103
Tabelle 13:	Klassifizierung der LaND25-Klassen zur einfacheren Verarbeitung.	128
Tabelle 14:	Altersklassen je Gebäudetyp am Beispiel 1-/2-Familienhaus	129
Tabelle 16:	Bodenfläche 2001 nach Nutzungsarten /StJB 2005/. * Die Werte für Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein und Thüringen sind ergänzt, entsprechend dem Flächenverhältnis von Sachsen. Für die Korrektur des LaND50-Datensatzes sind die grau unterlegten Daten relevant.	131
Tabelle 17:	Siedlungsflächen in Deutschland [1000 ha]	132
Tabelle 18:	Wohngebäudebestand in der BRD 2003 [StJB 2005] und Aufteilung in kleine (KMH) und große Mehrfamilienhäuser (GMH), graue Spalten.	133
Tabelle 19:	Wohngebäudebestand in der BRD 1993.	133
Tabelle 20:	Gebäudedichtematrix für Wohngebäude [Geb/ha], mittlere Werte für Deutschland	135

Tabelle 21:	Anzahl der Nichtwohngebäude für die gesamte Bundesrepublik Deutschland nach /DLR 2005/	135
Tabelle 22:	Gebäudedichtematrix für Nichtwohngebäude [Geb/ha], mittlere Werte für Deutschland.	136
Tabelle 23:	Wärmebedarf von Wohngebäuden. Beispiel alte Bundesländer, Einfamilienhaus	138
Tabelle 24:	Wärmebedarf je Gebäude (Nutzwärme einschl. Warmwasser)	139
Tabelle 25:	Wärmebedarf nach Siedlungstypen	139
Tabelle 26:	Netzverluste und zugehörige Ausgangsparameter (mittlere Werte für Deutschland)	141
Tabelle 27:	Konventionelle Investitionskosten je Gebäudetyp in €.	143
Tabelle 28:	Mittlere Leitungskosten für die vier Siedlungstypen.	144
Tabelle 29:	Klassifizierung der Jahressumme der Globalstrahlung für die Bewertung.	145
Tabelle 30:	Definition der Grenzen für das Ranking und die Punktevergabe	148
Tabelle 31:	Wärmebereitstellung aus Nahwärme laut Szenario „Ökologisch optimierter Ausbau“ /DLR 2004/. Die grau-markierten Felder sind für die Analyse relevant.	149
Tabelle 32:	Prozentuale Verteilung der für Nahwärme günstig bewerteten Gemeinden (Gesamtzahl rund 3300) auf die einzelnen Energieträger und deren Kombinationen.	152
Tabelle 33:	Absoluter und prozentualer Wärmebedarf der verschiedenen Siedlungstypen an der Nahwärmeversorgung mit Solar+Biomasse, Geothermie und fossilen-BHKW zum Erreichen der Szenario-Vorgaben von 8,3% (Solar+Biomasse), 1,1% (Geothermie) und 4,1% (fossile BHKW) des Gesamtwärmebedarfs in 2020.	155
Tabelle 34:	Absolute Anzahl und prozentuale Verteilung der verschiedenen Siedlungstypen an der Nahwärmeversorgung mit Solar+Biomasse, Geothermie und fossilen-BHKW zum Erreichen der Szenario-Vorgaben von 8,3% (Solar+Biomasse), 1,1% (Geothermie) und 4,1% (fossile BHKW) des Gesamtwärmebedarfs in 2020	155
Tabelle 35:	Aufteilung des bis 2020 ausschöpfbaren Potenzials für Nahwärmeversorgungen auf die Bundesländer [TWh/a]	157
Tabelle 36:	Länderschlüssel für die nachfolgenden Tabellen	164
Tabelle 37:	Übersicht der Fernwärmeversorgern mit Versorgungsgebieten in mehreren Bundesländern	164
Tabelle 38:	Fehleranalyse	166
Tabelle 39:	Entwicklung der Einwohner in Ostdeutschland	180
Tabelle 40:	Struktur der Bevölkerungsentwicklung in Ostdeutschland nach ausgewählten Altersgruppen (%)	181
Tabelle 41:	Durchschnittliche Belegung einer WE in Ostdeutschland (Ew/WE)	183
Tabelle 42:	Entwicklung des Wohnungsbestandes in Ostdeutschland (1.000 WE)	183
Tabelle 43:	Entwicklung des Bestands energieverbrauchswirksamer WE in Ostdeutschland im Zeitraum 2000 bis 2020 (Angaben in 1.000 WE)	184
Tabelle 44:	Gebäudestruktur im WE-Bestand in Ostdeutschland in %	185
Tabelle 45:	Entwicklung der Neubautätigkeit im Wohnungsbau Ostdeutschlands im Zeitraum 1998 bis 2004 (1.000 WE)	186
Tabelle 46:	Wohnungsneubau bis 2020	189
Tabelle 47:	Struktur der Wohnraumheizung 2004 für Ostdeutschland	192
Tabelle 48:	Entwicklung des WE-Bestandes nach Fern- und Nahwärmeversorgung	195

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anlagenbestand Biomasse(heiz)Kraftwerke in Deutschland - Stand März 2004 (http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/6958/35047/)	18
Abbildung 2: Zuwächse bei Anschlusswert und Trassenlänge in den alten (ABL) und neuen (NBL) Bundesländern. Quelle: Jahreshauptberichte der Fernwärmeversorgung.	20
Abbildung 3: Entwicklung von Raumwärmebedarf und Wohnflächen	27
Abbildung 4: Verbraucherpreisindizes	34
Abbildung 5: Marktanteile von Fernwärme nach EH&P 2005	43
Abbildung 6: Fernwärmeproduktion und Anteil der KWK in ausgewählten Nachbarländern	44
Abbildung 7: Leistungsverteilung der Modernisierungsanlagen im kommunalen Bereich [Matthes 2004]	59
Abbildung 8: Entwicklung des Wärmebedarfs im Nachhaltigkeitsszenario [BMU 2004]	64
Abbildung 9: Marktentwicklung (durchschnittliche Zubauraten im 10 Jahresmitte in MW/a, inkl. Anlagenersatz nach Betriebszeitende der 1. Generation) im Rahmen der Nachhaltigkeitsszenarien [nach BMU 2004]	66
Abbildung 10: Entwicklung der KWK-Strom- und Wärmeerzeugung im Szenario NaturschutzPlus I (s=Stromkennzahl) [BMU 2004]	67
Abbildung 11: Zubau an Kraftwerksleistung im Bereich KWK in GW (bei BHKW inkl. Anlagenersatz nach Betriebszeitende der 1. Generation) im Rahmen der Nachhaltigkeitsszenarien [nach BMU 2004]	67
Abbildung 12: Einsatz von Biomasse zur Deckung des Endenergiebedarfs in den verschiedenen Bereichen in PJ	69
Abbildung 13: Entwicklung der Beiträge erneuerbarer Energien zur Wärmeversorgung (Endenergie in PJ) im Szenario NaturschutzPlus II [BMU 2004]	69
Abbildung 14: Entwicklung des Wärmemarktes im Rahmen des Szenarios NaturschutzPlus II (Endenergie in PJ) im Zeitverlauf (BMU 2004)	70
Abbildung 15: CO ₂ -Minderungsbeiträge im Nachhaltigkeitsszenario im Vergleich zum Jahr 1998	71
Abbildung 16: Prinzip eines Nahwärmesystems	75
Abbildung 17: Vergleich der Baukosten in Deutschland und Finnland [Sirola 2004; AGFW 1997].	76
Abbildung 18: IGCC-Kohlekraftwerke als Einstieg in die kohlebasierte Synthesegas- und Wasserstoffwirtschaft (Polygeneration) Quelle:[WI 2004]	84
Abbildung 19: Jahresganglinie der benötigten Wärmeleistung der Bausparkasse Schwäbisch Hall AG	85
Abbildung 20: Energieflussbild der Kälte- und Stromversorgung	85
Abbildung 21: Geothermische Bohrung an der RWTH Aachen zur Wärme- und Kälteversorgung des Super-C- Centers	89
Abbildung 22: Schema zur Nutzung geothermischer Wärme in einer Sedimentgesteinsinformation nach dem HDR- Prinzip (PROMETHEUS-Projekt) (Erläuterungen zur Abbildung siehe Kapitelanfang)	92
Abbildung 23: 3 kW _{el} -Pellet-Stirlingmotor von Sunmachine (links) mit Funktionsprinzip des Upside-Down-Brenners (rechts)	98

Abbildung 24: Übersicht über innovative Mikro-KWK-Anlagen mit Verbrennungs-, Stirling- und Dampfmotorentchnik	105
Abbildung 25: Kollektorfeld in Kungälv/Schweden	106
Abbildung 26: Lärmschutzwall mit Kollektor in Neckarsulm-Amorbach	107
Abbildung 27: Blick auf Kollektordächer vom Kamin der Heizzentrale in Neckarsulm-Amorbach	109
Abbildung 28: Saisonaler Speicher (12 000 m³) in Friedrichshafen-Wiggenhausen	110
Abbildung 29: Nutzungsmöglichkeiten von Biomasse zur End- und Nutzenergiebereitstellung [Hartmann, Kaltschmitt 2002]	113
Abbildung 30: Bioenergieträgerpotenzial in Deutschland Energiepflanzen: Anbau auf jeweils 2 Mio ha, außer Sonnenblumen nur auf 80.000 ha angenommen, Potenziale alternativ Reststoffe: Potenziale addierbar [IE 2004/,/FAO 2000]	116
Abbildung 31: Der Datensatz LaND25 am Beispiel Stuttgart. (© Copyright by Infoterra GmbH, 2001)	127
Abbildung 32: Jährlicher Wärmebedarf in [MWh/ha] je Gemeinde für den Siedlungstyp ST IIIb (sehr dichte Bebauung). Netzverluste sind im Wärmebedarf nicht enthalten.	140
Abbildung 33: Darstellung der Gemeinden mit einem Fernwärmenetz, unterteilt in Trassenlänge >10km und ≤10km.	142
Abbildung 34: Gebiet mit möglichen hydrothermalen Energievorräten in Deutschland [Kayser und Kaltschmitt 1998].	145
Abbildung 35: Darstellung der Gemeinden und deren Jahressumme der Globalstrahlung (GHI) in kWh/m²a für das Jahr 2004	146
Abbildung 36: Gemeinden, die aufgrund der Analyse als geeignet erscheinen, die Gesamtvorgaben bezüglich der Nahwärmeversorgung aus dem BMU-Szenario zu erfüllen.	151
Abbildung 37: Geeignete Gemeinden nach Abbildung 35, die im ländlichen Raum (links) und im städtischen Raum (rechts) liegen.	153
Abbildung 38: Geeignete Gemeinden nach Abbildung 35, die günstige Bedingungen für Nahwärme innerhalb des Siedlungstyps ST II (links) und ST IIIa (rechts) aufweisen.	153
Abbildung 39: Geeignete Gemeinden nach Abbildung 35, die günstige Bedingungen für Nahwärme innerhalb des Siedlungstyps ST IIIb (links) und ST IV (rechts) aufweisen.	154
Abbildung 40: Übersicht über Fernwärmegebiete	167
Abbildung 41: Fernwärmeversorgung nach Trassenlänge in km	168
Abbildung 42: Demografische Entwicklung und Fernwärmegebiete	169
Abbildung 43: Fernwärmegebiete und Wirtschaftlichkeitskennwert	170
Abbildung 44: Verschneidung demografische Entwicklung und Wirtschaftlichkeit	171
Abbildung 45: Fernwärmegebiete in NRW	172
Abbildung 46: Fernwärmeversorgte Gebiete in NRW nach Trassenlänge in km	173
Abbildung 47: Fernwärmegebiete in NRW und demografische Entwicklung	175
Abbildung 48: Fernwärmeversorgte Gebiete in NRW und Entwicklung der Wohnungsnachfrage	177
Abbildung 49: Verschneidung fernwärmeversorgte Gebiete in NRW, demografische Entwicklung und Entwicklung der Wohnungsnachfrage	178
Abbildung 50: Schema zur Struktur der Akteure (Quelle: Eigene Darstellung)	201

1 Kernthesen

Derzeitiger Nutzungsstand der Fern- und Nahwärmeerzeugung in Deutschland und Trendentwicklung

- *Die Anschlussleistung der Fernwärme in Deutschland liegt bei rund 57.000 MWth, die Netzlänge beträgt rund 19.000 Kilometer. Der Anteil der Fernwärme am Raumwärmemarkt liegt bei 13,7 Prozent.*
- *Seit Mitte der neunziger Jahre der jährliche Zuwachs der Anschlussleistungen der Fernwärme rückläufig. Ursächlich hierfür sind vor allem Dämmmaßnahmen, Rückbau und Stilllegung. Letzteres besonders ausgeprägt in den neuen Bundesländern.*
- *Erweiterungsmöglichkeiten werden in erster Linie in der Verdichtung der Anschlüsse in bestehenden Netzen, sowie bei der Erweiterung an den Rändern gesehen.*
- *Die Preisentwicklung der Fernwärme konnte sich trotz deutlich steigender fossiler Energieträgerpreise nicht entscheidend von der Entwicklung bei den fossilen Energieträgern abkoppeln.*
- *Die Marktanteile von Fernwärme sind in den Ländern der EU sehr unterschiedlich. Die höchsten Anteile werden in den skandinavischen Ländern und den neuen, östlichen EU-Ländern angetroffen. Mit bis zu 70 % wurden in einzelnen Ländern deutliche höhere Versorgungsanteile als in Deutschland erreicht.*
- *Das KWK-Gesetz hat zu einem deutlichen Modernisierungsschub vor allem bei bestehenden kommunalen KWK-Anlagen geführt.*
- *Mit Stand September 2006 lag der CO₂-Minderungseffekt des KWKG zwischen 3,3 und 10 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr.*
- *Angereizt durch das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) hat ein erheblicher Ausbau der KWK-Anlagen auf regenerativer Brennstoffbasis stattgefunden.*
- *Auf die Entwicklung der Nah- und Fernwärme wirken sich neben der Bevölkerungsentwicklung in erster Linie die steigenden Preise fossiler Energieträger, die energetische Gebäudesanierung und die siedlungsstrukturelle Entwicklung aus.*
- *Es kann davon ausgegangen werden, dass die Wohnflächen pro Kopf weiter steigen, dass der Raumwärmebedarf pro Quadratmeter Wohnfläche deutlich sinkt und dass als Ergebnis dieser beiden Trends auch der Raumwärmebedarf pro Kopf in den nächsten Jahrzehnten sinken wird. Die Wärmedichte wird hierdurch vermutlich signifikant abnehmen.*

Ausbau der Fern und Nahwärme als strategisches Klimaschutzelement

- *Aus Nachhaltigkeitsgesichtspunkten müssen die CO₂-Emissionen bis 2020 um 40 % und bis 2050 um 80 % gesenkt werden (Nachhaltigkeitsszenario UBA 2002).*

-
- *Notwendig hierfür ist die Steigerung der Energieproduktivität, die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien, der deutliche Ausbau der dezentralen KWK (Nahwärme, Einzelobjekte) sowie Erhalt und Modernisierung von Heizkraftwerken (Fernwärme). Die regenerative Nahwärme muss deutlich ausgebaut werden.*
 - *Um die CO₂-Minderungsziele zu erreichen, muss sich der Anteil der Fern- und Nahwärme im deutschen Wärmemarkt Szenarioergebnissen zufolge bis 2050 gegenüber heute verdoppeln (Szenario NaturschutzPlus II - BMU 2004). Der Anteil erneuerbarer Energien im Segment der Nahwärme soll bis 2050 auf rund 75 Prozent steigen.*

Synoptische Übersicht über den Stand der Forschung

- *Es wird erwartet, dass die Wirkungsgrade in konventionellen (fossilen) Großkraftwerken bis 2030 aufgrund technologischer Verbesserungen deutlich erhöht werden können.*
- *Der Übergang auf alternative Kraftwerkskonzepte (z.B. Vergasung) ermöglicht zusätzliche Steigerungen der Wirkungsgrade.*
- *Die Integration zusätzlicher Wärmesenken (z.B. KWKK) kann zu einer verbesserten Auslastung der KWK-Anlagen führen und hat ökologische Vorteile.*
- *Durch Zufeuerung von Biomasse, Biomasse-Heizkraftwerke sowie die Geothermische Wärme- und Stromerzeugung können erneuerbare Energien bei der zentralen Erzeugung von Fernwärme integriert werden.*
- *Im Bereich der dezentralen Anlagen stellen (Mini-) Motor-BHKW, Mikro-Gasturbine, Stirling-Motor, Dampf(schrauben)motor und die Brennstoffzelle innovative Optionen dar, die zusätzliche Anwendungspotenziale für die KWK erschließen lassen.*
- *Netzseitig bestehen verschiedene Möglichkeiten zur Kostensenkung über innovative Verlegeverfahren und strukturelle Umstellungen.*

Räumlich-strukturelle Entwicklungsmöglichkeiten der Wärmenetze

- *Die Regionalisierung der Ausbaumöglichkeiten der Nahwärmeversorgung erfolgt anhand eines Indikator gestützten Modells.*
- *Die Wärmenachfrage wird aus der Verbindung von Strukturmerkmalen (Einwohnerdichte, Flächennutzung, ...) und einer Gebäudetypologie nach Alter und Gebäudetyp gemeindescharf abgebildet.*
- *Die Berücksichtigung der lokalen Verfügbarkeit erneuerbarer Energien hat einen großen Einfluss auf die Wahl von günstigen Standorten für ein Nahwärmesystem.*
- *Große Teile des bis zum Jahr 2020 bevorzugt ausschöpfbaren Potenzials regenerativer Nahwärme befinden sich in ländlich strukturierten Gemeinden.*

-
- *Im Mittel bieten Gemeinden im Süden Deutschlands bessere Randbedingungen für regenerative Nahwärmenetze als im Norden und in den neuen Bundesländern.*
 - *Aus der räumlichen Verteilung der günstigsten Standorte für Nahwärme ergeben sich keine Einschränkungen des Nahwärmepotenzials.*
 - *Demografische Entwicklung und Sanierungsmaßnahmen führen zu abnehmender Wärmedichte und stellen damit die Fernwärmeversorgung vor einen erheblichen Anpassungsbedarf.*
 - *Nur ein geringer Anteil der heute Fernwärme versorgten Gebiete liegt in Regionen mit erwartbarem Bevölkerungszuwachs. Ein erheblicher Anteil liegt genau in den Regionen für die ein signifikanter Bevölkerungsrückgang erwartet wird (z.B. nördliches Ruhrgebiet).*

Mögliche Strategien der Marktakteure

- *Die Wohnungswirtschaft ist tendenziell nicht daran interessiert, eine eigene Wärmeversorgung aufzubauen und zu unterhalten, sondern dieses eher durch Dritte (Contracting) durchführen zu lassen. Hierdurch ergeben sich Anknüpfungspunkte vor allem für die Nahwärmeversorgung.*
- *Bei privaten Eigentümern von Mehrfamilienhäusern steht der Renditegedanke ebenfalls im Vordergrund, ein ähnliches Verhalten wie das der Wohnungswirtschaft ist wahrscheinlich.*
- *Das vorrangige Interesse der Fernwärmeversorger ist der Erhalt bestehender Netze sowie die Verdichtung entlang der Trassen. Ein darüber hinaus gehender nennenswerter Ausbau ist unwahrscheinlich.*
- *Es gibt ein umfangreiches Instrumentarium, das zur Förderung der KWK-Nutzung und damit auch zur Förderung von Wärmenetzen beiträgt. Die Wirkung dieser Instrumente hat bisher aber eher nur die Modernisierung oder Erneuerung der Erzeugungsanlagen bewirkt und weniger zu einem Ausbau der Fernwärmenetze beigetragen. Effekte zu neuen – aber eher kleineren Netzen – sind aber im Zusammenhang mit dem EEG zu beobachten.*
- *Ein nennenswerter Ausbau der Wärmenetze war in der Vergangenheit immer mit mehr oder weniger großen staatlichen Förderprogrammen verbunden. Für die Unterstützung des weiteren Ausbaus von Wärmenetzen kann an die bestehenden Instrumente angeknüpft werden, allerdings sind die skizzierten Anreizwirkungen mehr auf den Ausbau der Wärmenetze zu beziehen, als dies in der Vergangenheit der Fall war.*
- *Letztendlich muss eine konkrete Umsetzung der identifizierten Potenziale für den Ausbau oder den Neubau von Wärmenetzen auf lokaler Ebene erfolgen. Hierzu sind lokale Analysen über das Wärmepotenzial, wie sie früher in Energie- und Klimaschutzkonzepten durchgeführt wurden, wieder stärker in den Fokus zu rücken.*

2 Zusammenfassung

Derzeitiger Nutzungsstand und Trendentwicklung

Fernwärme gehört in Deutschland zu den traditionellen Endenergieträgern. Die Anschlussleistung der Fernwärme liegt derzeit bei rund 57.000 MWth. Die erzeugte Wärme wird über 1.400 Netze mit einer Gesamtlänge von ca. 19.000 Kilometern verteilt. Der Anteil der mit Fernwärme beheizten Wohneinheiten stieg von 9,7 Prozent im Jahr 1993 auf 13,7 Prozent in 2003. Etwa 550 der rund 1.000 deutschen Energieversorgungsunternehmen beliefern die Haushalte mit Nah- und Fernwärme.

Festzustellen ist allerdings auch, dass die Anschlussleistung der Fernwärme in den letzten Jahren stagniert. Ursächlich hierfür sind vor allem Dämmmaßnahmen, der Rückbau und die Stilllegung von Netzen, aber auch nachfrageseitige Veränderungen, welche durch Verdichtungs- und Erweiterungspotenziale gerade noch kompensiert werden können.

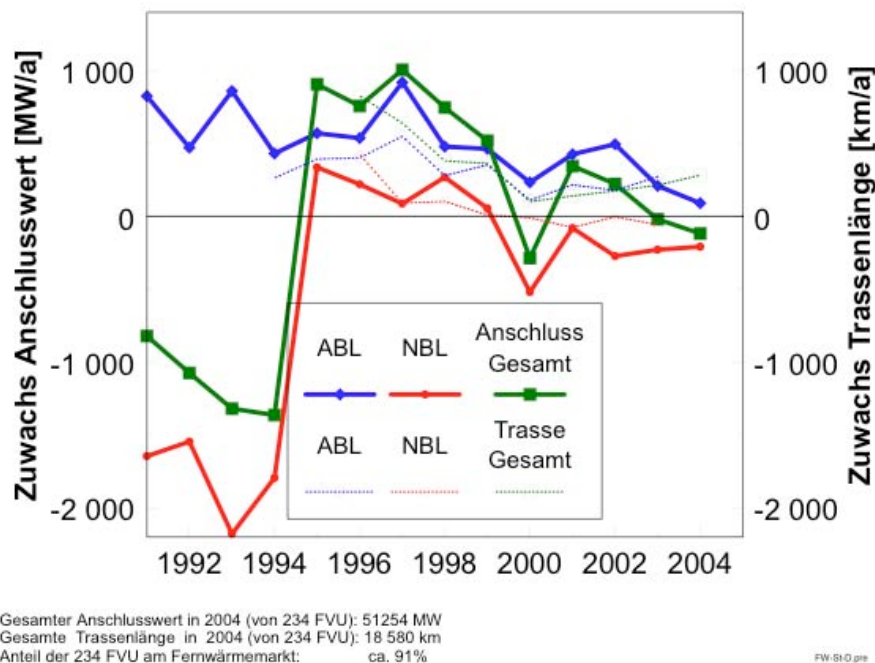


Abbildung 1: Zuwächse bei Anschlusswert und Trassenlänge in den alten (ABL) und neuen (NBL) Bundesländern¹. Quelle: Jahreshauptberichte der Fernwärmeversorgung.

Für die Zukunft ist damit zu rechnen, dass die demografische Entwicklung in Deutschland signifikanten Einfluss auf den Energiesektor und insbesondere die netzgebundenen Energieträger haben wird. Geburtenrückgang, Alterung und starke regionale Wanderungen seit der Wiedervereinigung prägen das demografische Geschehen in Deutschland heute schon nachhaltig und führen zukünftig zu, regional ausdifferenzierten, erheblichen Bevölkerungs-

¹ Die Angaben berücksichtigen nur diejenigen Energieversorgungsunternehmen, welche Daten zu dem jeweiligen Hauptbericht der Fernwärmeversorgung geliefert haben.

rückgängen. Je nach Prognosevariante geht das Statistische Bundesamt für das Jahr 2050 von einer Bevölkerung zwischen 67 Millionen und 81 Millionen aus. Zu den Verliererregionen zählen hier zum einen die altindustriellen Regionen im Osten wie im Westen des Landes, ebenso wie die stark ländlich geprägten Gebiete. Diese Entwicklungen werden sich über die Nachfrage nach Wohnraum direkt auf die Wärmenachfrage auswirken. Auch wenn die Pro-Kopf-Wohnflächen in den nächsten Jahrzehnten noch weiter steigen werden, bis 2030 wird von einem Anstieg auf 57 Quadratmeter ausgegangen, so wird der hiermit verbundene Nachfrageeffekt durch eine etwa Halbierung des spezifischen Raumwärmebedarfs im selben Zeitraum überkompensiert werden, fortschreitende Sanierung vorausgesetzt. Eine Entwicklung, kombiniert mit insgesamt sinkender Zahl der Wärmenachfrager, die den Wärmemarkt vor eine neue Herausforderung stellt.

Die Unsicherheit für die Planung zukünftiger Aktivitäten nimmt entsprechend zu. Dies gilt auch für die Entwicklung der Energieträgerpreise, die in den letzten Jahren schon deutlichen Veränderungen unterworfen waren. Ein deutlicher Anstieg ist sowohl für Heizöl und Gas aber trotz Effizienzvorteilen auch bei der Fernwärme erkennbar. Die Fernwärme konnte daher nicht automatisch von den gestiegenen Preisen der Konkurrenzenergieträger profitieren. Neben Preisentwicklung für den Brennstoff der Fernwärme-Erzeugungsanlagen müssen bei der Fernwärme noch zusätzlich strukturelle Veränderungen für den Preisanstieg verantwortlich gemacht werden. In erster Linie sind an dieser Stelle die Entwicklung des Wohnungsleerstandes und Rückbau von Wohngebäuden, vor allem in Ostdeutschland, und die verbesserten Wärmedämmmaßnahmen zu nennen. Faktoren, welche die Versorgungsunternehmen zwingen, die gleichbleibenden Fixkosten auf eine rückläufige Wärmenachfrage zu verteilen.

Beim Blick auf die Länder der EU lässt sich insgesamt eine positive Entwicklung des Fernwärmeabsatzes, mit einer jährlichen Steigerungsrate von einem Prozent, feststellen. Besonders Österreich und Schweden können ihr Absätze deutlich erhöhen. Einige EU-Länder weisen dabei einen deutlich höheren Fernwärme-Anteil in der Versorgung auf.

Zuwachschancen werden auch auf dem deutschen Wärmemarkt gesehen. Eine Befragung der Akteure des Marktes ergab, dass die netzgebundene Wärmeversorgung als umweltfreundlich und komfortabel angesehen wird. Es wird in der Befragung jedoch auch deutlich, dass die bereits beschriebenen dynamischen Prozesse, wie der demografische und siedlungsstrukturelle Wandel die Bereitsstellung von Nah- und Fernwärme vor neue Herausforderungen stellen. Dennoch werden in bestimmten Bereichen auch zukünftig Wettbewerbsvorteile, vor allem gegenüber anderen Energieträgern gesehen. Um diese jedoch ausschöpfen zu können und neue technologische Entwicklungen marktfähig machen zu können, erhoffen sich die Akteure auf dem Wärmemarkt eine deutliche Unterstützung seitens der Politik.

Fern- und Nahwärme als Klimaschutzelement

Die Steigerung der Energieeffizienz stellt eine der wesentlichen Säulen zur Erreichung der Klimaschutzziele dar. Dem Ausbau der Nah- und Fernwärme insbesondere in Form von effizienten KWK-Anlagen kommt dabei eine wesentliche Bedeutung zu. Dieses gilt sowohl für die öffentliche und dezentrale KWK auf fossiler Brennstoffbasis als auch für die Bereitsstellung von Nahwärme aus regenerativen Energien.

In den Nachhaltigkeitsszenarien, die im Auftrag von UBA und BMU erstellt wurden, wird davon ausgegangen, dass sich die nachfrageseitigen Rahmenbedingungen des Wärmemarktes, in den nächsten Jahrzehnten massiv ändern müssen. So wird unterstellt, dass der

Gebäudebestand bis 2050 weitgehend saniert sein wird und auch im Neubau von einer verstärkten Umsetzung verbesserter Standards ausgegangen werden kann. Der aus der erhöhten Energieeffizienz resultierende Rückgang der Raumwärmenachfrage wird im Nachhaltigkeitsszenario auf über 50 Prozent im Vergleich zum Jahr 2000 prognostiziert. Die verbleibende Nachfrage liegt in 2050 bei 2.800 PJ (Referenz: 4.700 PJ).

Für den Ausbau der Nah- und Fernwärme wird im Rahmen dieses Szenarios angenommen, dass es weiterhin zu einem stetigen Ersatz der bestehenden KWK-Anlagen der öffentlichen Fernwärmeversorgung durch Anlagen mit höherer Stromkennzahl kommen muss. Darüber hinaus wird ein massiver Ausbau der industriellen und der dezentralen KWK unterstellt. Mikrogasturbinen, gegebenenfalls auch der Einsatz von Brennstoffzellen, erweitern hier die Produktpalette auch für Neubausiedlungen, die Versorgung von größeren Gebäude- und Gewerbekomplexen sowie öffentlichen und privaten Einrichtungen. Im Ergebnis wird im Nachhaltigkeitsszenario davon ausgegangen, dass sich der Beitrag der KWK zur Bruttostromerzeugung von derzeit 80 TWh bis 2050 auf knapp 200 TWh erhöhen wird, die Wärmemenge steigt im selben Zeitraum weniger stark von aktuell rund 180 TWh auf ca. 200 TWh an. Auch wenn dieser Anstieg auf der Wärmeseite gering erscheinen mag, so bedeutet er dennoch, aufgrund der Umsetzung von Einsparoptionen, einen Anstieg auf 25 Prozent des Wärmebedarfs. Der Anteil der KWK an der Stromerzeugung wird im Jahr 2050 bei rund 40 Prozent liegen.

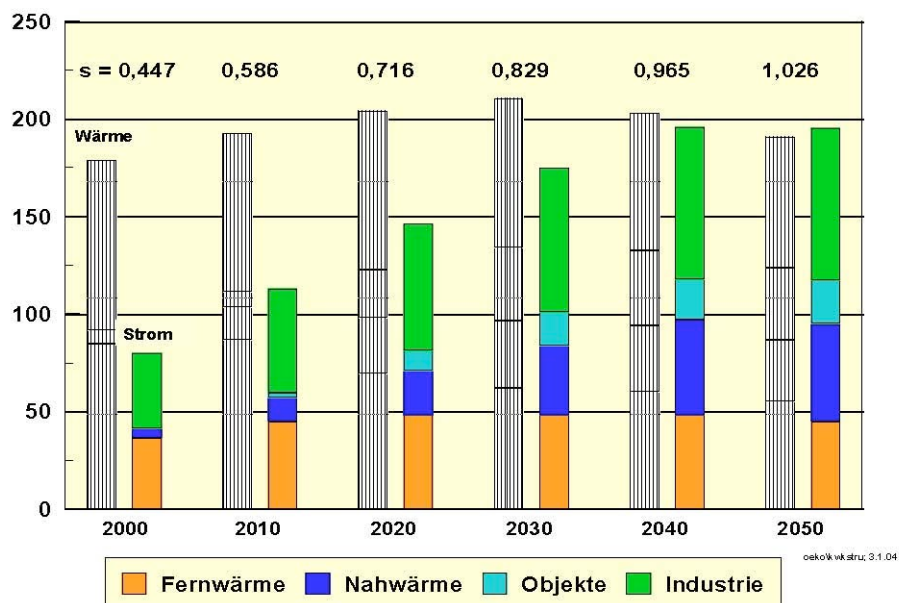


Abbildung 2: Entwicklung der KWK-Strom- und Wärmeerzeugung im Szenario NaturschutzPlus I (in TWh, s= Stromkennzahl) (BMU 2004)

Hinsichtlich der Entwicklungsmöglichkeiten der Fernwärme wird dementsprechend davon ausgegangen, dass die rückläufige spezifische Wärmenachfrage durch Anschlussverdichtungen in bestehenden Netzen und Ausweitungen an den Rändern zumindest teilweise kompensiert werden kann. Abgeschätzt wird hier eine Erhöhung der Anschlussleistung um 15 Prozent. Vor allem trägt aber der Ausbau der dezentralen KWK dazu bei, dass es insgesamt zu einem steigenden Beitrag der Nah- und Fernwärme kommt. Zentrale und dezentrale

KWK-Anlagen werden dabei einen signifikanten Beitrag zum Ausgleich des fluktuierenden Energieangebots erneuerbarer Energien leisten können.

Neben der Ausweitung der fossilen netzgebundenen Wärmebereitstellung kommt den erneuerbaren Energien eine hohe Bedeutung in den Nachhaltigkeitsszenarien zu. Demnach kommt in der Ausweitung der netzgebundenen Wärmeversorgung der Biomasse bereits kurzfristig, später dann aber zunehmend auch Kollektoranlagen und der Geothermie eine wichtige Rolle zu. Bis 2050 wird mehr als drei Viertel der Wärme aus erneuerbaren Energien in Nahwärmenetzen bereitgestellt.

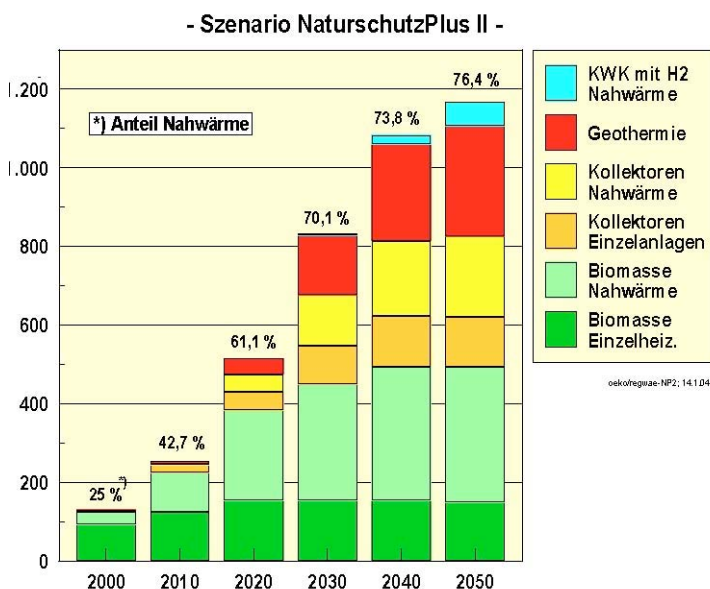


Abbildung 3: Entwicklung der Beiträge erneuerbarer Energien zur Wärmeversorgung (Endenergie in PJ) im Szenario NaturschutzPlus II [BMU 2004]

Stand der Erzeugungs-und Verlegungstechniken

Der internationale Vergleich zeigt, dass die Kosten für die Verlegung in Deutschland um den Faktor drei höher liegen als beispielsweise in Dänemark oder Finnland. Dieses scheint nicht nur, aber auch technische Gründe zu haben. Zur Kostenreduzierung bieten sich neue Technologien an, vor allem das Duo-Rohr, in welchem Vor-und Rücklauf des Fern-oder Nahwärmenetzes in einer flexiblen Rohrleitung zusammengefasst werden, stellt hier eine Option dar.

Technologische Verbesserungsmöglichkeiten bieten sich aber vor allem im Bereich der Kraftwerke. So wird erwartet, dass die elektrischen Wirkungsgrade in fossilen Kraftwerken bis 2030 deutlich gesteigert werden können (Beispiel: Kondensations-GuD-Anlagen (500 MWel) heute 58 % 2030 63 %). Weitere Steigerungen ergeben sich gegebenenfalls darüber hinaus durch den Übergang auf alternative (Kohle-)Kraftwerkskonzepte, zum Beispiel druckaufgeladene stationäre Wirbelschichtbefeuerung, Druckkohlenstaubbefeuerung oder Kohlekraftwerke mit integrierter Vergasung. Diese Anwendungen stehen auch für große KWK-Anlagen zur Verfügung.

Grundsätzliche neue Anwendungen, wie die Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung, können in Zukunft an Bedeutung gewinnen und neben den ökonomischen Vorteile durch verbesserte Auslastung der KWK-Anlagen auch deutlich positive ökologische Effekten mit sich bringen.

Innovative Technologien im Bereich der dezentralen KWK (Motor-BHKW, Mikro-Gasturbine, Stirling-Motor, Dampf(schrauben)motor, Brennstoffzelle) führen ebenfalls zu Verbesserung der Wirkungsgrade. Über die Integration erneuerbarer Energien, lässt sich der ökologische Effekt noch erhöhen.

In Bezug auf die netzgebundene regenerative Wärmebereitstellung ergeben sich insbesondere durch die Verwendung von Biomasse folgende Optionen:

- *Aufbau und Versorgung kleinerer Wärmenetze in ländlichen Regionen.*
- *Versorgung bestehender oder neuer Wärmenetze in Siedlungsgebieten, wenn Anlagenstandorte an den Siedlungsrändern zur Verfügung stehen. In diesem Fall kommen auch nachwachsende Rohstoffe als Bioenergieträger in Betracht.*
- *Perspektivisch ist auch verstärkt die Einspeisung von Biogas – nach entsprechenden zusätzlichen Aufbereitungsmaßnahmen – in das Erdgasnetz zu erwarten, um dann in bestehenden oder neuen Heizzentralen – mit oder ohne KWK – als Brennstoff genutzt zu werden. Hierdurch würde eine weitgehende Unabhängigkeit von Biomasseanfall und Ort des Wärmebedarf ermöglicht. Erste Projekte hierzu sind in der Realisierung (z.B. in Aachen und München) bzw. stehen kurz vor der Inbetriebnahme.*

Als flüssige Brennstoffe aus Biomasse kommen für die Nutzung zur Wärmebereitstellung in der Regel in Verbindung mit einer gekoppelten Stromproduktion in einem BHKW biogene Kraftstoffe (Biodiesel, Bioethanol) und Pflanzenöle (Raps-oder Sonnenblumenöl) in Betracht. Auf dem deutschen Markt etablieren sich zunehmend auch importierte Palmöle aus Asien zur Strom-und Wärmeerzeugung, was durchaus zu einer zur Zeit kontroversen Diskussion führt. Die Nutzung flüssiger Bioenergieträger besitzt die größte Flexibilität hinsichtlich Anlagenstandort und Anlagengröße und kann auf erprobte und etablierte Technologien aufbauen. Aus technischer Sicht bietet sich somit ein großes Einsatzpotenzial für die netzgebundene Wärmebereitstellung.

Die solaren Nahwärmesysteme mit saisonaler Zwischenspeicherung bieten Möglichkeiten, günstige solare Wärmekosten und hohe solare Deckungsanteile zu erreichen. Es existieren zahlreiche unterschiedliche Speicherkonzepte, eine optimale Lösung bei der Konstruktion von Langzeitspeichern hat sich bisher noch nicht etabliert.

Die anteilige Bereitstellung von Wärme durch erneuerbare Energien gewinnt auch bei zentralen Anlagen an Bedeutung. Zahlreiche Co-Firing-Kraftwerke, die eine Beifeuerung mit Biomasse ermöglichen, sind in Europa und den USA in Betrieb. Unterschiedliche politische Anreizregelungen, um diese Entwicklung zu unterstützen sind in der Diskussion. Die geothermische Wärme-und Stromerzeugung (Hot-Dry-Rock-Kraftwerk) stellt eine weitere Optionen der Integration von erneuerbaren Energien in die Wärmeversorgungsstruktur dar.

Räumlich-strukturelle Entwicklungsmöglichkeiten

Wesentliches Ziel der Untersuchung war das „Runterbrechen“ aggregierter Szenariovorgaben für den Ausbau von Fern-und Nahwärme (inkl. regenerativer Nahwärme) aus den Nachhaltigkeitsszenarien auf die regionale Ebene.

Um die räumlich-strukturellen Entwicklungsmöglichkeiten von Nahwärme aufzuzeigen und örtliche Ausbaupotenziale zu lokalisieren, wird der Satellitendatensatz LaND25 der Firma Infoterra verwendet. Dieser liefert Karten mit einem Auflöseraster von 25x25 m. Aus ihm können wichtige Informationen zur Siedlungsstruktur und zum lokalen Potenzial erneuerbarer Energien abgeleitet werden. Die Methodik zur Nutzung dieser Informationen wird für die vorliegende Studie neu entwickelt und im Folgenden beschrieben.

Mit Hilfe der Satellitendaten können vier unterschiedliche Siedlungstypen (ST) identifiziert werden:

1. *Dorf-und Stadtrandgebiete (ST II)*
2. *Bebauung mittlerer Dichte (ST IIIa)*
3. *Dichte und sehr dichte Bebauung (ST IIIb)*
4. *Industrie-und Gewerbeflächen (ST IV)*

Mittels GIS-Verfahren (Geografisches Informations System) lassen sich die Flächen dieser Siedlungstypen für jede Gemeinde bestimmen.

Für die Ermittlung der Wirtschaftlichkeit und der Wärmeverluste von Nahwärmenetzen sind des weiteren die lokalen Gebäudedichten und der lokale Wärmebedarf von Bedeutung. Die Gebäudeanzahl liefert ein Datensatz der Firma infas-Geodaten, welcher gemeindescharf die Anzahl der Gebäude, untergliedert nach Gebäudetyp und Baualtersklasse, enthält. Die Verteilung dieser Gebäude innerhalb der vier Siedlungstypen einer Gemeinde erfolgt nach einem in vorhergehenden Studien [AGFW 2004] erarbeiteten Schlüssel. Der Wärmebedarf dieser Gebäude wird in Abhängigkeit von Typ und Baualtersklasse errechnet. Ergebnis dieser Berechnungen sind die Gebäude-und Wärmedichten (Wärmebedarf je Siedlungsfläche) für jeden der vier Siedlungstypen in jeder beliebigen deutschen Gemeinde.

Aus diesen gemeindespezifischen Angaben zu Gebäude-und Wärmedichten lassen sich die Trassenlänge und die Investitionskosten für das Netz sowie die Netzverluste näherungsweise ableiten.

An den Datensätzen der Firmen Infoterra und infas-Geodaten müssen Korrekturen angebracht werden. Grundsätzlich wurde ein Abgleich mit den amtlichen Statistiken durchgeführt. Auf diese Weise wurde sichergestellt, das sich in der Summe über alle Gemeinden die korrekten Werte für die Anzahl an Wohngebäuden und für den gesamten Wärmebedarf ergibt. Sehr hoher Anpassungsbedarf ergab sich dabei für

- *die Industrie-und Gewerbeflächen*
- *die Anzahl der Nichtwohngebäude*

Das energetische Potenzial von Biomasse wird aus den Flächen für Wald, Acker-und Dauergrünland ermittelt, die in den Satellitenkarten ausgewiesen werden. Dabei wird das Biomasse-Potenzial auf dem Gebiet der Gemeinde ins Verhältnis zu ihrem Wärmebedarf gesetzt. Auch für die Bestimmung der lokalen solaren Einstrahlung werden Satellitendaten genutzt. Die örtliche Verfügbarkeit von Geothermie ergibt sich aus regional differenzierten Untersuchungen von Kayser und Kaltschmitt.

Ein zukünftiger Bevölkerungsrückgang, wie er schon heute in den neuen Bundesländern beobachtet wird, wirkt sich sehr ungünstig auf die Wirtschaftlichkeit von Nah-und Fernwärmenetzen aus. Um diese dynamischen Effekte zu berücksichtigen, werden die auf Kreisebene vorliegenden demografischen Prognosen des Berlin Instituts [Berlin Institut 2006] genutzt.

Die Gemeinden, die aufgrund der ermittelten Kennwerte für die Installation von Nahwärme aus erneuerbaren Energien am günstigsten erscheinen, werden mit Hilfe eines Ranking-Verfahrens ermittelt. Dazu werden für jeden der vier Siedlungstypen innerhalb einer Gemeinde in Abhängigkeit von folgenden Kennwerten in einem gewichteten Verfahren Punkte vergeben.

Kennwert Maximale Punktzahl

Wirtschaftlichkeit	10
Demographische Prognose	5
Netzverlust	5
Verfügbarkeit von Holz	7
Verfügbarkeit von Stroh	3
Verfügbarkeit von Gülle	3
Einstrahlung	3
Verfügbarkeit von Geothermie	4

Dem Kennwert „Wirtschaftlichkeit“ wird dabei die höchste Bedeutung zugemessen.

Es werden in der Reihenfolge des Rankings die günstigsten Gemeinden ausgewählt, bis die in den Nachhaltigkeitsszenarios ausgewiesene Potenzialausschöpfung erreicht ist. Insgesamt wird dort für 2020 ein Nahwärmepotenzial von 13,5%, bezogen auf den gesamten Wärmebedarf an Raumwärme und Warmwasser, ausgewiesen, davon über die Hälfte für Biomasse. Gemeinden, die schon heute über große Fernwärmenetze verfügen, werden nicht in dieses Ranking-Verfahren zur Ermittlung der zukünftig günstigsten Standorte für Nahwärme einbezogen. Die Ergebnisse des Ranking-Verfahrens werden in Karten dargestellt.

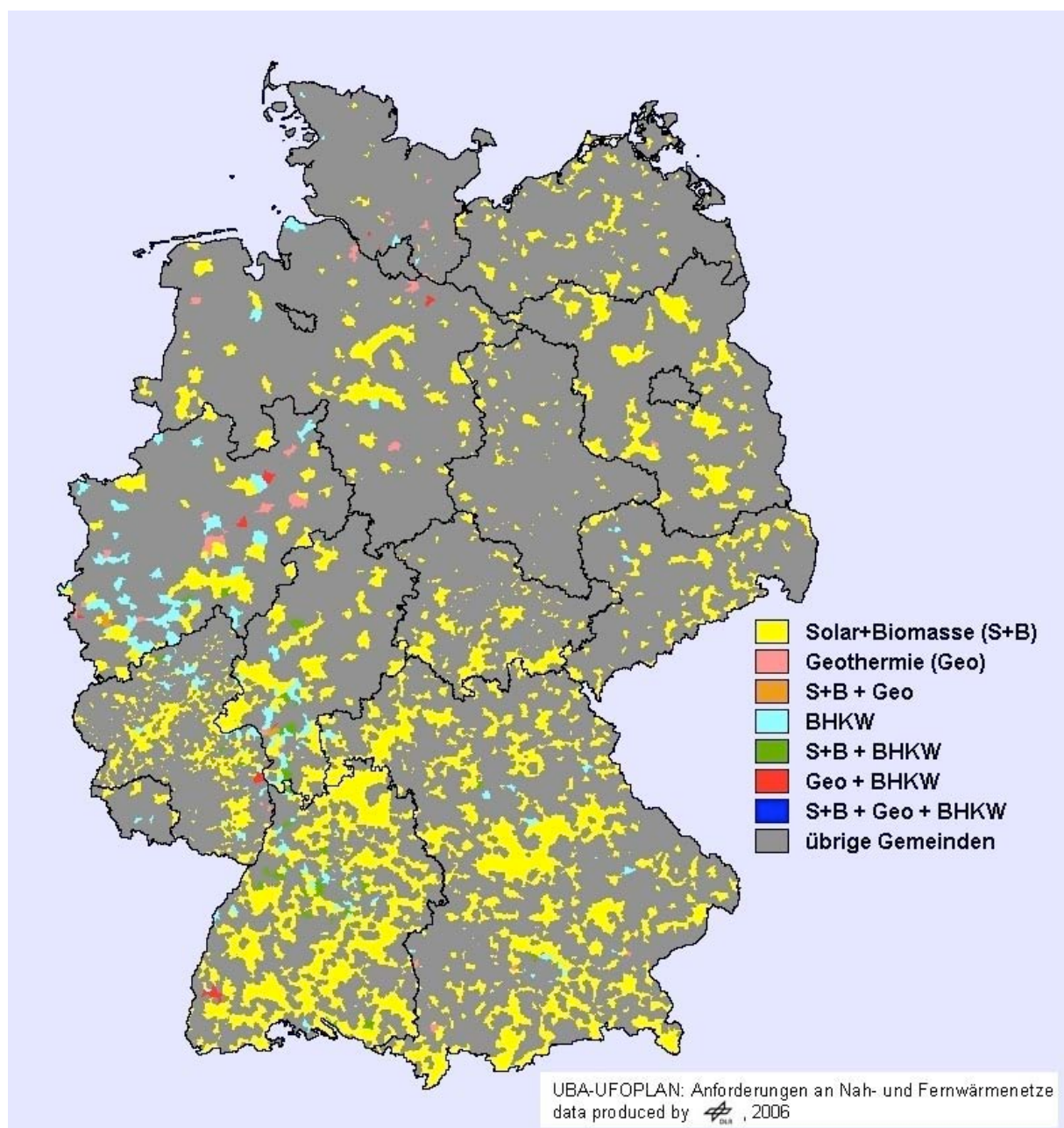


Abbildung 4: Räumliche Verteilung des Ausbaupotenzials für Nahwärme im Jahr 2020

Die dargestellten digitalen Karten lassen erkennen, dass die vorteilhaftesten Standorte für Nahwärme tendenziell im Süden Deutschlands liegen. Auf die beiden südlichen Bundesländer Baden-Württemberg und Bayern entfallen allein 48% dieses Potenzials. Diese Konzentration der vorteilhaftesten Standorte auf den Süden wird verursacht durch Unterschiede in der Bebauungsdichte, der für diese Regionen günstigen, demografischen Prognose und der höheren solaren Einstrahlung.

Ein großer Teil des Nahwärmepotenzials wird innerhalb des aufgelockert bebauten Siedlungstyps ST II ausgewiesen, bevorzugt im ländlichen Raum, da hier die Bedingungen für die Nutzung von Biomasse und solarer Wärme besonders günstig sind. Durch die Berück-

sichti-gung der erneuerbaren Energien kommt es zu einer gegenüber der AGFW-Fernwärmestudie [AGFW 2004] zusätzlichen Ausweisung von geeigneten Standorten für die netzgebundene Wärmeversorgung. Die AGFW-Studie konzentriert sich auf die zusätzlichen Fernwärmepotenziale, die ausschließlich in einwohnerreichen, städtischen Kommunen mit günstiger Siedlungsstruktur und hohen Gebäudedichten ausgewiesen werden. Das Potenzial erneuerbarer Energien ist aber gerade in den kleinen Gemeinden am größten.

Dagegen befindet sich das in der Untersuchung ebenso betrachtete, auf fossilen Energieträgern basierte BHKW-Potenzial, in Übereinstimmung mit der AGFW-Studie überwiegend in Gemeinden mit städtisch geprägtem Umfeld mit hohen Gebäudedichten, ein großer Teil davon in den fernwärmefreien Gemeinden Nordrhein-Westfalens.

Den Vorteilen, die ländliche Gemeinden bei der Nutzung der lokalen Potenziale an erneuerbaren Energien aufweisen, stehen die Nachteile bei der Siedlungsstruktur entgegen. Die Gebäude- und Wärmedichten sind im ländlichen Raum geringer als in den städtisch geprägten Gebieten. Dies führt zu Trassenlängen, welche groß sind im Vergleich zu der über das Netz verteilten Wärmemenge. Daher muss den Verlegekosten je Trassenmeter und den Leitungsverlusten noch größere Aufmerksamkeit als in den städtischen Nah- und Fernwärmegebieten gewidmet werden. Die damit verbundenen Probleme sind aber grundsätzlich beherrschbar wie das Beispiel Dänemarks zeigt, wo noch Gebiete mit weitaus geringeren Wärmedichten als in typischen deutschen Landgemeinden für die netzgebundene Wärmeversorgung erschlossen werden.

Der Aufwand für den hier zugrunde gelegten Ausbau von Nahwärme bis 2020 ist erheblich. Aus den vorgestellten Untersuchungen zur Regionalisierung des Potenzials von Nahwärmenetzen ergeben sich aber keine grundsätzlich neuen Einschränkungen für dieses Ausbaupotenzial. Zur Verwirklichung des Potenzials muss aber die heutige europaweite Produktion von Fernwärmeleitungen kräftig ausgebaut werden. Die Deckung des zusätzlichen Bedarfs wird aber der betroffenen Industrie keine größeren Probleme verursachen. Problematischer ist dagegen die Aufgabe einzuschätzen, in der deutschen Bevölkerung eine ähnliche Akzeptanz und Anschlusswilligkeit in kurzer Zeit und ohne die historischen Entwicklungsprozesse, wie in den skandinavischen Ländern, zu erreichen. Hilfreich ist hierbei eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von Nahwärme durch die breitere Einführung kostengünstiger Verlegeverfahren auch in Deutschland.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung zur Lokalisierung des Nahwärmepotenzials werden in den Karten zwar gemeindescharf dargestellt. Aber verlässliche Aussagen sind beim derzeitigen Entwicklungsstand der Methode nur bis auf Kreisebene möglich. Um größere Genauigkeit zu erzielen, sind eine Reihe von Verfeinerungen und Erweiterungen notwendig. Hierzu gehört eine bessere Zuordnung der Industrie- und Gewerbeflächen zu den einzelnen Gemeinden und die Berücksichtigung des konkurrierenden Effektes bestehender Gasversorgungen. Darüber hinaus können solche Untersuchungen keine Vor-Ort-Erhebungen ersetzen, sie sind aber für die Vorplanung von Nahwärmesystemen eine wertvolle Orientierungshilfe.

Neben der Darstellung möglicher Entwicklungspfade in der Nahwärmeversorgung, steht die Entwicklungsperspektive der bestehenden Fernwärmeversorgung ebenfalls im Blickpunkt des Forschungsvorhabens. Gespiegelt an der Bevölkerungsentwicklung der kommenden Jahrzehnte wird aufgezeigt, in welchen Regionen Potenziale zur Verdichtung der vorhandenen Netze zu erkennen sind und wo es auf der anderen Seite, z. B. aufgrund rückläufiger Bevölkerungszahlen, besondere Probleme durch eine abnehmende Wärmedichte geben könnte.

Gleichzeitig stellt die Analyse der Fernwärmesituation einen Korrekturfaktor für die im Vorfeld aufgezeigten Ausbaupotenziale der Nahwärme dar.

Die Untersuchung zeigt, dass insbesondere die klassischen Fernwärmegebiete, wie die Ballungsräume in den neuen Bundesländern oder das Ruhrgebiet, in starkem Maße vom demografischen Wandel betroffen sind. Eine abnehmende Bevölkerungs- und Wärmedichte trifft fast alle mit Fernwärme versorgten Gebiete und konfrontiert die Versorgungsunternehmen mit einem erheblichen Anpassungsbedarf.

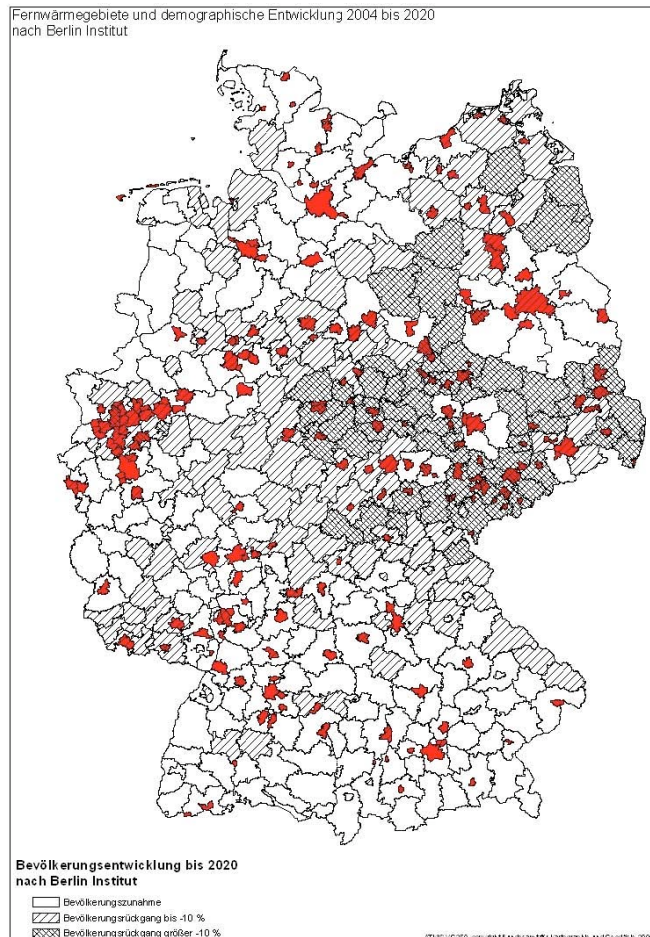


Abbildung 5: Gemeinden mit Fernwärmeversorgung und Bevölkerungsprognose

Eine darüber hinausgehende Betrachtung der Gebiete, die nicht vom Bevölkerungsrückgang betroffen sind, zeigt zudem, dass unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Aspekte auch in Zukunft primär den größeren Städten eine Funktion bei dem Ausschöpfen der prognostizierten Verdichtungspotenziale zukommen wird.

Mögliche Strategien der Marktakteure

Die Perspektiven der netzgebundenen Wärmeversorgung sind eng verknüpft mit der strukturellen Entwicklung des Wärmebedarfs der privaten Haushalte. Die Entwicklung der künftigen Struktur der Deckung des Wärmebedarfs der privaten Haushalte ist zusammengefasst durch

folgende wesentliche Faktoren, die auch das Handeln der Marktakteure beeinflusst, gekennzeichnet:

- *Die Einwohnerzahl in Deutschland nimmt z. T. deutlich ab. Dies gilt insbesondere in Ostdeutschland; trifft aber zunehmend auch in großen Teilen des alten Bundesgebietes zu, wie z. B. Nordrhein-Westfalen und das Saarland. Dieser Bevölkerungsrückgang ist zudem verbunden mit einem signifikanten Anstieg des Altersdurchschnitts (demografischer Faktor).*
- *Das Angebot an Wohnraum übersteigt in den Regionen mit signifikantem Bevölkerungsrückgang mit zunehmender Tendenz die Nachfrage. Der Umfang des Wohnungsleerstandes nimmt trotz staatlicher Maßnahmen (z. B. Stadtumbauprogramm Ost) deutlich zu.*
- *Das verfügbare (konsumierbare) Einkommen der privaten Haushalte wird nicht mehr oder zumindest nicht mehr deutlich ansteigen. Auf Grund erhöhter Aufwendungen für Vorsorgemaßnahmen im sozialen Bereich (z.B. Gesundheitsvorsorge, Eigenanteil an der Rentenvorsorge), kann dieses den Trend zu steigenden Pro-Kopf-Wohnflächen brechen bzw. zumindest verlangsamen.*

Als wesentliche Akteure in Zusammenhang mit der netzgebundenen Wärmeversorgung sind die Wohnungswirtschaft, private Eigentümer von EFH/MFH sowie die Wärmewirtschaft in die Betrachtung einzubeziehen. Die Interessen der Wohnungswirtschaft im Hinblick auf eine netzgebundene Wärmeversorgung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- *Im Vordergrund der Interessen steht die Vermietung des Wohnungsbestandes. Die Wärmeversorgung (Versorgungssystem und Wärmekosten) ist vor allem insoweit aus Sicht der Wohnungswirtschaft von Bedeutung, als dass sie Einfluss auf die Vermietbarkeit besitzen kann (z.B. Komfortaspekt).*
- *Von der Wohnungswirtschaft werden grundsätzlich die spezifischen Systemvorteile (z.B. geringer Aufwand, Betreuung einer Heizzentrale entfällt) der Fernwärmeversorgung geschätzt.*
- *Das vergleichsweise hohe Preisniveau der Fernwärmeversorgung hat in letzter Zeit dazu geführt, sich vereinzelt von diesem System abzukoppeln und alternative Versorgungslösungen auf Basis fossiler und erneuerbarer Energien in Betracht zu ziehen.*
- *Tendenziell ist die Wohnungswirtschaft nicht daran interessiert, eine eigene Wärmeversorgung aufzubauen und zu unterhalten, sondern dies eher durch Dritte (Contracting) durchführen zu lassen. Diese Sichtweise ergibt sich zum Teil auch aus dem engen finanziellen Rahmen für Investitionen, der den Wohnungsbaugesellschaften zur Verfügung steht.*

Die zuvor gemachten Ausführungen zur Charakterisierung der Sichtweise der Wohnungswirtschaft lassen sich tendenziell auch auf private Eigentümer von Mehrfamilienhäusern übertragen. Die individuelle Bewertung der Situation ist hier zwar noch vielschichtiger und die Neigung der Eigenverantwortlichkeit – wie etwa eine Investition nicht durch Contractoren durchführen zu lassen – ausgeprägter, aber in der Regel stehen auch bei dieser Eigentümergruppe die Renditeaspekte im Vordergrund, so dass die Wärmeversorgung nur Mittel zum Zweck ist.

Die Entscheidungsprozesse bei Eigentümern von Ein-/Zweifamilienhäusern sind unter anderem durch die persönliche finanzielle Leistungsfähigkeit gekennzeichnet. Obwohl hier Investitionen nur zum Teil „harten“ Renditebetrachtungen unterliegen, wird der Aufbau einer netzgebundenen Wärmeversorgung in der Regel durch die Vielzahl unterschiedlicher Interessen erschwert. Ein nennenswertes Ausbaupotenzial ist bei dieser Eigentümergruppe unter den gegenwärtigen Rahmenbedingungen nur schwer realisierbar. Die Eigentümer weichen bei hohen Energiepreisen und auch unter dem Aspekt der Versorgungssicherheit eher auf

sekundäre Heizsysteme (Kamin) oder gleich auf eine vollständige Anlagenumstellung zum Beispiel mit Holzpellets um.

Der Blick der Fernwärmeversorger ist für die Zukunft unter den gegebenen energiewirtschaftlichen und förderseitigen Rahmenbedingungen nicht auf einen nennenswerten Ausbau der Fernwärmenetze gerichtet. Die von den Wärmedichten her attraktiven Siedlungsgebiete sind bereits erschlossen oder werden über das Gasnetz versorgt, so dass in der Regel aus heutiger Sicht keine nennenswerten wirtschaftlichen Erschließungspotenziale mehr vorhanden sind. Da sich der Wohnungsneubau vorrangig außerhalb der dichter besiedelten Stadtgebiete vollzieht, kann aus diesen Bauaktivitäten gleichfalls kein nennenswertes Anschlusspotenzial für die Fernwärmeversorgung entstehen. Das vorrangige Interesse der Akteure in diesem Marktsegment liegt in der Erhaltung der bestehenden Versorgungsgebiete und einer Anschlussverdichtung entlang bestehender Netztrassen. Punktuelle Netzerweiterungen oder die Errichtung von Nahwärmenetzen bleiben von dieser generellen Bewertung ausgenommen und werden durchaus angestrebt.

Eine Anreizwirkung zum Bau von Wärmenetzen besteht außerhalb von vereinzelten Fördermaßnahmen der Bundesländer (z.B. Investitionszuschüsse für Netzerweiterungen in NRW) gegenwärtig vor allem im Zusammenhang mit den Vergütungsregelungen des EEG, das bei der Biomassenutzung einen zusätzlichen KWK-Bonus gewährt. Hierdurch bestehen sowohl für neue Marktakteure als auch die klassische Versorgungswirtschaft vielfältige Anreize, neue Wärmenetze zu errichten.

Im Hinblick auf die flankierenden energie- und klimapolitischen Instrumente kann zusammenfassend festgestellt werden:

- *Es gibt bereits heute ein umfangreiches Instrumentarium, das zur direkten oder indirekten Förderung der KWK-Nutzung und damit auch zur Förderung von Wärmenetzen beiträgt. Die Wirkung dieser Instrumente hat bisher aber eher nur die Modernisierung oder Erneuerung der Erzeugungsanlagen bewirkt und weniger zu einem Ausbau der Fernwärmenetze beigetragen. In diesem Zusammenhang ist vor allem das KWKG zu nennen. Effekte zu neuen – aber eher kleineren Netzen – sind im Zusammenhang mit dem EEG zu beobachten.*
- *Ein nennenswerter Ausbau der Wärmenetze war in der Vergangenheit immer mit mehr oder weniger großen staatlichen Förderprogrammen verbunden. Für die Unterstützung des weiteren Ausbaus von Wärmenetzen kann an die bestehenden Instrumente angeknüpft werden (z.B. KWK-G), allerdings sind die skizzierten Anreizwirkungen mehr auf den Ausbau der Wärmenetze zu beziehen, als dies in der Vergangenheit der Fall war.*

Letztendlich muss eine konkrete Umsetzung der identifizierten Potenziale für den Ausbau oder den Neubau von Wärmenetzen auf lokaler Ebene erfolgen. Häufig liegen verwertbare Hinweise auf die umsetzbaren Möglichkeiten in den Energie- und Klimaschutzkonzepten vor, die in den 1980er und 1990er Jahren erstellt wurden. Diese gilt es zu aktualisieren und wo möglich aufzugreifen. Hierzu ist die gezielte Identifikation von Wärmesenken eine vorrangige Aufgabe.

3 Derzeitiger Nutzungsstand der Fern- und Nahwärmeerzeugung in Deutschland und Trendentwicklung

3.1 Status quo der Fern und Nahwärmeerzeugung in Deutschland und zeitliche Entwicklung bisher

3.1.1 □ Auswertung statistischer Datenquellen

Die statistische Erfassung der netzgebundenen Wärmenutzung ist komplex, dementsprechend liegen heute keine einheitlichen Angaben vor. Um einen Einstieg in die Darstellung des aktuellen Nutzungsstandes der netzgebundenen Wärmeversorgung zu bekommen, sollen im Folgenden Ergebnisse aus den einschlägigen Statistiken dargestellt werden [Destatis 2006, Eurostat 2006, VDN 2006, AGFW 2006, Euroheat&Power 2006, Öko-Institut 2006].²

Die Nettowärmeerzeugung der allgemeinen (öffentlichen) Versorgung betrug nach Angaben von Destatis im Jahr 2004 136.595 GWh und stieg damit im Vergleich zum Vorjahr (129.752 GWh) um rund 5 Prozent. Rund 81 Prozent dieser Wärme wird in Heizkraftwerken erzeugt, die restlichen 19 Prozent entfallen auf reine Heizwerke. Bei der Betrachtung der zur Wärmeerzeugung eingesetzten Energieträger zeigt sich eine deutliche Dominanz von Erdgas (52 %) und Steinkohle (29 %). Der Rest verteilt auf Braunkohle (8,1 %), Mineralölprodukte (2,1 %), Erneuerbare Energien (1,5 %) und sonstige Energieträger (6,8 %). Diese Zahlen haben sich im Vergleich zum Vorjahr nur marginal verändert. Differenziert man diese Betrachtung nach reinen Heizwerken und Heizkraftwerken, so zeigt sich, dass in den reinen Heizwerken der am häufigsten eingesetzte Energieträger das Erdgas mit 78 Prozent, gefolgt von Steinkohle und Mineralölprodukten mit 5,5 bzw. 6,5 Prozent ist. In den Heizkraftwerken wird ebenfalls Erdgas am häufigsten eingesetzt, allerdings im Vergleich zu den Heizkraftwerken mit einem deutlichen geringeren Anteil (46 %). Zweitstärkster Energieträger in den Heizkraftwerken ist die Steinkohle mit 34,6 Prozent. Erneuerbare Energien spielen, auch wenn es bei den Heizwerken zwischen 2003 und 2004 zu einer Erhöhung um einen Prozentpunkt auf 3,1 Prozent gekommen ist, bisher nur eine untergeordnete Rolle.

In der von EUROSTAT ausgewiesenen Erzeugung von KWK-Strom und -Wärme nimmt Deutschland innerhalb der EU-25 eine Spitzenposition ein. In 2002 lag die Erzeugung von KWK-Strom, mit einem Anteil an der gesamten Stromerzeugung von 9,8 % in Deutschland bei 56,2 TWh (EU-25 insgesamt: 299,2 TWh, welches einem Anteil an der gesamten Stromerzeugung von 9,9 % entspricht) und liefert zusammen mit den Niederlanden und Finnland ca. 40 Prozent des gesamten KWK-Stroms. Innerhalb der Staaten der EU-15 wurden im Jahr 2002 247,7 TWh (entspricht 9,2 % der Gesamtstromerzeugung innerhalb der EU-15) KWK-Strom erzeugt. Die Kapazität der KWK-Stromerzeugung belief sich innerhalb der EU-25 im Jahr 2002 auf 92 GW, auch hier liegt Deutschland mit einer Kapazität von 26,4 GW deutlich vorn (auch wenn, wie oben aufgezeigt der Anteil an der Gesamtstromerzeugung in Deutschland im Vergleich zu den anderen Ländern z. T. deutlich geringer ist), gefolgt von den Niederlanden mit 6,7 GW und Frankreich, Polen, UK, und Finnland mit jeweils rund 6 GW installierter Kapazität. Die Erzeugung von KWK-Wärme lag in der EU-25 im Jahr 2002 bei 2.844 PJ (dies entspricht mehr als dem 2,6fachen der Stromerzeugung), größten Anteil daran hatte Deutschland mit 19 Prozent bzw. 545 PJ, gefolgt von Polen (308 PJ), Finnland (274 PJ) und Frankreich (263 PJ), die in der Summe knapp die Hälfte der KWK-Wärme in

² Die Statistiken in Tabellenform finden sich im Anhang zu diesem Kapitel

Frankreich (263 PJ), die in der Summe knapp die Hälfte der KWK-Wärme in der EU-25 erzeugen. Auch bei der installierten Kapazität zur KWK-Wärmeerzeugung nimmt Deutschland mit 48,7 GW die Spitzenposition ein. Polen (24,8 GW), Frankreich (23 GW) und die Niederlande (16 GW) folgen mit deutlichem Abstand.

Aus technologischer Sicht wird die KWK-Erzeugung durch die Gegendruckdampfturbinen bestimmt. In der EU-25 werden 32 Prozent des KWK-Stroms und knapp 50 Prozent der KWK-Wärme durch diese Technik erzeugt. Auf kombinierte Anlagen entfallen 32 Prozent des Stroms und 12 Prozent der Wärme, der Anteil der Dampfturbinen mit Entnahmekondensation beträgt beim erzeugten Strom 28 Prozent, bei der Erzeugung von KWK-Wärme 20 Prozent.

Über 50 Prozent bzw. 163 TWh des KWK-Stroms wird in der EU-25 in Anlagen der öffentlichen Versorgungsbetriebe erzeugt. Auf industrielle Anlagen entfallen 136 TWh. Andersherum verhält es sich bei der KWK-Wärme. Hier dominieren die Eigenerzeuger mit 58 Prozent die Erzeugung. Drei Wirtschaftszweige sind bei der Erzeugung auf dem KWK-Markt sowohl bei der Strom- als auch bei der Wärmeerzeugung besonders hervorzuheben. Mehr als zwei Drittel des gesamten KWK-Stroms werden in den Zweigen Papier- und Druckindustrie (28 %), chemische Industrie (24 %) und in den Raffinerien (17 %) erzeugt. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei der Wärmeerzeugung, hier entfallen auf die Papier- und Druckindustrie 32 Prozent, auf die chemische Industrie 24 Prozent und auf die Raffinerien 16 Prozent. Dieser Teil der Wärmeerzeugung ist nur bedingt netzgebunden, dient er doch primär zur Versorgung einzelner, wenngleich zum Teil sehr großer Verbraucher.

EU-weit wurde als Brennstoff bei der KWK vor allem Erdgas (40 %) eingesetzt, gefolgt von Steinkohle mit einem Anteil von 19 Prozent und Braunkohle mit acht Prozent. Flüssige Brennstoffen haben einen Anteil am Gesamtbrennstoffverbrauch von ebenfalls acht Prozent, auf die erneuerbaren Energien entfallen rund zehn Prozent.

Der Nutzungsgrad bei KWK-Anlagen in der EU-25 lag in 2002 bei durchschnittlich 70 Prozent. Allerdings sind zwischen den einzelnen Technologien deutliche Unterschiede festzustellen. So liegt der höchste Nutzungsgrad bei Gegendruckdampfturbinen und Gasturbinen mit Wärmerückgewinnung mit 76 Prozent, bei kombinierten Anlagen und Entnahmekondensationsdampfturbinen beträgt der Wirkungsgrad hingegen nur 57 Prozent.

Für den deutschen Wärmemarkt liegen zusätzlich Angaben über den Nutzungsstand von Kleinanlagen, explizit für BHKW-Anlagen im Leistungsbereich bis einschließlich 20 MW_{el} vor. Der Stand des Absatzes von BHKW-Anlagen lässt sich aus Erhebungen des Öko-Institutes, Energie&Management und des Bundesverband KWK ablesen, die seit 2004 Umfragen bei den deutschen BHKW-Herstellern durchführen. Die Erhebung fragt die Absatzentwicklung bei 24 Herstellern und damit 90 Prozent des Gesamtmarktes ab. Im Erhebungszeitraum lässt sich ein deutlicher Anstieg des gesamten Absatzes von 428 MW_{el} in 2002 über 453 MW_{el} in 2003, 779 MW_{el} in 2004 auf 844 MW_{el} im Jahr 2005 feststellen. Entscheidender Faktor bei dieser Entwicklung ist aber auch der Export von BHKW-Anlagen. In den Jahren 2004 und 2005 machte dieser rund zwei Drittel des gesamten Absatzes aus. Im Inland spielt vor allem der Absatz biogen befeuerter Anlagen eine wichtige Rolle, die aufgrund der spezifischen Regelungen des Erneuerbaren Energien Gesetzes (EEG) stärker nachgefragt werden. Insbesondere im Leistungsbereich zwischen 500 kW_{el} und 5 MW_{el} konnte hier ein deutlicher Anstieg im Absatz verzeichnet werden (vgl. Abbildung 1). Fossil betriebene Anlagen, die eine Unterstützung durch das KWK-Gesetz (KWKG) erfahren, nehmen einen geringeren Anteil ein, verzeichneten jedoch ebenfalls einen offensichtlichen Zuwachs. Bezogen auf die Anzahl der Anlagen spielen hier vor allem die kleinen Motoren bis 50 kW_{el} eine wichtige Rolle, in

Bezug auf die installierte Leistung sind dieses jedoch die größeren Anlagen von 50 kW_{el} bis 2 MW_{el}.

Eine Abschätzung der durch BHKW produzierten Wärme- und Strommenge erfolgt unter der Annahme, dass KWKModG-Anlagen im Jahr durchschnittlich zwischen 5.000 und 6.000 Stunden in Betrieb sind, bei EEG-Anlagen wird eine Betriebsdauer von 6.000 bis 7.500 Stunden angenommen. Für das Jahr 2004 ergibt sich daraus eine erzeugte Strommenge von 3,8 TWh (1,1 TWh aus KWKModG-Anlagen, 2,7 TWh aus EEG-Anlagen) und eine Wärmemenge von 1,9 TWh (1,4 KWKModG-Anlagen, 0,5 TWh EEG-Anlagen). Hinsichtlich der, durch diese Anlagen induzierten, CO₂-Einsparungen wird geschätzt, dass diese in 2005 bei rund 4,2 Millionen Tonnen liegen. Davon entfallen 1 Millionen Tonnen auf KWKModG-Anlagen und 3,2 Millionen Tonnen auf EEG-Anlagen³.

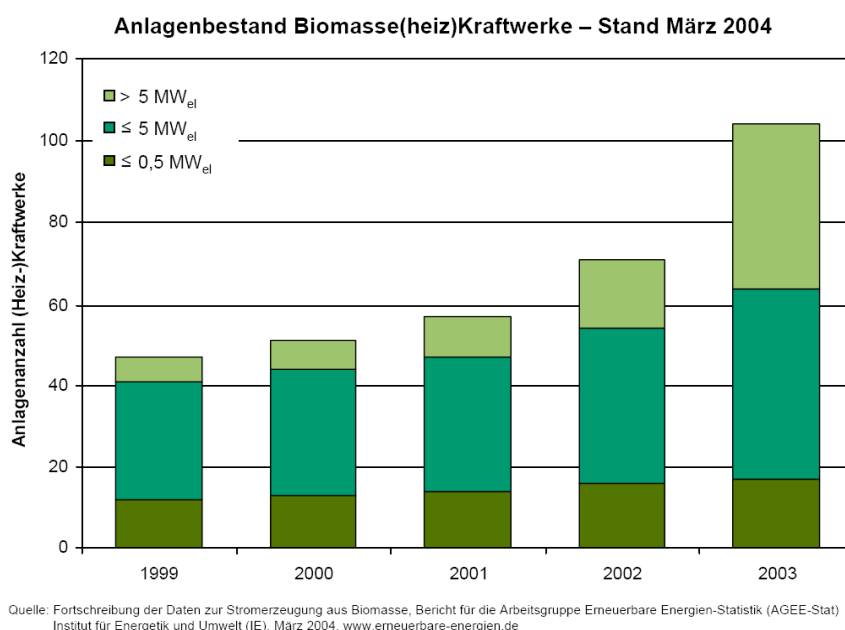


Abbildung 1: Anlagenbestand Biomasse(heiz)Kraftwerke in Deutschland - Stand März 2004 (<http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/6958/35047/>)

Für die netzgebundene Wärmeversorgung, speziell die Fernwärmeversorgung, beschreibt der Hauptbericht der Fernwärmeversorgung 2004, herausgegeben durch die Arbeitsgemeinschaft für Wärme und Heizkraftwirtschaft (AGFW), die aktuelle Struktur [AGFW 2005]. Zu beachten ist hier, dass es sich bei dieser Erhebung um eine freiwillige Meldung der Versorgungsunternehmen handelt. Im Bericht 2004 finden sich Angaben von 234 Versorgungsunternehmen, nach Einschätzung der AGFW, stellen diese 90 Prozent der Fernwärme bereit. Alle Angaben zur Erzeugung und zu den Netzen müssen jedoch vor diesem Hintergrund gesehen werden.

³ Annahmen für Stromerzeugung: Mittellast-Mix Steinkohle/Erdgas; 770 g CO₂/kWh_{el}. Annahmen für die Wärmeerzeugung: Erdgas/Heizölkessel; KWKModG: 272 g CO₂/kWh_{th}; EEG: 313 g CO₂/kWh_{th}

Im Jahr 2004 wurden durch die teilnehmenden Unternehmen 314.582 TJ Wärme in die Netze eingespeist. Davon entfielen auf die alten Bundesländer 78 Prozent und auf die neuen Bundesländer 22 Prozent. Diese Anteile haben sich in den letzten Jahren nicht verändert. Rund 71 Prozent dieser bereitgestellten Wärme wird in Anlagen mit KWK erzeugt, weiter 16 Prozent der Erzeugung findet in Anlagen ohne KWK statt, die restlichen 13 Prozent werden über Fremdbezug von Unternehmen bereitgestellt, die nicht in der AGFW-Statistik erfasst sind. Der Anteil der in KWK erzeugten Wärme liegt in den neuen Bundesländern mit 66 Prozent, zugunsten der Erzeugung ohne KWK, etwas niedriger.

Im Hauptbericht 2004 [AGFW 2005] sind insgesamt 1.400 Fernwärmenetze erfasst, die zusammengekommen eine Länge von 18.580 Kilometern haben und darüber rund 307.000 Hausübergabestationen anschließen. Die Entwicklung des jährlichen Zuwachses der Anschlussleistung blieb in den letzten Jahren stabil, allerdings auf niedrigem Level. Erweiterungen der Anschlussleistungen finden vor allem im Bereich der Verdichtung bestehender Netze, in dem Aufbau neuer isolierter Netze und durch Contracting-Projekte statt [AGFW 2004a].

3.1.2 □ Aktuelle netzseitige Entwicklung

Für die Entwicklung einer Strategie zum Ausbau von Nahwärmenetzen sind auch die bisherigen Erfahrungen im Bereich der existierenden Fernwärmenetze, insbesondere bei der Anschlussentwicklung und im Leitungsbau, sowie die Einschätzung der zukünftigen Entwicklungsmöglichkeiten von Bedeutung.

Die wichtigsten Datenquellen im Bereich der Fernwärme sind die Haupt- und Schnellberichte der AGFW. Im jährlichen Hauptbericht der Fernwärmeversorgung werden nach Einschätzung der AGFW 91% des Fernwärmemarktes erfasst [AGFW 2005]. Dieser Anteil schwankt von Jahr zu Jahr aufgrund der wechselnden Bereitschaft der Fernwärmeversorgungsunternehmen (FVU), sich an den Hauptberichten zu beteiligen⁴. Für eine Analyse der Entwicklungen von Anschlusswerten und Netzlängen sind daher die in den Hauptberichten ausgewiesenen Gesamtsummen dieser wichtigen Kennwerte weniger geeignet⁵. Aussagekräftiger sind daher Angaben zu Änderungen von spezifischen Werten oder Antworten auf Fragen, welche sich speziell auf Änderungen innerhalb des jeweiligen FVU beziehen. Detailliert wird von der AGFW insbesondere die Änderung beim Anschlusswert innerhalb der Berichtsperiode von den einzelnen Mitgliedsunternehmen abgefragt.

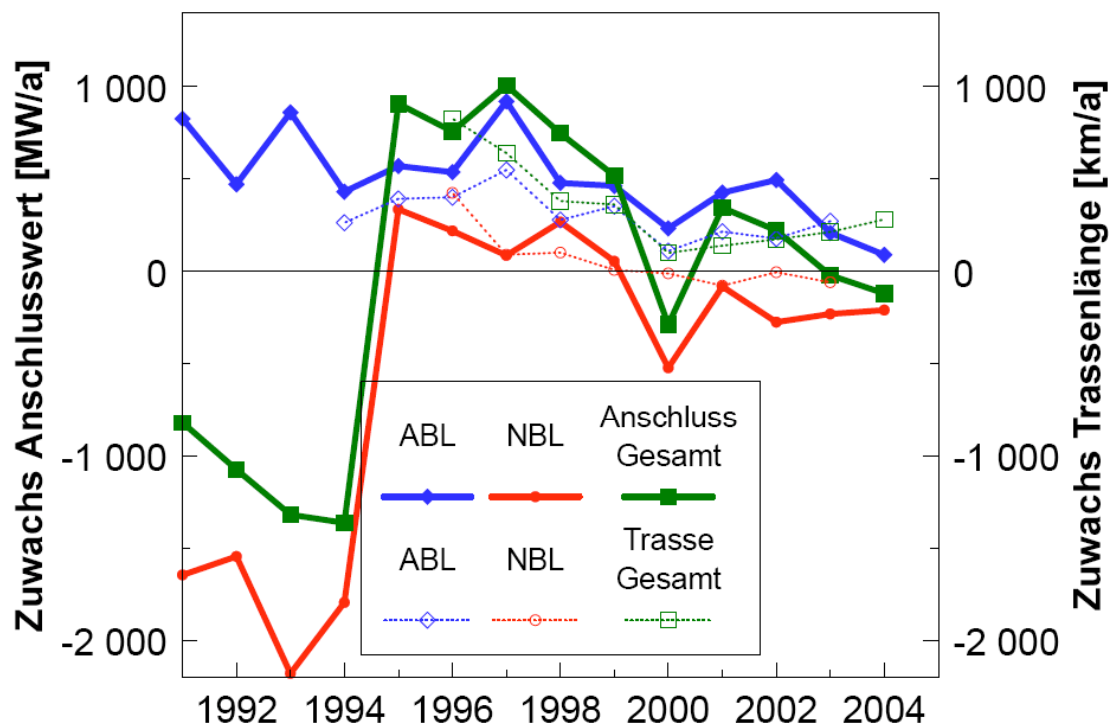
3.1.3 □ Veränderungen bei Anschlusswerten und Netzlängen

Bei den Anschlusswerten stagniert in Gesamtdeutschland die Entwicklung (Abbildung 2). In den neuen Bundesländern (NBL) sind sie sogar rückläufig. Allerdings ist dort der Anteil der Fernwärme am gesamten Wärmemarkt immer noch deutlich höher als in den alten Ländern

⁴ Der im Hauptbericht erfasste Marktanteil kann von Jahr zu Jahr um bis zu 5% des gesamten Anschlusswertes schwanken.

⁵ In den Hauptberichten werden nur diejenigen Unternehmen berücksichtigt, welche sich im jeweiligen Jahr daran beteiligt haben. Eine Hochrechnung auf die gesamte Fernwärmeversorgung wird in den Hauptberichten i.d.R. nicht versucht.

(ABL). Aber auch in den alten Ländern wurde im Jahr 2004 nur noch ein sehr geringes Wachstum von 0,2% des gesamten Anschlusswertes der ABL von 40 962 MW beobachtet. Im Zeitraum zwischen 1975 und 1991 lag dieser Zuwachs noch bei etwa 1 000 MW/a.



Gesamter Anschlusswert in 2004 (von 234 FVU): 51254 MW
 Gesamte Trassenlänge in 2004 (von 234 FVU): 18 580 km
 Anteil der 234 FVU am Fernwärmemarkt: ca. 91%

FW-St-D.pre

Abbildung 2: Zuwächse bei Anschlusswert und Trassenlänge in den alten (ABL) und neuen (NBL) Bundesländern⁶. Quelle: Jahreshauptberichte der Fernwärmeversorgung.

Die dargestellten Zuwächse sind der Saldo der von den FVU berichteten Anschlusswertminderungen und Anschlusswerterhöhungen. Durch Abriss oder Netzstilllegung ergab sich seit 1997 jährlich eine Minderung des Anschlusswertes um 0,7% bis 0,9%. Hinzu kommt eine jährlich Anschlusswertminderung bei bestehenden Gebäuden in Höhe von 0,7% bis 1,0%, z.B. aufgrund verbesserter Wärmedämmung [Schnellberichte 1997ff]. Diesem Rückgang bei den Anschlusswerten steht ein Zuwachs durch neu angeschlossenen Gebäude gegenüber⁷.

Bei dem Neuanschluss von Gebäuden handelt es sich hauptsächlich um Netzverdichtungen in bereits mit Fernwärme versorgten Gebieten [AGFW 2005a]. Es gibt nur geringe Aktivitäten zu Netzerweiterungen oder zum Neubau von Netzen. Insgesamt nimmt trotz des stagnieren-

⁶ Die Angaben berücksichtigen nur diejenigen FVU, welche Daten zu dem jeweiligen Hauptbericht der Fernwärmeversorgung geliefert haben.

⁷ Es gibt auch Erhöhungen des Anschlusswertes bei bestehenden Gebäuden. Diese sind jedoch selten und in der Summe vernachlässigbar gering.

den Anschlusswertes die Anzahl der mit Fernwärme versorgten Gebäude zu. Dementsprechend fiel der mittlere Anschlusswert je Hausanschluss (HA) zwischen 2000 und 2004 von 172 kWh/HA auf 167 kWh/HA.

Aufgrund einer verbesserten Wärmedämmung kann entweder der Anschlusswert des betroffenen Gebäudes oder die Ausnutzungsdauer der Anschlussleistung herabgesetzt werden. Die Ausnutzungsdauer ist allerdings nicht nur von der Wärmedämmung sondern auch von der mittleren Umgebungstemperatur in der Heizsaison des jeweiligen Jahres abhängig. Um hier Aussagen treffen zu können, ist eine Temperaturbereinigung der gemessenen Ausnutzungsdauern erforderlich. Eine überschlägige Analyse der Ausnutzungsdauern in den ABL ergibt, dass diese temperaturbereinigt eher zunehmen. In den NBL nahm dagegen die Ausnutzungsdauer deutlich ab, was nicht allein auf eine verbesserte Wärmedämmung sondern wohl beim weit überwiegenden Teil auf eine verbesserte Zuordnung der Heizkosten auf die einzelnen Fernwärmekunden gemäß dem tatsächlichen Verbrauch zurückzuführen ist.

Auch der Zuwachs bei den Trassenlängen geht zurück (Abbildung 2). In den NBL werden sogar mehr Leitungen stillgelegt als zugebaut. Aber auch in den ABL ist tendenziell ein Rückgang beim Zubau von Fernwärmeleitungen zu verzeichnen. Dieser fällt aber weit weniger deutlich aus als bei den Anschlusswerten.

3.1.4 □ Einschätzung der Perspektiven von Fern- und Nahwärme

Vor dem Hintergrund der derzeitigen Stagnation im Fernwärmemarkt werden seitens der AGFW trotz hoher langfristiger Potenziale [AGFW 2005b] die kurz- und mittelfristigen Perspektiven eher zurückhaltend eingeschätzt [Lutsch 2005]. Als Ursachen hierfür wird angegeben, dass

- viele FVU auch im Strommarkt engagiert sind und daher in den letzten Jahren der Themenschwerpunkt bei der Liberalisierung und dem Unbundling lag,
- die KWK-Gesetzgebung auf den Strombereich fixiert ist, was nur zu höheren Stromkennzahlen ohne Auswirkungen auf den Wärmemarkt führt,
- der CO₂-Emissionshandel den Fernwärmeausbau behindert,
- die Wärmeseite auch in der Vergangenheit stets vernachlässigt wurde,
- kurze Abschreibungszeiten die langfristigen Überlegungen, welche sich zugunsten von Fernwärme auswirken würden, behindern,
- Fernwärme noch immer nicht als eine moderne und zukunftsorientierte Versorgungsart angesehen wird⁸.

Nahwärme wird von den EVU bezüglich der zukünftigen Bedeutung deutlich positiver eingeschätzt als die traditionelle Fernwärme. 56% der Fernwärmeversorger rechnen damit, dass die Bedeutung von Nahwärme wachsen wird. Die Aussichten für die traditionelle Fernwärme

⁸ Eine im Jahr 2004 von EMNID im Auftrag der Gaswirtschaft durchgeführten Umfrage zeigte allerdings vergleichsweise günstige Ergebnisse für die Fernwärme. Nur Gasheizungen wurden als moderner eingeschätzt und in den NBL wäre bei freier Auswahl Fernwärme sogar die beliebteste Heizenergie. In den ABL liegt sie nach Gas immerhin noch auf dem zweiten Platz, knapp vor Öl. Quelle: www.erdgas-marketing.de/marketing14/pdf/ergebnistabellenwunschenergie0304.pdf

schätzen dagegen nur 19% ähnlich positiv ein [ZfK 2004]. Allerdings rechnen nur relativ wenige (12%) der FVU damit, dass die Kosten des Leitungsbaus noch deutlich sinken könnten [ZfK 2003], was für einen Erfolg von Nahwärme außerhalb der dicht bebauten Stadtkerne aber von besonderer Bedeutung wäre.

3.1.5 ☐ Änderungen in der Beheizungsstruktur

Für die Beheizung von Wohnungen gibt es amtliche Statistiken zur Beheizungsstruktur (Tabelle 1). Diese Statistiken deuten auf eine Zunahme der Marktanteile von Fernwärme hin – wenigstens im Bereich der privaten Haushalte⁹.

Tabelle 1: Mit Fernwärme beheizte Wohnungen. Quelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 5.

	Bewohnte Wohneinheiten, gesamt	Davon beheizt mit Fernwärme	
Jahr	Anzahl [in Tsd.]	Anzahl [in Tsd.]	%
1993	32252	3144	9,7
1998	33828	4430	13,1
2002	35128	4804	13,7

Andere Untersuchungen deuten auf einen deutlich geringeren Anteil der Fernwärme am Wärmemarkt hin. Gemäß der jährlich veröffentlichten Struktur des „Endenergieverbrauchs in Deutschland“ [BWK 2003 ff] liegt der Anteil der Fernwärme seit 2001 konstant bei 9% (Anteil der Fernwärme am gesamten Endenergiebedarf für Raumwärme).

Im Neubaubereich wurden im Jahr 2002 6,9% der insgesamt 253 700 fertiggestellten Wohnungen mit Fernwärme beheizt. Von den insgesamt 161 886 m³ an beheiztem Volumen in Nichtwohngebäuden wurden 15,7% mit Fernwärme beheizt. Mit Blockheizungen, welche möglicherweise zur Nahwärme gerechnet werden können, wurden nur 0,1% der neuen Wohnungen beheizt, für Nichtwohngebäude lag dieser Wert bei 2,5%.

3.2 Nachfrageseitige Veränderungen

3.2.1 ☐ Demografischer Wandel (Geburtenzahlen und Wanderungen)

Auch wenn das Phänomen des demografischen Wandels in erster Linie als Problem der Sicherung der Sozialsysteme wahrgenommen wird, so rückt dennoch verstärkt auch ins öffentliche und politische Bewusstsein, dass rückläufige Bevölkerungszahlen und damit einhergehend eine Abnehmen der Bevölkerungsdichte die Bereitstellung der Infrastrukturen vor neue

⁹ Nach Umfragen der Ruhrgas AG zur Beheizungsstruktur von Wohnungen lag die Anzahl der mit Fernwärme beheizten Wohnungen im Jahr 2003 bei 4,625 Mio. (12,4% von 37,3 Mio. Wohnungen). Quelle: „Strategie und Kennzahlen 2004“, www.eon-ag.com.

Herausforderungen stellt. Dieses betrifft sowohl die Aufrechterhaltung sozialer und kultureller Einrichtungen, wie Kindergärten, Schulen, Bibliotheken und Freizeiteinrichtungen, aber auch - und damit ist es im Rahmen dieses Forschungsvorhabens von Interesse - die Bereitstellung und den effizienten Betrieb der technischen Infrastrukturen. So bringt beispielsweise die Entdichtung von Wohngebieten und die damit sinkenden Abnehmerzahlen das Problem der Verkeimung von Wasserleitungen mit sich, die durch die Wasserversorgungsunternehmen nur abgewendet werden können, indem sie die durchlaufende Wassermenge künstlich aufrechterhalten bzw. erhöhen.

Aber auch der Energiesektor ist, über die Veränderungen der Wärmedichte, direkt vom demografischen Wandel betroffen. Entscheidend wird es daher sein, aufzuzeigen wo sich der demografische Wandel, festgemacht an Geburtenrückgang und Wanderungsverhalten, regional in besonderer Weise niederschlägt und somit die Energieversorgung vor neue Herausforderungen stellt.

Drei wesentliche Trends kennzeichnen die demografische Entwicklung in Deutschland. Erstens der Geburtenrückgang, zweitens eine starke Alterung der Bevölkerung und drittens starke regionale Wanderungen seit der Wiedervereinigung mit erheblichen Auswirkungen für die räumliche Verteilung der Bevölkerung. Da insbesondere für das regionale Wanderungsverhalten die ökonomische Perspektive einer Region von Bedeutung ist, sollen Prognosen zur wirtschaftlichen Entwicklung der Regionen in Deutschland in den folgenden Ausführungen ebenfalls berücksichtigt werden

Seit den 60er Jahren sind die Geburtenzahlen in Deutschland rückläufig und haben sich bis heute um fast die Hälfte reduziert. Ein deutlicher Unterschied lässt sich dabei zwischen den neuen Bundesländern und den alten Bundesländern feststellen. Während die Geburtenzahl in den alten Bundesländern kontinuierlich auf den heutigen Wert absank, lässt sich für die neuen Länder feststellen, dass die Zahlen bis zur Wiedervereinigung über den Werten Westdeutschlands lagen. Insbesondere in den achtziger Jahren lagen die Geburtenzahlen hier deutlich über dem Westniveau. Nach der Wende brachen die Zahlen jedoch in dramatischer Weise zusammen und sanken auf ein, bis dahin nicht gekanntes Tief von etwa 0,7 Geburten je Frau im Jahr 1993. Heute liegt der ostdeutsche Wert der Geburtenzahl mit 1,3 Geburten je Frau etwas unter dem westdeutschen Wert mit 1,4 Geburten je Frau. Die Prognosen der Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes gehen jedoch davon aus, dass sich dieser Wert bis 2010 auf dem westdeutschen Niveau einpendeln und bis 2050 konstant bleiben wird [Statistisches Bundesamt 2003]. Diese Annahmen erscheinen fraglich, wenn bedacht wird, dass die erhöhte Geburtenzahl im Westen des Landes auch den höheren Geburtenzahlen der Imigrantenfamilien zuzurechnen ist, die im Osten des Landes eine weniger entscheidende Rolle spielen.

Das Statistische Bundesamt geht in seiner 10. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung [Statistisches Bundesamt 2003] davon aus, dass die Anzahl der potenziellen Mütter (Frauen im Alter zwischen 15 und 49 Jahren) weiterhin zurückgehen wird. In der mittleren Variante der Vorausberechnung (mittlere Zunahme der Lebenserwartung und mittleres Zuwanderungssaldo) wird prognostiziert, dass ihre Zahl von 20 Millionen in 2001 auf 14 Millionen im Jahr 2050 absinken wird. Ein drastischer Rückgang der Kinderzahlen ist die Folge. Gleichzeitig wachsen die geburtenstarken Jahrgänge in die hohen Altersgruppen hinein, mit der Konsequenz, dass die jährlichen Sterbezahlen in den kommenden fünfzig Jahren deutlich zunehmen. Da die Sterbezahlen die Geburtenzahlen immer stärker übersteigen und die Zuwanderung die natürliche Bevölkerungsentwicklung lediglich leicht abschwächen kann, wird

die Bevölkerungszahl bis 2050 zurückgehen; je nach Prognosevariante wird die Zahl in 2050 zwischen 67 Millionen und 81 Millionen Einwohnern liegen. Prognos/EWI geht von einer Bevölkerung von 79,3 Millionen im Jahr 2030 aus [Prognos/EWI 2005].

Problematisch wird dieser Bevölkerungsrückgang dadurch, dass er sich in den Regionen Deutschlands unterschiedlich verteilt und durch regionale Wanderungsbewegungen noch zusätzlich verstärkt wird.

Das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) identifiziert in seinem Raumordnungsbericht [BBR 2005] zwei wesentliche Wanderungsbewegungen, die kennzeichnend für die Situation in Deutschland sind. Zum einen sind dies die Bevölkerungsbewegungen zwischen dem Osten und dem Westen der wiedervereinigten Bundesrepublik. Seit dem Fall der Mauer sind 3,5 Millionen Menschen aus den neuen in die alten Bundesländer umgezogen, allerdings auch 2 Millionen in die entgegen gesetzte Richtung. Betrachtet man die Nettowanderungsbewegung von Ost nach West, so nahm diese von 1989 bis 1997 zunächst kontinuierlich ab, stieg dann bis 2001 wieder auf das Level der frühen neunziger Jahre, seit 2002 sinkt sie wieder. Letzteres ist jedoch nicht auf eine rückläufige Abwanderung sondern vielmehr auf einen Anstieg der Zuwanderung vom Westen in den Osten zurückzuführen. In starker Abhängigkeit von der Entwicklung der Arbeitsmarktsituation in den neuen Ländern, kann davon ausgegangen werden, dass sich die Wanderungsverluste von Ost nach West in Zukunft einstellen.

Auch kleinräumig führen Wanderungsbewegungen zu einer regional stark differenzierten Ausprägung der demografischen Entwicklung. Weiterhin werden suburbane Räume im Umland der großen Städte Zuwanderungen verzeichnen können, wohingegen Kernstädte, vielmehr jedoch die peripheren Räume mit geringer Bevölkerungsdichte, Abwanderungen hinnehmen müssen.

Ein detailliertes Bild über die demografische Zukunft der Regionen in Deutschland entwirft das Berlin Institut für Bevölkerung und Entwicklung [Berlin Institut 2006] und weist dabei auf die gegenseitige Beeinflussung von demografischer und ökonomischer Entwicklung hin. Die im Folgenden dargestellten Ergebnisse der Berliner Studie zur Regionalisierung der demografischen Entwicklung stellen bereits den Einstieg in das Arbeitspaket 4 „Räumlich-strukturelle Entwicklungsmöglichkeiten der Wärmenetze“ dar. Aufgezeigt wird, in welchen Regionen (Kreisen) zukünftig mit einer Verschärfung der demografischen und wirtschaftlichen Situation zu rechnen ist und welche Landesteile andererseits auch in den nächsten Jahren mit Zuwächsen und einer positiven Entwicklung rechnen können.

Zugrunde liegender Mechanismus ist hierbei die Konkurrenz der einzelnen Regionen um den Zuzug der - weniger werdenden - unter 35jährigen, die als Garant für ein solides demografisches und ökonomisches Fundament gesehen werden. Prognostiziert wird, dass bei diesem Wettbewerb die Zahl der Verliererregionen zunehmen, die der Gewinner abnehmen wird. Zu beachten ist dabei, dass eine schlechte Ausgangssituation in einen Bereich nicht zwangsläufig eine negative Entwicklung im anderen Bereich bedeutet. So können beispielsweise ländliche Regionen schwache ökonomische Perspektiven haben, aber gleichzeitig günstige Demografiewerte aufweisen. Schlecht stehen die Prognosen daher vor allem für die Regionen, die sowohl in wirtschaftlicher als auch in demografischer Hinsicht aktuell bereits schlechte Werte mit sich bringen. Diese Kreise finden sich vor allem in Brandenburg (Elbe-Elster, Spree-Neiße), Mecklenburg-Vorpommern (Uecker-Randow), Sachsen (Muldentalkreis), Sachsen-Anhalt (Köthen, Merseburg-Querfurt) und Thüringen (Nordhausen, Kyffhäuserkreis, Sömmerda, Ilm-Kreis, Altenburger Land). Die einzigen Kreise in den alten Bundes-

ländern, die diese Dopplung aus sowohl demografisch als auch ökonomisch negativer Prognose ausweisen finden sich in Bayern (Landkreis Hof und Landkreis Coburg). Besonders die abseitige Lage mit Grenzen zum strukturschwachen Thüringen, Sachsen und zum Nachbarland Tschechien führen hier zu einer schlechten Bewertung der Zukunftsaussichten.

Zu den Gewinnerregionen gehören in Deutschland fast ausschließlich die Kreise im Umland großer ökonomisch starker Agglomerationen. Sie haben den Strukturwandel weitgehend abgeschlossen und bieten somit den jungen und dynamischen Bevölkerungsgruppen die attraktivsten Lebensbedingungen. Verlierer der demografischen und wirtschaftlichen Entwicklung sind hingegen die abgelegenen ländlichen Regionen, die nur im Falle touristischer Attraktivität oder zukunftsweisender Demografiewerte die Verliererposition verlassen können.

Die süddeutschen Bundesländer Bayern und Baden-Württemberg erweisen sich als die Zukunftsregionen in Deutschland. Vierzehn der zwanzig am besten bewerteten Kreise in Deutschland liegen in Baden-Württemberg und Bayern. Insbesondere Baden-Württemberg ist noch weitgehend frei von demografischen Problemregionen. Die bayrischen Grenzkreise nach Tschechien, ebenso nach Sachsen und Thüringen weisen hingegen bereits negative demografische Tendenzen auf.

Geradezu flächendeckend ist die demografische Problemlage hingegen in den neuen Bundesländern, wo seit mehr als fünfzehn Jahren junge Menschen in die wirtschaftlich stärkeren Kreise (hierzu zählen auch städtische Regionen in Ostdeutschland) abwandern. Besonders betroffen von dieser Entwicklung ist das Bundesland Sachsen-Anhalt, in dem die Hälfte der 20 Kreise mit der schlechtesten Wertung liegt. Stabile Regionen finden sich in den neuen Bundesländern nur im Umland größerer Verdichtungsräume wie Dresden, dem thüringischen Verdichtungsraum Jena-Weimar-Erfurt-Eisenach oder Berlin. Bei den Kreisen Brandenburgs, die von der Nähe zur Hauptstadt profitieren, muss allerdings berücksichtigt werden, dass sich das positive Ausstrahlen der Metropole auf einen lediglich 40 Kilometer Umkreis zur Stadt, den so genannten inneren Verflechtungsraum, beschränkt. Die abgelegeneren Gemeinden innerhalb dieser Landkreise weisen die für Ostdeutschland typischen negativen demografischen und ökonomischen Tendenzen auf. Eine weitere Verschärfung der Situation in Ostdeutschland wird sich ergeben, wenn in den nächsten fünf Jahren die besonders geburtenschwachen Jahrgänge aus der Zeit direkt nach der Wiedervereinigung in die Phase der Ausbildung treten. Hier zeichnet sich ab, dass sich zunächst die Zahl der Lehrlinge, gefolgt von den Studienanfängern und schließlich die Zahl der Berufseinsteiger halbieren wird.

Grundsätzlich lassen sich zwei Arten von Verliererregionen unterscheiden. Zum einen sind dies die altindustriellen Regionen. Im Osten zählen hierzu vor allem die Lausitz, das südliche Sachsen-Anhalt und die Randregionen Thüringens. Hinzu kommen zum anderen ländliche Problemregionen, wie die Altmark in Sachsen-Anhalt, die Prignitz in Brandenburg und besonders die nordöstlichen Landesteile Mecklenburg-Vorpommerns. Die mittel- bis langfristige Aufgabe von Siedlungen ist hier zum Teil bereits in den Landesentwicklungsprogrammen festgeschrieben.

Zunehmend macht sich die Bevölkerungsentwicklung aber auch in den westlichen Bundesländern bemerkbar. Betroffen sind auch hier in erster Linie Regionen, die auch wirtschaftlich auf schwachen Füßen stehen. Hierzu zählen die Regionen an der ehemaligen innerdeutschen Grenze, im Harz sowie Kreise in Nordhessen bis hinein nach Nordbayern. Aber auch andere Teile der ehemaligen Bundesrepublik haben zunehmend mit den Folgen der wirtschaftlichen Entwicklung zu kämpfen. Zu nennen sind hier die Küstenstädte Kiel, Bremerha-

ven und Wilhelmshaven sowie die ehemaligen Gebiete der Schwerindustrie wie das Saarland, vor allem aber das Ruhrgebiet, die nachwuchssärmste Region in Westdeutschland.

Der Frage, warum die dargestellte demografische und ökonomische Entwicklung von Belang für die hier vorgenommene Untersuchung der Anpassung der Wärmenetze ist, kann man sich über die Untersuchung des Infrastrukturaufwandes je Einwohner nähern. Angenommen wird in diesem Zusammenhang, dass die hohen Fixkosten für Infrastrukturen, die insbesondere die Versorgungsunternehmen aufbringen müssen, auch vor dem Hintergrund rückläufiger Bevölkerungszahlen gleich bleiben. Das Berlin-Institut untersucht diese Entwicklung auf Basis des Aufwandes an Siedlungs- und Verkehrsfläche pro Kopf und spiegelt diesen mit der demografischen Entwicklung. Im Ergebnis zeigt sich, dass die Aufrechterhaltung der Infrastrukturen in erster Linie dort problematisch wird, wo die heute bereits niedrigen Bevölkerungszahlen weiterhin stark abnehmen. Hierzu müssen vor allem weite Teile Mecklenburg-Vorpommerns, der äußere Verflechtungsraum Brandenburgs, das nordöstliche Sachsen-Anhalt, Mittel- und Nordhessen, die Randbereiche Thüringens und Kreise in Nordbayern gezählt werden. Hier wird es im besonderem notwendig sein, für die Zukunft Strategien zu entwickeln, die es ermöglichen die Infrastrukturen der demografischen Entwicklung anzupassen.

3.2.2 □ Wohnraumbedarf

Über den sich ändernden Bedarf an Wohnflächen und die benötigte Energie um die Wohnungen zu beheizen, wirkt sich der demografische Wandel auf das Energiesystem aus.

Wesentlicher Indikator ist hierbei die Wohnfläche pro Kopf, die seit dem Krieg stetig auf heute gut 40 Quadratmeter gestiegen ist. Ein besonders starker Anstieg war hierbei im Zeitraum von 1973 bis zur Wiedervereinigung auszumachen. Durch die Wende wurde die Zunahme abgebremst, da die Pro-Kopf-Wohnflächen in der ehemaligen DDR vergleichsweise gering waren. Durch das starke Aufblühen des ostdeutschen Wohnungsbaus seit Beginn der neunziger Jahre, ist diese Zäsur inzwischen wieder überwunden. Für die Zukunft wird angenommen, dass die Wohnflächen pro Kopf weiter ansteigen, wenn auch nicht mehr in den Raten der siebziger und achtziger Jahre. Im Vergleich zum Jahr 2000 wird jedoch bis 2030 von einem Anstieg um rund 40 Prozent auf dann ca. 57 Quadratmeter pro Kopf ausgegangen. Bei diesen Berechnungen wird davon ausgegangen, dass die demografische Entwicklung dazu führt, dass Wohnraum im Überschuss vorhanden ist. Gesellschaftliche Trends, wie die zunehmende Individualisierung oder der Remanenzeffekt, verstärken diese Entwicklung.

Zweiter entscheidender Treiber für die Wärmenachfrage ist, neben der Bevölkerungsentwicklung und den daraus resultierenden Wohnflächen, der spezifische Wärmeverbrauch je Quadratmeter Wohnfläche. Der starke Anstieg des Raumwärmebedarfs pro Quadratmeter in der Nachkriegszeit wurde durch die 1973er Ölkrise jäh gestoppt; ein anfangs drastischer, seit den Achtzigern schwächer werdender Rückgang waren die Folge. Ein erneuter Anstieg im Zuge der Wiedervereinigung führt zurück zum 1960er Niveau von 200 kWh/qm. Mit der Energieeinsparverordnung tritt wiederum eine Phase des sinkenden spezifischen Energiebedarfs ein. In der Prognose wird davon ausgegangen, dass sich der Raumwärmebedarf pro Quadratmeter Wohnfläche bis 2030 nahezu halbiert. Diese Prognosen setzen eine deutlich fortschreitende Sanierung des Gebäudebestandes voraus, eine Annahme, die angesichts der stagnierenden Wirtschaft fraglich erscheint. Zumindest verdeutlichen sie die Notwendigkeit einschneidender politischer Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudereich.

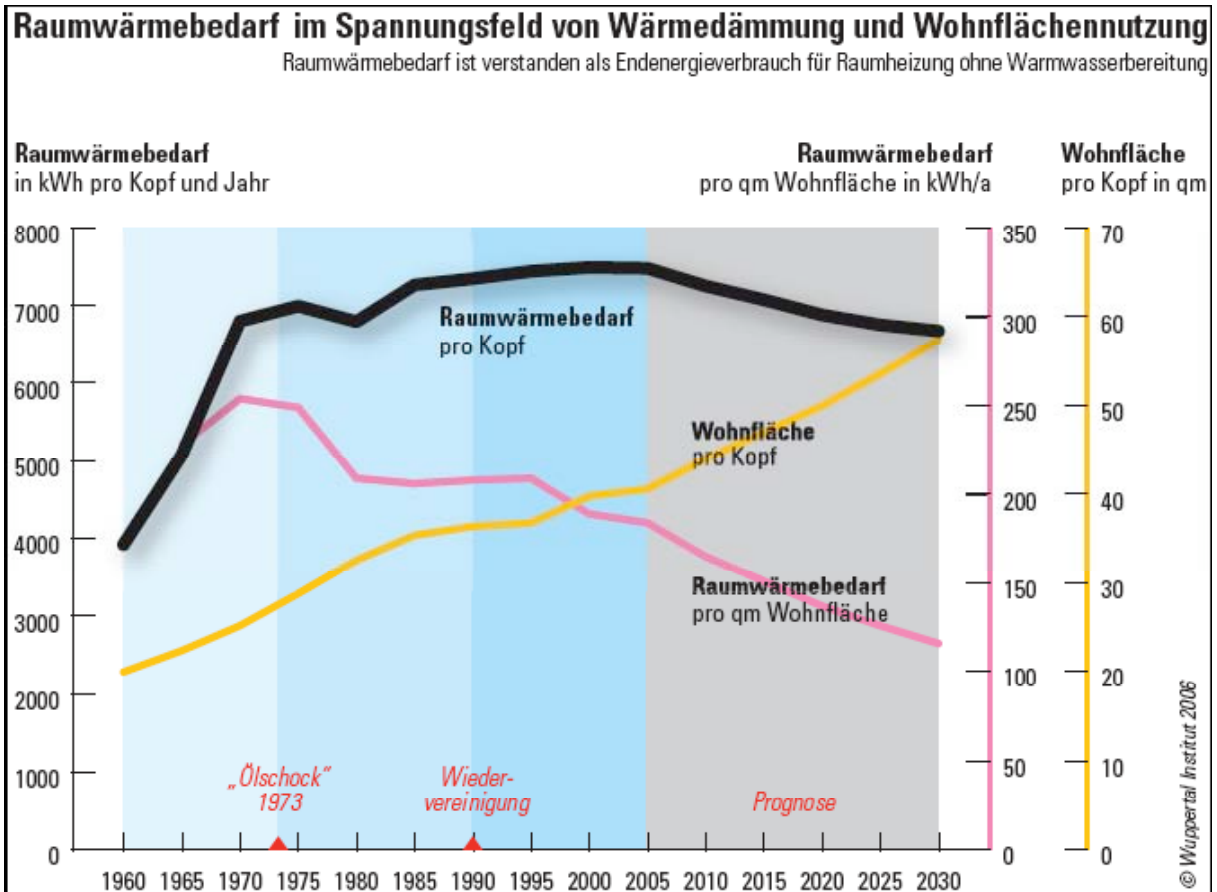


Abbildung 3: Entwicklung von Raumwärmebedarf und Wohnflächen

Effizienzsteigerungen sind vor allem im Bereich des Neubaus zu erwarten. Das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung [BBR 2002] geht davon aus, dass die Bautätigkeit im Bereich der Ein- und Zweifamilienhäuser weiterhin dominant bleibt. In den alten Ländern ist im Jahr 2015 mit einer Eigentümerquote von ca. 50 Prozent zu rechnen. Der Neubaubedarf im Geschosswohnungsbau konzentriert sich auf die westdeutschen Kerngebiete.

Hinsichtlich der Heizungsstruktur geht Prognos/EWI [Prognos/EWI 2005] von deutlichen Veränderungen in den nächsten 25 Jahren aus. Im Bereich der Einfamilienhäuser hat Erdgas demnach im Jahr 2030 einen Anteil von 70 Prozent, Öl geht im Vergleich zu 1996 von 22 auf 11 Prozent zurück, der Anteil der Wärmepumpen und solarthermischen Anlagen steigt auf 16 Prozent, die Fernwärme bleibt konstant bei zwei Prozent.

3.2.3 □ Exkurs Ostdeutschland: Entwicklung des Wärmeverbrauchs in den privaten Haushalten Ostdeutschlands -Fernwärmenutzung

3.2.3.1 Entwicklung des Wohnungsbestandes in Ostdeutschland bis zum Jahre 2004

Es gilt, dass Energie nur in bewohnten Wohnungen in relevantem Maße verbraucht wird. Es soll deshalb der Begriff der „energieverbrauchswirksamen Wohnungseinheiten (WE)“ definiert werden, dessen Gesamtbestand den Energieverbrauch/die Energienachfrage im Sektor private Haushalte bestimmt. Die Beheizung des Wohnungsleerstandes wird aus Kostengründen im Mehrfamilienhausbestand in der Regel seitens der Wohnungswirtschaft nicht vorgenommen bzw. nur in geringem Maße bei Frostgefahr. Die Leerwohnungen werden je

nach Lage im Gebäude in begrenztem Umfang über die bewohnten Wohnungen mit beheizt. Dieser Tatbestand wird in den nachfolgenden Betrachtungen aber vernachlässigt.

In den offiziellen Daten des Statistischen Bundesamtes finden sich keine belastbaren Angaben zum Bestand an bewohnten („energieverbrauchswirksamen“) WE. Im Mikrozensus der Statistischen Landesämter, einer 1 %-Stichprobe, sind Informationen zum Bestand an bewohnten WE enthalten, jedoch erfolgt die Erhebung der Mikrozensus-Daten nicht für jedes Jahr.

Das Statistische Bundesamt veröffentlicht jährlich in seiner Fachserie 5 / Reihe 3 „Bautätigkeit und Wohnungen“ den Bestand an Wohnungen zum 31.12. eines jeden Jahres in einer Gliederung nach politischen Kreisen sowie nach WE in Einfamilien-, Zweifamilien- und Mehrgeschosshäusern. Diese Bestandszahlen beziehen sich auf den „körperlich vorhandenen“ Wohnungsbestand und enthalten folglich auch die leer stehenden WE. Gerade der Wohnungsleerstand hat in den letzten Jahren in Ostdeutschland dramatisch zugenommen und umfasst im Bereich der Mehrfamilienhäuser (MFH) mit Stand 2004 rund eine Million WE.

Die Belastbarkeit der Angaben der Wohnungsverbände (Wohnungsunternehmen, Wohnungsgenossenschaften) zum Wohnungsleerstand hat sich zwar in der jüngsten Vergangenheit verbessert, jedoch lassen sie keine verlässlichen Aussagen zum gesamten Wohnungsleerstand zu. Diese Situation resultiert auch daraus, dass aus dem Bereich der privaten Wohnungsvermieter keine Angaben vorliegen. Dieser Bereich umfasst in Ostdeutschland zwischenzeitlich 35 % bis 40 % des Bestandes an WE in MFH.

Auf der Grundlage einer eigens entwickelten Methodik erarbeitet das Institut für Energetik und Umwelt Leipzig seit 1995 auf analytischem Wege den Bestand an energieverbrauchswirksamen WE in einer Gliederung nach Gebäudetypen (WE in Ein- und Zweifamilienhäusern – EZFH – und WE in Mehrfamilienhäusern). Ausgangspunkt für diese Bestandsfortschreibung sind Daten zum Wohnungsbestand, die für energiewirtschaftliche Betrachtungen in der DDR bis 1990 ermittelt wurden sowie Ergebnisse der Wohnraum- und Gebäudezählung vom 30.09.1995 in den neuen Bundesländern.

Unter Verwendung der Einwohnerzahl per 31.12. und eines Koeffizienten „Einwohner je WE“ (Ew/WE) für jeden politischen Kreis wird der Bestand energieverbrauchswirksamer WE Ostdeutschlands (unter Einschluss von Berlin-West) ermittelt. Der Koeffizient „Ew/WE“ basiert auf der Alterstruktur der Einwohner, der Struktur der Haushaltgrößen und einem (eingeschätzten) Grad des Erfordernisses von Zweitwohnungen. Für jeden politischen Kreis Ostdeutschlands liegt im IE eine Zeitreihe (1995 bis 2004) für den Koeffizienten „Ew/WE“ vor. Die statistisch ausgewiesene Einwohnerzahl per 31.12.eines Jahres und der jeweils aktuelle Koeffizient „Ew/WE“ gestatten es somit, für jeden politischen Kreis den Bestand an energieverbrauchswirksamen WE zu diesem Zeitpunkt zu bestimmen.

Für die Aufteilung des WE-Bestandes insgesamt in WE in EZFH und WE in MFH innerhalb der vorliegenden Zeitreihe bildet der Bestand an WE in EZFH die Basis, wie er für das Jahr 1995 mit den Ergebnissen der Wohnraum- und Gebäudezählung vom 30.09.1995 vorliegt. Unter Verwendung der in Kreisgliederung veröffentlichten Daten zum Neubau von EZFH wurde unter Berücksichtigung eines geringfügigen Gebäudeabganges der Bestand an WE in EZFH aktuell bis zum Jahre 2004 fortgeschrieben. Der Bestand an energieverbrauchswirk-

samen WE in MFH ergibt sich dann als Differenzgröße zum ermittelten gesamten WE-Bestand.

Tabelle A1 (die mit vorgestelltem „A“ durchnummerierten Tabellen befinden sich im Anhang des Bandes) zeigt den nach der beschriebenen Methodik abgeleiteten Bestand an energieverbrauchswirksamen WE Ostdeutschlands in einer Gliederung nach EZFH und MFH sowie nach politischen Kreisen für das Jahr 2004. Die Darstellung bezieht sich auf den am 31.12.2004 gültigen Gebietsstand.

Unter Bezugnahme auf die Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes zum Wohnungsbestand (Fachserie 5 / Reihe 3 „Bautätigkeit und Wohnungen“) lassen sich plausible Angaben zum Wohnungsleerstand ableiten, indem dieser WE-Bestand dem Bestand energieverbrauchswirksamer WE gegenübergestellt wird. Die Differenz zwischen beiden Bestandszahlen kann als Wohnungsleerstand definiert werden.

In Tabelle A1 ist dieser Leerstand für den Bereich der MFH angegeben. Es kann unterstellt werden, dass der tatsächliche Leerstand in EZFH vernachlässigbar gering ist. Bezüglich der Differenzgrößen ist zu beachten, dass EZFH auch durch Nutzer verwendet werden, die dem Sektor GHD (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und sonstige Verbraucher) zugeordnet werden.

Die Ermittlung des Bestandes an energieverbrauchswirksamen WE nach der beschriebenen Methodik (Bevölkerungszahl, Belegungskoeffizient „Ew/WE“) sowie die Bestimmung des Wohnungsleerstandes aus einer Gegenüberstellung zum absoluten WE-Bestand des Statistischen Bundesamtes ermöglicht eine auf quantifizierten Größen beruhende Plausibilitätsprüfung des abgeleiteten WE-Bestandes.

Unter Verwendung der veröffentlichten Daten des Statistischen Bundesamtes sind auch Aussagen zur durchschnittlichen Größe einer WE (m^2/WE) möglich, was eine wesentliche Ausgangsgröße für die Bestimmung des Raumwärmeverbrauchs darstellt. Ebenso bilden die Daten des Statistischen Bundesamtes die Grundlage für die Bestimmung der durchschnittlichen WE-Zahl je Wohngebäude (EZFH, MFH) in einer Differenzierung nach den einzelnen Kreisen. Einschränkend sei darauf verwiesen, dass die Darstellungen der schon mehrfach genannten Fachserie 5 / Reihe 3 des Statistischen Bundesamtes zur Anzahl der Gebäude und WE sowohl dem WE-Gesamtbestand als auch dem Bestand energieverbrauchswirksamen WE zugrunde gelegt wird.

Tabelle A2 gibt eine Übersicht über die durchschnittliche Wohnfläche je WE (in einer Unterteilung nach EZFH und MFH) in den einzelnen Kreisen Ostdeutschlands sowie über die durchschnittliche Anzahl an WE je Wohngebäude in den EZFH und den MFH der einzelnen Kreise.

Zur Charakterisierung der Entwicklung des WE-Bestandes und der Wohnungsnachfrage sei darauf verwiesen, dass im Zeitraum 1990 bis 2004 die Einwohnerzahl in Ostdeutschland um 1.364.350 Bewohner (um 7,5 %) abgenommen hat (Westberlin einbezogen). Die Anzahl körperlich vorhandener WE ist im gleichen Zeitraum um 620.350 WE angestiegen. Legt man die Ergebnisse der Wohnraum- und Gebäudezählung 1995 als fundiertere Zahl zugrunde, so stieg von 1995 bis 2004 die Zahl der körperlich vorhandenen WE um 665.700 WE an (von 8.040.830 WE auf 8.706.530 WE), wobei die Einwohnerzahl um 824.675 abnahm (von

17.645.860 auf 16.821.185). Der Rückgang der Einwohnerzahl hatte trotz einer sinkenden durchschnittlichen Belegung einer WE (Ew/WE) auch eine Abnahme im Bestand an energieverbrauchswirksamen WE zur Folge (um 217.000 WE). In dieser Entwicklung liegt auch der deutliche Anstieg des Wohnungsleerstandes begründet, von dem vor allem der Bestand an WE mit Fernwärmeversorgung betroffen ist (Wegzug aus Satellitenstädten mit Plattenbauten).

Entscheidende Veränderungen vollzogen sich im Zeitraum seit 1990 in der Struktur der Raumheizung. Lag im Jahre 1990 der Anteil der mit Festbrennstoffen (vor allem Braunkohlenbrikett) beheizten WE bei rund 65 %, so wurden 2004 weniger als 5 % der WE mit Festbrennstoffen beheizt.

Anders als in der Entwicklung in Westdeutschland in 1970er-/1980er-Jahren erreichte in Ostdeutschland im Rahmen der Ablösung der bisherigen Kohleheizung die Gasheizung im Vergleich zur Ölheizung ein überdurchschnittliches Wachstum, insbesondere durch den Ausbau der Nahwärmeversorgung (Objektversorgung im Sinne einer Wärmeversorgung aller WE eines Gebäudes/Gebäudetraktes durch eine Gasfeuerungsanlage im Gebäude/Gebäudetrakt).

Tabelle A3 zeigt die Entwicklung der Struktur der Heizungssysteme in Ostdeutschland im Zeitraum 1995 bis 2000.

Grundlage für die Bestimmung der Heizungsstruktur der EZFH und MFH bildeten die Statistiken der Landes-Schornsteinfegerinnungen. Mit der in der BImSchV festgelegten Pflicht zur jährlichen Messung und Kontrolle der Abgaswerte der Gas- und Ölfeuerungsstätten existiert hierzu eine gut nutzbare Datenbasis.

Angaben zur Heizungsstruktur des Bestandes energieverbrauchswirksamer WE enthält Tabelle A3 in einer Gliederung nach Bundesländern und weiter nach kreisfreien Städten und Landkreisen sowie nach den Gebäudetypen EZFH und MFH.

Auf eine Unterteilung nach politischen Kreisen wird verzichtet, weil im Zeitraum seit 1995 mehrere Kreisgebietsreformen stattgefunden haben, so dass ein direkter Vergleich der Daten beider Eckjahre nicht möglich ist.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass die Veränderung in der Struktur der Heizungssysteme in Ostdeutschland im Jahre 2000 im Wesentlichen abgeschlossen war.

Bemerkenswert ist auch, dass der Wohnungsneubau in Ostdeutschland, vornehmlich im Bereich der EZFH, mit einem Anteil von mehr als 80 % mit einer Gasheizung ausgestattet wurde.

Im Bereich der EZFH verfügten im Jahre 2004 rund 65 % der WE über eine Gasheizung, vorwiegend mit Erdgaseinsatz, teilweise wird aber auch mit Flüssiggas genutzt. Der Anteil der WE mit einer Ölheizung lag bei 33 %.

In der Beheizung der WE in MFH hat im Jahr 2004 die Gasheizung mit der Fernwärmeversorgung gleichgezogen bzw. dieses Heizungssystem bereits überholt (38,4 % entfallen auf die Fernwärmeversorgung und 38,8 % auf die Gasheizung), wobei die Gasheizung weitestgehend als Nahwärmeversorgung im oben beschriebenen Sinne betrieben wird.

Wird zusätzlich noch berücksichtigt, dass rund 70 % der Fernwärmeerzeugung in Ostdeutschland auf dem Einsatz von Erdgas basiert, liegt der Anteil der mit Gas beheizten WE in Ostdeutschland gegenwärtig bei 65 bis 70 %.

3.2.3.2 Wärmeverbrauch der privaten Haushalte in Ostdeutschland

Eingangs muss festgestellt werden, dass gegenwärtig keine schlüssige Energiebilanz für das Jahr 2003 bzw. 2004 zum Energieverbrauch der privaten Haushalte vorliegt, so dass gesicherte Ausgangsgrößen zum Wärmeverbrauch und den dafür eingesetzten Energieträger nicht vorliegen. Die im Auftrage des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie vom RWI Essen und der forsa Gesellschaft für Sozialforschung und statistische Analysen vorgelegte „Erhebung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte für das Jahr 2003“ ist zumindest bzgl. des Energieverbrauchs der privaten Haushalte Ostdeutschlands kritikwürdig.¹⁰ Grundlagen für belastbare Ausgangsdaten zum Wärmeverbrauch der Haushalte können nicht abgeleitet werden.

Es wird deshalb auf die im Institut für Energetik und Umwelt Leipzig vorhandene Datenbasis zum Bestand an energieverbrauchswirksamen WE zurückgegriffen und auf dessen Grundlage der Energieverbrauch für die Raumheizung und die Warmwasserbereitung ermittelt.

Neben dem WE-Bestand in seiner Untergliederung nach WE in EZFH und in MFH bilden die je politischen Kreis vorliegenden durchschnittlichen Wohnflächen je WE die wichtigste Ausgangsgröße. Außerdem wird von einem Grad und Umfang der Gebäudesanierung ausgegangen, wie er den Bearbeitern aus Konsultationen von Wohnungsverbänden und von großen Wohnungsunternehmen vermittelt wurde. Unter Berücksichtigung von Projektwerten zum spezifischen Raumwärmeverbrauch (Nutzenergieverbrauch) in kWh/(m²*a) werden durchschnittliche Verbrauchswerte angenommen, deren Gültigkeit auf der Grundlage von Verbrauchsdaten von Landesenergiebilanzen für Zeiträume, als solche Bilanzen vorlagen, überprüft wurde.

Im Einzelnen liegen den Berechnungen zum Energieverbrauch für die Raumheizung des Jahres 2004 folgende Ansätze zugrunde:

Tabelle 2: Raumwärmeverbrauch

Raumwärmeverbrauch (Nutzenergie) in kWh/m ² *a			
	Neubau	sanierte Gebäude	unsanierte Gebäude
WE in EZFH	90	169	190
WE in MFH in Städten	58	128	160
WE in MFH in Landkreisen	58	144	180

Quelle: Berechnungen IE Leipzig

¹⁰ So ist zum Beispiel die Energieträgerverteilung in den einzelnen Wohnungssegmenten (EFH/ZFH, MFH) auf Grund der Befragungsergebnisse nicht plausibel nachvollziehbar und weist mehr oder weniger große Abweichungen zu gesicherten statistischen Datengrundlagen auf. Zur Erhebung energiewirtschaftlich relevanter und komplexer Daten ist aus Sicht des IE Leipzig eine Erhebung mittels Fragebogen bei Haushalten ohne eine fachliche Interviewerbegleitung nicht sinnvoll und führt zu einer hohen Fehlerquote bei den Antworten.

Es sei nochmals angeführt, dass diese Verbrauchswerte sich auf den Nutzenergieverbrauch beziehen. Eine Verbindung zum Endenergieverbrauch erfordert die Berücksichtigung der Wirkungsgrade der einzelnen Wärmeerzeugungsanlagen.

Unter Bezugnahme auf die geführten Konsultationen mit Wohnungsverbänden und großen Wohnungsunternehmen kann von nachfolgend dargestellten Sanierungsraten ausgegangen werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass diese Raten auf den Aussagen der Wohnungswirtschaft sowie kommunalen Einschätzungen (zum Bestand an EZFH) basieren. Die Aussage „Sanierung“ bedeutet eine grundlegende Sanierung/Modernisierung des Gebäudes. Rückschlüsse auf den Umfang der ausgeführten Verbesserung der energetischen Effizienz können jedoch in der Regel nicht gezogen werden. Die Senkung des Energieverbrauchs im Rahmen der Gebäudesanierung umfasst das Spektrum von einem ausschließlichen Tausch der Fenster durch solche mit Mehrfachverglasung bis hin zum nachträglich angebrachten Vollwärmeschutz. Grundsätzlich muss jedoch unterstellt werden, dass aus dem Wirtschaftlichkeitskalkül der Wohnungsunternehmen heraus das vorhandene Energieeinsparpotenzial nur in Ausnahmefällen ausgeschöpft worden ist. Die Ursachen im Mietwohnungsbereich liegen vor allem darin begründet, dass die Umlage der Wärmedämmmaßnahmen auf die „Kaltmiete“ die tatsächlichen Kosten nicht kompensiert.

Tabelle 3: Realisierungsraten Sanierung

Realisierungsraten bei der Sanierung von Wohngebäuden im Zeitraum 1990 bis 2004		
	WE in EZFH	WE in MFH
WE in kreisfreien Städten	60 %	70 %
WE in Landkreisen	55 %	65 %

Der Ermittlung des Wärmeverbrauchs für die Warmwasserbereitung liegt die Annahme einer 100 %igen Ausstattung der EZFH mit Bad/Dusche zugrunde. Die Ausstattungsraten bei WE in MFH werden unter Bezugnahme auf durchgeführte Recherchen (Verschiedene Statistiken der Statistischen Landesämter über mehrere Jahrgänge (Mikrozensus) zur Wohnungsausstattung sowie Recherche bei den Wohnungsverbänden) mit regionalen Unterschieden zwischen 95 % und 97 % angenommen. Weitere Grundgrößen hierfür sind ein Warmwasserverbrauch von 42 Liter pro Person und Tag, ein Jahresnutzungsgrad von 345 Tagen sowie eine Temperaturdifferenz zwischen Kalt- und Warmwasser von 35 ° K.

In Tabelle A4 ist der Wärmeverbrauch für die Raumheizung und Warmwasserbereitung für die einzelnen Bundesländer in einer Unterteilung nach kreisfreien Städten und Landkreisen sowie nach dem Anfall in EZFH und MFH dargestellt.

Tabelle A5 enthält den Wärmeverbrauch (Raumheizung und Warmwasser) nach Energieträgern entsprechend der im Jahre 2004 existierenden Heizungsstruktur. Die Struktur der Warmwasserbereitung ist weitestgehend der Heizungsstruktur angepasst.

3.2.4 □ Wärmeverbrauch im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher (GHD)

Im Gegensatz zum Sektor private Haushalte existieren im Sektor GHD nicht solche klar definierten Indikatoren, die eine plausibel quantifizierbare Analyse und Prognose des Energieverbrauches im Allgemeinen und des Wärmeverbrauchs im Besonderen ermöglichen. In den vorliegenden Energiebilanzen besitzen die Verbrauchsdaten des Sektors GHD in der Regel den Status eines „Restposten“ im Energieverbrauch.

Anders als im Sektor Verarbeitendes Gewerbe und übriger Bergbau („Industrie“) korrespondieren die Tätigkeiten der zum Sektor GHD gehörenden Bereiche weitestgehend direkt mit der Einwohnerzahl. In Anlehnung an Untersuchungen der PROGNOSE AG und EWI [Energie-report IV, 2005] sowie Studien des Instituts für Energetik und Umwelt Leipzig wird es hier für sinnvoll erachtet, eine Kenngröße „Energieverbrauch Sektor GHD je Einwohner“ zu definieren.

Da sich die Hauptvertreter des GHD-Sektors bzgl. ihres Energieverbrauches – und darunter auch des Wärmeverbrauches – z. T. deutlich unterscheiden, soll die Kenngröße „Energieverbrauch Sektor GHD je Einwohner“ zusätzlich noch nach bestimmten Verbrauchergruppen unterteilt werden. Dabei wird folgende Unterteilung als zweckmäßig erachtet:

- Gewerbe (Handwerksbetriebe, gewerbliche Unternehmen mit weniger als 20 Beschäftigten),
- Handel, Gastronomie
- private Dienstleistungen
- öffentliche Verbraucher und
- übrige Verbraucher.

Während die Aufteilung des Energieverbrauches insgesamt des GHD-Sektors auf diese Untergruppen möglich ist, kann der Anteil des Wärmeverbrauchs (Raumwärme, Warmwasser) am Energieverbrauch der Untergruppe nur annähernd eingeschätzt werden. Plausible Kennwerte hierzu sind den Autoren nicht bekannt. Unter Verwendung einer in der Zeitschrift BWK veröffentlichten Aufteilung des Energieverbrauchs des Sektors GHD nach Anwendungsprozessen [BKW 2006] wird der Wärmeverbrauch der einzelnen Untergruppen des Sektors GHD als „Wärmeverbrauch je Einwohner“ näherungsweise abgeschätzt.

Mit Blick auf die Zielsetzung der vorliegenden Studie macht sich zusätzlich noch eine Unterteilung des Wärmeverbrauches nach seinem Auftreten in städtischen (kreisfreie Städte) und ländlichen (Landkreise) Gebieten erforderlich. Hierbei wird von der Grundannahme ausgegangen, dass der Verbrauch je Einwohner in den ländlichen Gebieten für jede der gewählten Untergruppen deutlich niedriger ist als in den städtischen Bereichen, da in den städtischen Regionen eine höhere einwohnerbezogene Dienstleistungs- und Branchendichte vorhanden ist als in ländlichen Regionen.

Tabelle A6 gibt einen Überblick über die gewählten Basisdaten, auf deren Grundlage der Wärmeverbrauch in den Teilgebieten des Sektors GHD Ostdeutschlands ermittelt wird.

In Tabelle A7 ist der Wärmeverbrauch im Sektor GHD in einer Untergliederung nach Bundesländern und nach kreisfreien Städten und Landkreisen dargestellt.

3.3 Analyse der Fernwärmepreise

Die Energieträgerpreise sind in den letzten Jahren starken Schwankungen unterlegen gewesen. Abbildung 4 macht dieses am Beispiel der indizierten Betrachtung für die Bundesebene deutlich. Dabei zeigt sich, dass alle hier betrachteten Energieträger Heizöl, Gas und Fernwärme von der Tendenz her signifikante Preissprünge innerhalb von nur zwei Jahren aufweisen und dass diese bei Heizöl besonders ausgeprägt sind. Aber auch bei der Fernwärme ist ein deutlicher Anstieg zu verzeichnen.

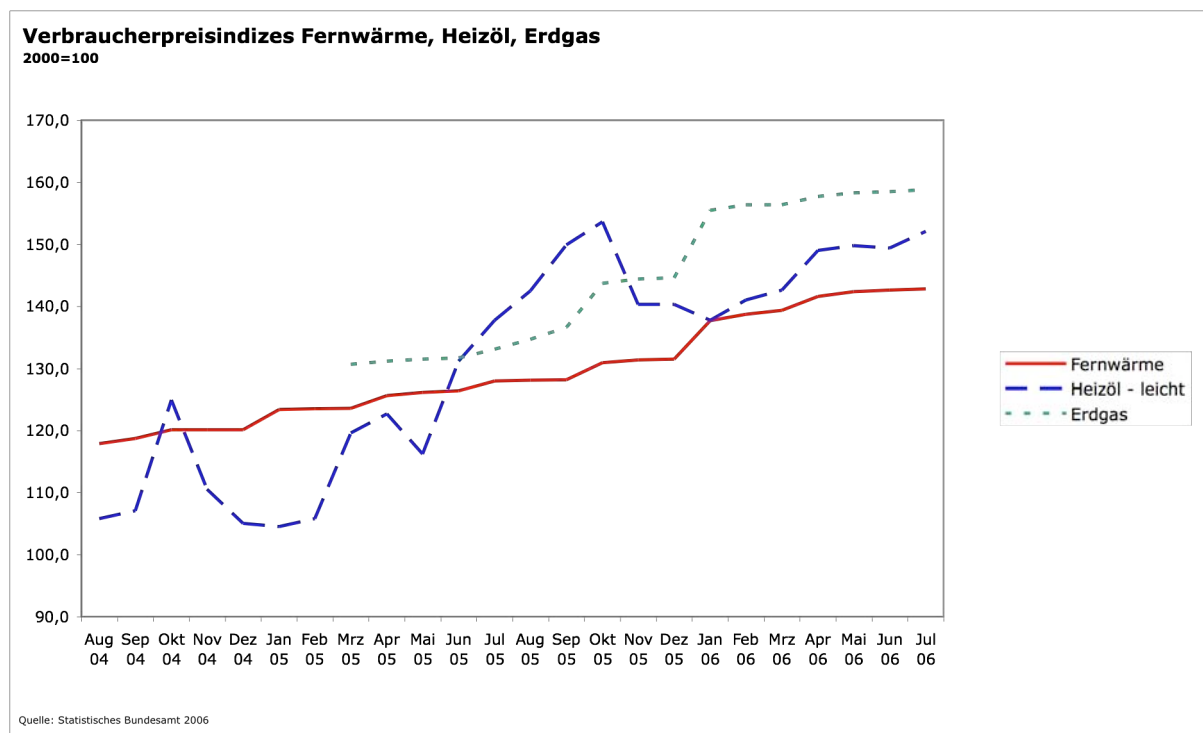


Abbildung 4: Verbraucherpreisindizes

Ohne die Entwicklung der Fernwärmepreise in den alten Bundesländern im Folgenden außer Acht zu lassen, soll zunächst vorrangig die Entwicklung in Ostdeutschland im Zeitraum seit dem Jahre 2000 beleuchtet werden. Der Grund hierfür besteht darin, dass die Preise in Ostdeutschland neben der Energiepreisentwicklung im allgemeinen zusätzlich noch durch den deutlichen Anstieg des Wohnungsleerstandes in den mit einer Fernwärmeversorgung ausgestatteten Plattenbau-Satellitenstädten bzw. Großsiedlungen beeinflusst werden. Diese Entwicklung wird noch dadurch verstärkt, dass die Fernwärmeversorgungssysteme in den Jahren 1991 bis 1995 nahezu vollständig saniert wurden, jedoch auf dem Niveau einer fast 100 %igen Auslastung des WE-Bestandes mit Fernwärmeversorgung. Exemplarisch sei zu dieser Problematik das Beispiel der Satellitenstadt Leipzig-Grünau genannt, die im Zeitraum 1976 bis 1989 für 100.000 Bewohner erbaut wurde. Im Jahre 2005 lebten dort in fernwärmeversorgten Plattenbauten weniger als 50.000 Einwohner, so dass eine Leerstandsqoute von etwa 30 % besteht. Diese Situation stellt keinen Einzelfall in Ostdeutschland dar.

Zusätzlich traten noch Veränderungen im Verbraucherverhalten auf (sparsamerer Umgang mit Wärme), und es wirkten sich auch nachträgliche Wärmedämmmaßnahmen aus. All das führte insgesamt zu einer deutlichen Reduzierung des Fernwärmeverbrauchs im Zeitraum seit 1995.

Mit den Investitionen für die Sanierung/Modernisierung der Fernwärmesysteme auf einem aus heutiger Sicht deutlich überhöhtem Niveau entstanden Kapitaldienste, die nunmehr durch eine immer geringere Wärmemenge refinanziert werden müssen. Eine weitere Verschärfung dieser Situation stellt sich mit dem Abriss von Wohngebäuden im Rahmen des Programms Stadtumbau Ost ein, zumal die Energieversorgungsunternehmen (Fernwärmelieferer) am Förderprogramm Stadtumbau gegenwärtig nicht partizipieren.

Um eine annähernde Vergleichbarkeit der Fernwärmepreise zu gewährleisten, wird auf die Daten der „Fernwärmepreisvergleiche“ der Arbeitsgemeinschaft Fernwärme (AGFW) zurückgegriffen. Als einschränkend gilt, dass sich diese Preisvergleiche nur auf die Preise der Mitgliedsunternehmen der AGFW beziehen. Es sind bei weitem nicht alle Fernwärmeerzeuger Ostdeutschlands Mitglied der AGFW. Angaben über den Anteil der Fernwärmeerzeuger Ostdeutschlands, die Mitglied in der AGFW sind, sind bei der AGFW nicht bekannt.

Angemerkt sei ferner noch, dass die Nennung der Fernwärmepreise durch die Mitgliedsunternehmen der AGFW auf freiwilliger Basis erfolgt, also keine Berichtspflicht besteht. Damit ist eine kontinuierliche Zeitreihe nicht zwingend gegeben.

In den folgenden Analysen wird analog den Untersuchungen des Jahres 2004 der Preisvergleich mit den Preisen mit einem Anschlusswert von 200 kW bei 1.500 Benutzungsstunden pro Jahr durchgeführt. Ein Anschlusskostenbeitrag wird nicht berücksichtigt.

Ausgangspunkt der Preisanalyse sind zunächst die durchschnittlichen Fernwärmepreise auf der Ebene jedes einzelnen ostdeutschen Bundeslandes. Tabelle A8 gibt hierzu eine Übersicht.

Nach dieser Darstellung sind in allen ostdeutschen Bundesländern (außer Berlin) die Fernwärmepreise zwischen 2002 und 2005 stark angestiegen. Den stärksten Anstieg gab es in Sachsen-Anhalt mit 18,2 % im Jahre 2005 gegenüber dem Jahre 2002. Bemerkenswert ist dabei die Entwicklung in Sachsen-Anhalt. Während die durchschnittlichen Preise von 2002 zu 2003 fielen (0,7%), legten sie bis 2005 kräftig zu. Im Vergleich 2005 zu 2002 stiegen danach die Fernwärmepreise um 18 %. Auch in Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern lag der Preisanstieg über 10 %.

Aus Tabelle A8 aber auch aus Tabelle A10 ist ersichtlich, dass sich die Preise innerhalb des Jahres 2005 veränderten (01.4.2005 zu 01.10.2005). Zu berücksichtigen ist dabei allerdings, dass beide Preisangaben auf unterschiedlichen Bezugsgrößen aufbauen, Angaben bis 01.04.2005 auf einem Anschlusswert von 200 kW (01.10.2005: 160 kW) und 1.500 h/a (01.10.2005: 1.800 h/a).

Um das in Tabelle A8 dargestellte Niveau der durchschnittlichen Fernwärmepreise der ostdeutschen Bundesländer bewerten zu können, werden sie sowohl dem Durchschnitt der Bundesrepublik Deutschland insgesamt als auch den Durchschnittswerten der Länder der alten Bundesrepublik (Westdeutschland) gegenübergestellt.

Tabelle A9 enthält die durchschnittlichen Fernwärmepreise für die Bundesrepublik insgesamt sowie für Ost- und Westdeutschland für die Eckjahre 2002, 2003 und 2005. Neben den Durchschnittswerten enthält Tabelle 9 auch die höchsten (Maximum) und die niedrigsten (Minimum) Preise unter Nennung des jeweils zugehörigen Bundeslandes. Ein solcher Vergleich zeigt, dass die Preise in Ostdeutschland (außer Berlin) deutlich über dem Durchschnitt der Bundesrepublik Deutschland liegen.

Tabelle A10 gibt einen Überblick über die durchschnittlichen Fernwärmepreise für die westdeutschen Bundesländer.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass auch in den alten Bundesländern die Fernwärmepreise anstiegen. Bemerkenswert ist dabei, dass der Anstieg von 2002 bis 2005 in Westdeutschland insgesamt 13,5 % betrug, in Ostdeutschland dagegen nur 9,2 % (Deutschland gesamt: 11,7 %). Allerdings liegen die Fernwärmepreise in Westdeutschland im Jahre 2005 im Durchschnitt noch 10,4 % unter denen in Ostdeutschland. Im Jahre 2002 betrug der Unterschied 14,7 % (vgl. Tabelle A9).

Nach der Darstellung der durchschnittlichen Fernwärmepreise auf der Ebene der einzelnen Bundesländer sollen – auch mit Blick auf die eingangs geschilderte besondere Situation der Fernwärme in Ostdeutschland – in den Tabellen A11 und A12 exemplarisch die Fernwärmepreise ausgewählter Städte Ostdeutschlands im Zeitraum 1998 bis 2005 dargestellt werden.

Um das aktuelle Preisniveau (2005) im Rahmen einer Zeitreihe 1998 bis 2005 charakterisieren zu können, zeigt Tabelle A11 den Maximalwert, den Minimalwert und den Durchschnittswert über den Betrachtungszeitraum. Bemerkenswert ist der Preisrückgang in Leipzig im Jahre 2005 gegenüber dem Jahre 2003. Angezweifelt werden muss allerdings der Fernwärmepreis 2005 in Magdeburg; Stand 01.04.2005. Ein Rückgang um rund 22 % von 2003 zu 2005 erscheint fragwürdig. Dieser Wert enthält offensichtlich nur den Preis für Sondervertragsvereinbarungen mit Kunden. Die allgemeinen Fernwärmepreise in Magdeburg sind jedoch deutlich höher, was die Preisangaben per 01.10.2005 belegen.

3.3.1 □ Wirtschaftlichkeitsvergleich zwischen Fern- und Nahwärmeversorgung

Aus Konsultationen mit Wohnungsverbänden und Unternehmen der Wohnungswirtschaft lässt sich ableiten, dass die Wohnungswirtschaft aus wirtschaftlichen Überlegungen heraus bereits über eine Abkopplung von der Fernwärmeversorgung nachdenkt. Äußeres Zeichen dafür ist, dass Wohnungsunternehmen verstärkt auslaufende Fernwärmelieferverträge nicht mehr wie bisher durch langfristige (10- Jahres-) Verträge erneuert, sondern auf kurzfristigere Verträge (1- bis 2-Jahresverträge) orientiert. Damit will man sich die Option einer Abkopplung von der Fernwärmeversorgung bei gleichzeitiger Errichtung einer Nahwärmeversorgung offen halten.

Anders als bei einer Fernwärmeversorgung wird die benötigte Wärme direkt „vor Ort“ erzeugt. Damit müssen die zur Wärmeerzeugung benötigten Energieträger zum Wärmeverbraucher (Wohngebäude) befördert werden. Gegenüber einem Fernwärmetransport können auf diese Weise die anfallenden Energieverluste, die bei einem Fernwärmeversorgungssystem zwischen 8 und 10 % betragen, deutlich verringert werden. Erdgas kann, bezogen auf den Energiegehalt, nahezu verlustfrei zum Verbraucher transportiert werden. Bei nicht-

leitungsgebundenen Energieträgern entstehen ohnehin keine Energieverluste. Auch die in der Fernwärmeerzeugung dominierende Anwendung der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) – rund 75 % der in Ostdeutschland erzeugte Fernwärme wird in KWK hergestellt – ist in der Nahwärmeversorgung gegeben. Technische Lösungen für KWK im unteren Leistungsbereich existieren bereits.

Gegenwärtig erfolgt die Versorgung einer Wohnscheibe (Plattenbaublock) mit Fernwärme fast ausschließlich über eine Hausübergabestation (HÜGS). In der Regel befinden sich diese HÜGS im Besitz der Wohnungsunternehmen, so dass relativ problemlos die HÜGS durch Wärmeerzeuger kleiner Leistung (im Bereich 200 bis 400 kW) ersetzt werden können.

Veränderungen im Wärmeversorgungssystem innerhalb des Wohngebäudes (Hausleitungen, Heizkörper, Warmwasserversorgungsanlagen) sind nicht erforderlich.

Bei einem Wechsel auf andere mögliche Energieträger (Erdgas, leichtes Heizöl) muss dabei die Hausübergabestation durch eine Kesselanlage mit zugehöriger Infrastruktur (Brennstoffbeschaffung/-lagerung, Speichertechnik, Abgas- und ggf. Kondensatabführung, Brandschutzanpassung) substituiert werden.

Mit dem bereits vorliegenden Nachweis der technischen Machbarkeit, ist es vor allem eine Frage der Wirtschaftlichkeit, welche Marktanteile künftig von den unterschiedlichen untersuchten Optionen

- Kleinkesselanlage Erdgas (Niedertemperatur),
- Kleinkesselanlage Erdgas (Brennwert),
- Kleinkesselanlage Heizöl H EL (Niedertemperatur),
- Kleinkesselanlage Heizöl H EL „schwefelfrei“ (Brennwert) sowie die
- Klein-BHKW mit Zusatzkessel Erdgas

besetzt werden können.

Für eine Quantifizierung der wirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit von Nahwärmeversorgungslösungen werden folgende allgemeine Randbedingungen festgelegt:

- Die Berechnung stellt die tatsächlichen Wärmebereitstellungs-Kosten eines Verbrauchers bzw. Betreibers (Wohnungsgesellschaft, Contractor etc.) der unterschiedlichen Varianten dem Fernwärme-Preis gegenüber. Erst aus einem Vergleich der konkurrierenden Energiebereitstellungsoptionen können die einzelnen Akteure (Stadtwerke, Contractor, Wohnungswirtschaft) die Vor- und Nachteile der betrachteten Versorgungslösungen erkennen. Das gilt vor allem für die Wohnungsunternehmen im Hinblick auf die Heizkostenproblematik im Rahmen der Vermarktung der Wohnungen.
- Eine Wohnscheibe besteht aus 50 Wohneinheiten (WE).
- Jede Wohneinheit ist durchschnittlich 65 m² groß.
- Die Wärmeversorgungsanlage hat eine technische Lebensdauer von 15 Jahren.
- Die Kapitalverzinsung soll 5 % betragen.

-
- Den Berechnungen werden die jeweils regionalen durchschnittlichen Brennstoffbezugpreise zugrunde gelegt.

Die Entwicklung der (Netto-) Preise Fernwärme Erdgas und Heizöl EL in Deutschland sind in Tabelle A13 sowie den Bildern A1 und A2 (die mit vorgestelltem „A“ durchnummerierten Abbildungen befinden sich im Anhang) dargestellt.

„Schwefelfreies“ Heizöl ist nach Informationen des IE gegenwärtig noch nicht mit Marktpreisen gelistet. Eine Markteinführung steht aber unmittelbar bevor. In den Wirtschaftlichkeitsberechnungen wird dieser Brennstoff nach Konsultationen des Mineralölhandels deshalb mit einem um 10 % höheren Bezugspreis gegenüber konventionellem Heizöl H EL berücksichtigt.

Der Berechnung des Jahresraumwärmeverbrauches liegen die gleichen Ausgangsdaten zugrunde, die bereits im Abschnitt 1.2 angeführt sind. Daraus ergibt sich je Wohnscheibe ein Jahresraumwärmebedarf von 406 MWh. Gleiches gilt für die Bestimmung des Wärmeverbrauches für die Warmwasserbereitung. Verteilungsverluste aufgrund des permanent anstehenden Warmwassers werden mit einem Abschlag berücksichtigt.

Nach diesen Berechnungen ergibt sich ein Gesamtjahreswärmeverbrauch je Wohnscheibe von 497 MWh.

Der Stromverbrauch je Wohneinheit wird mit 2.500 kWh/a angesetzt und beträgt somit 125 MWh für die beschriebene Versorgungsaufgabe.

Zur Ermittlung der Leistung der zu installierenden Kesselanlagen werden die Jahresheizstunden und für die Warmwasserbereitung die Anzahl der Wohneinheiten und ein dazugehöriger Gleichzeitigkeitsfaktor abgeschätzt. Mit der üblichen Faustformel von 5 kW je Wohneinheit kommt man zu einem ähnlichen Ergebnis.

Zur Überprüfung der wirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit einer dezentralen Wärme- und Strombereitstellung wird zusätzlich von folgenden Annahmen ausgegangen:

- Die Mineralölsteuerrückerstattung von 0,55 ct/kWh Erdgasbezug kann aufgrund der Anlageneffizienz vollständig der Versorgungslösung als eine de facto Kostenreduzierung gutgeschrieben werden.
- 20 % des erzeugten Stromes kann direkt zur Selbstversorgung genutzt werden und wird in analoger Weise mit einem Marktpreis von 160 €/MWh gutgeschrieben.
- Die übrigen 80 % müssen in das öffentliche Stromnetz eingespeist werden. Die Stromgutschrift setzt sich aus einer KWK-Zulage (sinkend bis einschließlich 2010) und einer durchschnittlichen Vergütung für Überschuss-Strom von 17,60 €/MWh zusammen.
- Da die Anlage sinnvollerweise für einen Wärmegrundlastbetrieb ausgelegt ist, muss der überwiegende Jahreswärmebedarf durch einen zusätzlichen Erdgaskessel bereitgestellt werden.

Die Kosten für die erforderliche Anlagentechnik entstammen Firmeninformationen von Geräte- und Zubehörherstellern, sowie zur Plausibilitätssicherung aus Befragungen von Installationsfirmen, die bereits an einer technischen Umsetzung einer Substitution einer Hausübergabestation durch eine dezentrale Versorgung arbeiten. Die konsultierten Installations-

firmen bestätigen zudem aus aktuellen Aktivitäten heraus die Einschätzung der Autoren, dass die Fernwärme regional schon jetzt durch eine mögliche dezentrale Versorgung unter wirtschaftlichem Druck steht.

Die unterschiedlichen Wärmebereitstellungskosten sind in folgender Zusammenstellung aufgeführt. Die Bedeutungen von Kapitalkaufwand der unterschiedlichen Energiebereitstellungsoptionen und von den Brennstoffbezugspreisen sind durch die Aufteilung der Gesamtkosten in die fixen und variablen Kostenpositionen dargestellt.

Tabelle 4: Vergleich der Wärmebereitstellungskosten für eine Wohnscheibe mit 50 Wohneinheiten

Energieträger		Erdgas		Heizöl H EL		Klein-BHKW mit Erdgas	Fernwärme
		NT	BW	NT	BW		
Fixe Kosten	€/MWh	9,0	12,6	9,2	13,5	16,6	0,0
Variable Kosten	€/MWh	45,1	42,7	38,7	40,4	43,5	61,4
Gesamtkosten	€/MWh	54,0	55,3	47,9	53,9	60,1	61,4

Quelle: Berechnungen des IE unter Verwendung von Herstellerangaben

Die Ergebnisse zeigen, dass die dezentralen Energiebereitstellungsoptionen zumindest regional günstiger als die Fernwärmeversorgung sein können. Die mit Heizöl betriebenen Varianten haben aufgrund der gegenüber dem Erdgas geringeren Brennstoffbezugskosten die günstigsten Wärmebereitstellungskosten. Der erhöhte Platzbedarf für die Brennstofflagerung bzw. mögliche psychologische Effekte durch die vermeintliche „direkte Abhängigkeit vom Rohölpreis“ bleiben hier unberücksichtigt. Aus rein wirtschaftlichen Gründen ist diese Option in dem hier verwendeten Beispiel, das eine typische Situation aus dem Jahr 2004 wieder spiegelt aber viel versprechend¹¹.

Die Brennwertechnik ist bei beiden Energieträgern die teurere Variante. Dies resultiert hauptsächlich aus dem höheren technischen und damit finanziellen Aufwand. Der geringere Brennstoffeinsatz reicht bei dem zugrunde gelegten gegenwärtigen Niveau der Energiepreise nicht zur Kompensation aus (bei Erdgas) bzw. wird durch die erhöhten Brennstoffbezugskosten (bei Heizöl „schwefelfrei“) aufgezehrt.

Die dezentrale Klein-BHKW-Versorgung mit Erdgas kann ebenfalls schon jetzt die Kosten der Fernwärmeversorgung unterbieten. Die Gutschriften für die zusätzliche bzw. überschüssige Stromproduktion sind relativ gering und kompensieren den hohen finanziellen Aufwand für die Installation eines Klein-BHKW und einer zusätzlichen konventionellen Kesselanlage nur zum Teil. Aus rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten stellen die Klein-BHKW deshalb noch keine Konkurrenz für die dezentrale Wärmebereitstellung mit Erdgas und H EL dar. Sobald aber eine größere Versorgungsaufgabe (z.B. durch den Anschluss von mehreren, baulich aneinander grenzenden Wohnblöcken) gelöst werden soll, verbessern sich der Deckungsbeitrag des Eigenstromverbrauches und damit die Wirtschaftlichkeit der Anlage erheblich.

¹¹ Unterstellt man höhere Ölpreise, wie derzeit angezeigt, verändert sich die Rechnung selbstverständlich, die Aussagen bleiben aber in ihren Grundzügen erhalten.

Ein großes zusätzliches, hier nicht berücksichtigtes Einsparpotenzial kann sich durch die gleichzeitige Ausstattung mehrerer Wohnscheiben durch einen Auftragnehmer und somit durch einen zusätzlichen Preisnachlass von mehreren Prozent ergeben.

An dieser Stelle soll noch darauf verwiesen werden, dass die dargestellten Berechnungen sich auf das grundsätzliche Problem einer möglichen Ablösung der Fernwärmewärmeversorgung durch eine Nahwärmeversorgung beziehen. Die effektive Umsetzung dieser Versorgungsvariante hängt jedoch von den örtlichen Gegebenheiten ab, wie Vorhandensein einer Gasversorgung, Wirtschaftlichkeit der Neuverlegung von Gasleitungen, Akzeptanz von Ölfeuerungsanlagen einschließlich der Errichtung von Öltanks im Wohnumfeld, Kündbarkeit der Fernwärmelieferverträge u. ä. ab. Spezielle Berechnungen für konkrete Anwendungsfälle (Wohngebiete) sind damit unabdingbar.

Neben den zuvor dargestellten Möglichkeiten des Wechsels auf fossile Energieträger kann aber auch Biomasse als Alternative in Betracht kommen. Dem IE ist ein Pilotprojekt bekannt, bei dem unter Zustimmung des Fernwärmeversorgers (Stadtwerke) ein Umstieg von einer Fernwärme- auf eine Nahwärmeversorgung unter Verwendung von Holzpellets als Einsatzenergieträger vollzogen wurde. Auf dieses Beispiel wird im nachfolgenden Kapitel näher eingegangen.

3.3.2 □ Wirtschaftliche Situation: Anlegbare Preise – Konkurrenzsituation von Fern- und Nahwärme

Im Abschnitt 1.3.1 wurde bereits die Konkurrenzsituation zwischen einer Fern- und einer Nahwärmeversorgung an speziellen Fallbeispielen dargestellt.

Unter Bezugnahme auf die in den vorangehenden Ausführungen analysierten Veränderungen auf dem Gebiet der Wärmeversorgung der privaten Haushalte (Kapitel 1.3.1) kann festgestellt werden, dass die Fernwärmeversorgung in der Wirtschaftlichkeit der Deckung des Wärmebedarfs gegenüber anderen Versorgungssystemen zunehmend Nachteile besitzt. Für Ostdeutschland gilt dabei, dass sich infolge der Wohnungsleerstände die fixen Kosten des Fernwärmeversorgungssystems (Kapitaldienst für die Wärmenetze) auf einen immer geringer werdenden Absatz verteilen. Gleiches gilt für die Wärmeverluste, die nicht proportional des verminderten Absatzes sinken.

Auf diese Weise gewinnt die Nahwärmeversorgung zunehmend Wettbewerbsvorteile gegenüber der Fernwärmeversorgung. Für eine Nahwärmeversorgung spricht unter wirtschaftlichen Akzenten zusätzlich noch, dass einfacher als bei einer Fernwärmeversorgung der Einsatz erneuerbarer Energien möglich ist. Als Nahziel innerhalb des Wettbewerbs zwischen Fern- und Nahwärmeversorgung gilt dabei der Einsatz von (Holz-) Pellets, der eine deutliche Senkung der Wärmekosten bei einem gegenwärtigen Energiepreisniveau ermöglicht. Mit Blick auf die wirtschaftlichen Vorteile soll nachfolgend ein bereits realisiertes Beispiel dargestellt und analysiert werden, bei dem ein ursprünglich mit Fernwärme versorgter Wohnblock von diesem Versorgungssystem abgekoppelt und eine dezentrale Nahwärmeversorgung aufgebaut wurde. Diese Lösung kann als Beispiellösung betrachtet werden und liefert der Wohnungswirtschaft nachvollziehbare Argumente für eine Verbesserung der Vermarktung

des WE-Bestandes, insbesondere mit Blick auf mögliche Reduzierungen der Wohnnebenkosten.

Weitere Möglichkeiten zum Ausbau der Nahwärmeversorgung, auch in Konkurrenz zur Individualheizung (bei EZFH), werden im Kapitel 5 betrachtet.

Beispielprojekt zur Konkurrenz zwischen Fern- und Nahwärmeversorgung

Zu Beginn der Heizperiode 2005/2006 realisierte die Wohnungsgenossenschaft (WG) „Kontakt“ Leipzig ein Pilotprojekt, das beispielgebend für eine wirtschaftliche und klimaentlastende Wärmeversorgung der privaten Haushalte in der Zukunft ist.

Die WG „Kontakt“, gegründet im Jahre 1954, verfügt über rund 15.400 WE, wobei ein sehr hoher Anteil auf Plattenbausiedlungen mit einer Fernwärmeversorgung entfällt.

Infolge der stetig steigenden Fernwärmepreise entschied sich das Wohnungsunternehmen zu einem Pilotprojekt, bei dem ein Wohnblock mit 60 WE (Plattenbau mit 6 Eingängen zu je 10 WE) von der Fernwärme abgekoppelt und in diesem Block eine dezentrale Anlage (Nahwärmeversorgung) auf Basis Holzpellets errichtet wurde. Die Hausübergabestation der Fernwärmeversorgung (HÜST), die dem Wohnungsunternehmen gehörte, wurde durch eine Feuerungsanlage mit Pelleteinsatz ersetzt. Der erforderliche Lagerraum für Pellets war im Wohnblock (Kellerräume) vorhanden und gestattet eine Lagerung von 18 t Pellets. Nach Berechnungen des Wohnungsunternehmens liegt der Jahresbedarf bei 85 t Pellets. Installiert wurden zwei Kesselanlagen mit je 100 kW Leistung. Die Umrüstung auf den Pelletbetrieb kostete das Unternehmen nach deren Angaben ca. 100.000 €. Das Pilotprojekt wurde eigenständig finanziert. Fördermittel standen nicht zur Verfügung.

Die Anlage wurde am 1. September 2005 in Betrieb genommen. Seit Mitte Juni 2006 liegen erste Abrechnungsergebnisse vor und bestätigen die hohe Wirtschaftlichkeit der Anlage. Vorteilhaft für das Pilotprojekt erwies sich der Umstand, dass die Heizperiode 2005/2006 bezogen auf die Heizgradtagzahl über dem langjährigen Durchschnitt lag und folglich gute Aufschlüsse über die Wirtschaftlichkeit der Anlage lieferte.

Der abgerechnete Pellet-Verbrauch lag bei 100 t. Es gab keinerlei Lieferschwierigkeiten. Der Brennstoff lag stets in ausreichender Menge vor. Vereinbart war ein Einjahresvertrag mit einer Herstellerfirma für die Lieferung der Pellets. Der Pellepreis betrug 153 €/t.

Nach Angaben des Wohnungsunternehmens belaufen sich für diese Abrechnungsperiode die Nebenkosten für Raumwärme und Warmwasser pro Monat auf 0,52 € pro m² Wohnfläche.

In diesen Kosten sind neben den Brennstoffkosten auch die Betriebskosten und der Kapitaldienst der Anlage enthalten.

Bei einer Versorgung der WE mit Fernwärme hätten die monatlichen Kosten für Raumwärme und Warmwasser bei 0,85 € pro m² Wohnfläche gelegen. Mit der Umrüstung von einer Fernwärme- auf eine Nahwärmeversorgung liegt im konkreten (realisierten) Fall die Kosteneinsparung bei rund 39 %. Neben den wirtschaftlichen Effekten bestimmt die Reduzierung der CO₂-Emission den Erfolg des Pilotprojekts.

Die Abkopplung von der Fernwärme verlief verwaltungstechnisch problemlos. Obwohl zwischen dem Wohnungsunternehmen und den Stadtwerken Leipzig noch ein gültiger Liefervertrag bestand, konnte die Umrüstung bewerkstelligt werden.

Nach Aussagen des Wohnungsunternehmens habe sich die Anlage in vier Jahren amortisiert.

Als Fazit des überaus erfolgreichen Pilotprojekts plant das Wohnungsunternehmen, die im kommenden Jahr auslaufenden Fernwärmelieferverträge mit den Stadtwerken zunächst nicht zu verlängern, sondern dort, wo ein Pelleteinsatz möglich ist, diesen auch zu realisieren. Ein weiteres Projekt (Plattenbau mit ebenfalls 60 WE) steht gegenwärtig unmittelbar vor dem Abschluss und soll zu Beginn der Heizperiode 2006/2007 in Betrieb gehen.

3.4 Vergleichende Betrachtung der Entwicklungstendenzen in den Nachbarländern

3.4.1 □ Allgemeine Tendenzen in Europa

3.4.1.1 Marktanteile und Produktion von Fernwärme

In der erweiterten EU¹² werden jährlich 550 TWh Fernwärme verkauft. Dies entspricht 10% des Wärmebedarfs für Raumwärme (einschl. Warmwasser). Insgesamt ist eine positive Entwicklung mit Wachstumsraten der Wärmeproduktion von knapp 1%/a zu beobachten. Dies trifft inzwischen auch wieder auf die neuen EU-Länder¹³ zu, deren Wärmeverbrauch zuvor aufgrund der Einführung von Verbrauchsmessungen stark abgenommen hatte.

Besonders erfolgreich bei der Vermarktung von Fernwärme waren in den vergangenen Jahren die Länder Österreich, wo sich der Wärmeabsatz zwischen 2001 und 2003 um 4%, und Schweden, wo sich der Marktanteil und die Anzahl angeschlossener Kunden deutlich erhöht hat.

Die Marktanteile von Fernwärme sind in den EU-Ländern sehr unterschiedlich. In den neuen, östlichen EU-Ländern ist die Fernwärme deutlich stärker verbreitet. Im Wohnbereich wird im Westen ein Anteil von 7% und im Osten von 37% erreicht. Spitzenreiter in der alten EU ist Dänemark, wo 60% aller Wohnungen mit Fernwärme versorgt werden (in Island beträgt aufgrund der leichten Zugänglichkeit von Geothermie der Anteil der Fernwärme am Wärmemarkt sogar 96%).

Sehr geringe Marktanteile von unter 5% werden in den südlichen Ländern wie Italien nicht überschritten, aber auch in den Ländern mit höherem Heizbedarf wie Frankreich, Holland, Norwegen, Schweiz und Großbritannien ist der Anteil von Fernwärme vernachlässigbar gering.

¹² Die Angaben in diesem Kapitel beruhen vorwiegend auf /EH&P 2005/. Es werden nur die folgenden für die Fernwärmeversorgung interessanten Länder innerhalb der EU berücksichtigt: Österreich, Dänemark, Finnland, Deutschland, Italien, Holland, Schweden, Bulgarien, Kroatien, Tschechien, Estland, Ungarn, Lettland, Litauen, Polen, Rumänien und Slowakei.

¹³ Bulgarien, Kroatien, Tschechien, Estland, Ungarn, Lettland, Litauen, Polen, Rumänien und Slowakei

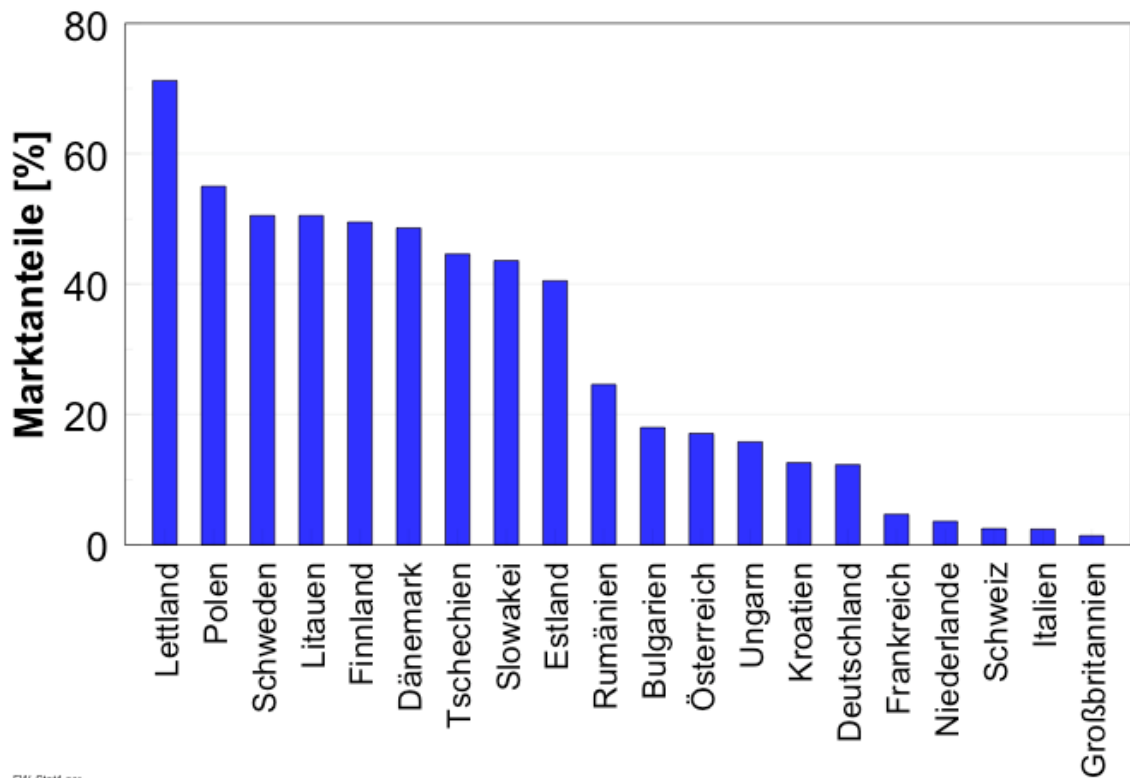


Abbildung 5: Marktanteile von Fernwärme nach EH&P 2005

Eine zukünftig möglicherweise interessante Anwendung der leitungsgebundenen Energieversorgung ist die Fernkälte. Die Kälte wird in Absorptionskältemaschinen erzeugt, welche mit der in den Sommermonaten überschüssigen Fernwärme betrieben werden. Die größte Bedeutung hat Fernkälte bisher in Schweden gewonnen. Aber selbst dort beträgt der Absatz von Fernkälte nur 1% des Absatzes von Fernwärme. Fernkälte wird daher im Folgenden nicht weiter betrachtet.

3.4.1.2 Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Ein Teil des jeweiligen nationalen Strombedarfs wird durch KWK-Anlagen bereitgestellt. Im Mittel der für die Fernwärme interessanten EU-Staaten sind dies 13%. In den neuen EU-Ländern ist auch hier der Anteil (18%) höher als in den alten (10%). Die maximalen Anteile der KWK am Strommarkt werden in Dänemark (40%) und Holland (39%) erreicht. Wobei in Dänemark die gekoppelt erzeugte Wärme über Netze verteilt wird, während in Holland die Objektversorgung bei weitem überwiegt.

KWK spielt für die Wärmeversorgung der Fernwärmenetze in vielen Ländern die entscheidende Rolle. In den alten EU-Ländern werden im Mittel 70% der eingespeisten Wärme in KWK-Anlagen erzeugt, in den neuen Ländern ist dieser Anteil mit 55% noch deutlich geringer. In den neuen Ländern werden aber sukzessive (alte) Heizwerke auf moderne KWK-Anlagen umgerüstet, sodass sich der Abstand zu den alten Ländern verringert.

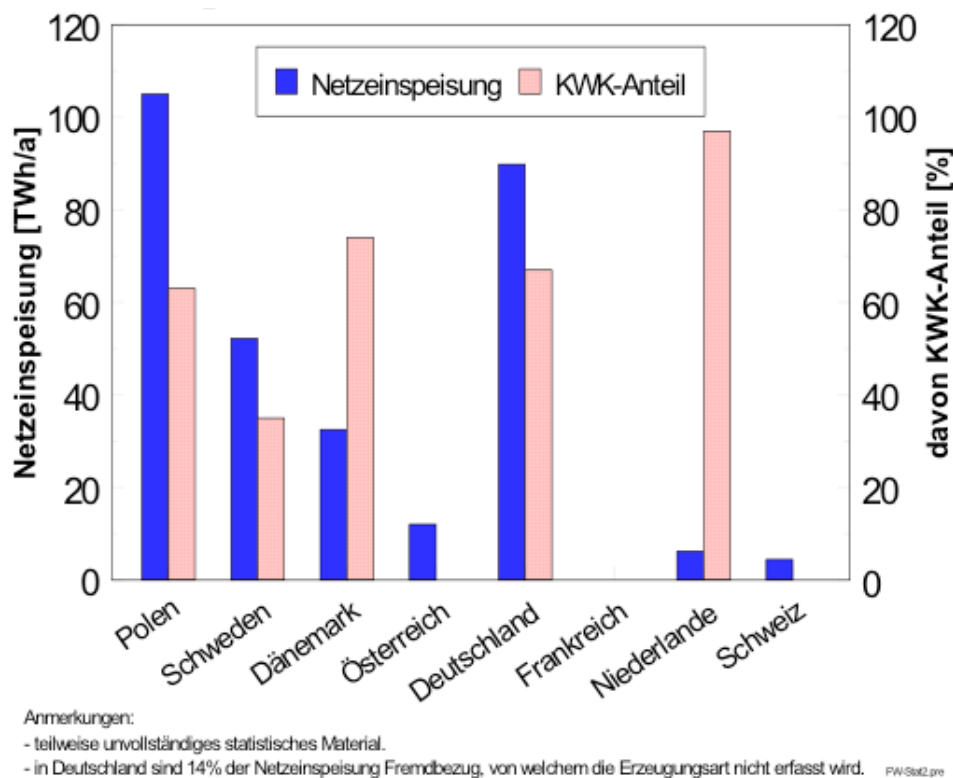


Abbildung 6: Fernwärmeproduktion und Anteil der KWK in ausgewählten Nachbarländern

3.4.1.3 Brennstoffe

In den alten EU-Ländern ist die Mixtur an Brennstoffen, welche für die Erzeugung von Fernwärme eingesetzt wird, wesentlich differenzierter als in den neuen Ländern. In den neuen Ländern haben allein die Energieträger Kohle und Gas einen Anteil von zusammen 85%, wobei die Kohle deutlich überwiegt. In den alten Ländern haben diese Brennstoffe nur einen Anteil von zusammen 63%, welcher zu gleichen Teilen auf Kohle und Gas verteilt ist.

Ein besonders einseitiger Brennstoffmix findet sich in Polen, der Slowakei, in Tschechien und in Deutschland mit Kohleanteilen zwischen 56% und 82%. Hohe Gasanteile (50-75%) finden sich in Österreich und denjenigen östlichen EU-Ländern, deren Fernwärmeversorgung nicht überwiegend auf Kohle beruht.

Besonders klima- und umweltschonend ist die Nutzung von erneuerbaren Energien, Müll und industrieller Abwärme. Im Mittel werden in den EU-Ländern aus erneuerbaren Energien 10% und aus Müll und Abwärme nochmals 11% zur Wärmeversorgung der Fernwärmenetze bereitgestellt, in den alten EU-Ländern insgesamt 33% und in den neuen bisher nur 6%. Die Nutzung der umweltschonenden Energieträger nimmt rasch zu - zu Lasten von fossilen Brennstoffen. Dies gilt auch in den neuen Ländern, wobei hier die Begründung, die Abhängigkeit von russischem Erdgas zu mindern, von besonderer Bedeutung ist.

3.4.1.4 Tarifstruktur und Wettbewerb

Bezüglich der Tarifstrukturen und dem Wettbewerb sind die Unterschiede zwischen den alten und den neuen EU-Ländern besonders groß.

In den alten Ländern gibt es seit langem einen in Grund- und Arbeitspreis aufgeteilten Tarif. Der Grund- oder Leistungspreis reflektiert die fixen Kosten, welche unabhängig vom Wärmeverbrauch anfallen, also insbesondere die Investitionskosten. Der Arbeitspreis reflektiert die variablen Kosten, welche verbrauchsabhängig sind, also insbesondere den Brennstoffpreis. Der Fernwärmebetreiber kann sein Geschäftsrisiko minimieren, indem er seine Kostenstruktur mit der Tarifstruktur in Übereinstimmung bringt. In den bei der Verbreitung von Fernwärme besonders erfolgreichen Ländern wie Dänemark wird allerdings versucht, den Grundpreis möglichst gering zu halten, da dies die Anschlusswilligkeit der Kunden steigert¹⁴.

In den meisten der alten EU-Länder orientieren sich die Fernwärmepreise sowohl an den tatsächlich anfallenden Kosten als auch an den anlegbaren Preisen, welche durch die Kosten der konkurrierenden Heizungssysteme also z.B. individuellen Öl- oder Gasheizungen bestimmt wird. Ausnahmen sind die Niederlande, wo der Fernwärmepreis allein von den anlegbaren Preisen einer individuellen Gasheizung bestimmt wird, und Dänemark, wo den Betreibergesellschaften gesetzlich vorgeschrieben ist, dass nur die tatsächlich anfallenden Kosten auf die Verbraucher umgelegt werden dürfen.

Ein besonderes Problem ist der Wettbewerb zwischen der Gas- und Fernwärmeversorgung. In Dänemark wurde dies Problem schon im Vorfeld durch eine sog. Wärmeplanung gelöst, bei welcher getrennte Gebiete für Gas- und Fernwärmenetze ausgewiesen wurden. In den übrigen alten EU-Ländern wird versucht, diesem Problem durch horizontale Integration von Fernwärme- und Gasversorgung (z.B. in Stadtwerken) entgegenzuwirken, damit nicht teure Infrastrukturen zur Wärmeversorgung doppelt realisiert werden.

In den östlichen EU-Ländern wurde in den letzten Jahren zunächst die Subventionierung der Fernwärme abgeschafft. Mit der Einführung eines zweigeteilten Tarifs nach westlichem Vorbild wurde begonnen. Die Bürger werden durch die resultierenden Preiserhöhungen teilweise empfindlich getroffen. In Rumänien oder Bulgarien beträgt jetzt in den Wintermonaten die Heizkostenrechnung ein Drittel des durchschnittlichen Familieneinkommens.

In fast allen östlichen Ländern wurden parallele Gas- und Fernwärmeversorgungen aufgebaut, bis hinein in die zu versorgenden Gebäude. Für die Festlegung der Gas- und Wärmepreise wurden Regulatoren eingesetzt. Dies war notwendig, um Marktmissbrauch zu verhindern. Allerdings sind diese vom Staat oder der Kommune eingesetzten Regulatoren nicht immer unparteiisch, sodass es Klagen der Fernwärmebetreiber wegen quersubventionierte Gaspreise gibt, welche zu Kundenverlust im Fernwärmebereich führen. Ein weiteres Problem der östlichen Fernwärmebetreiber ist, dass die unabhängige Betreiber von KWK-Anlagen übertrieben hohe Preise für die von ihnen erzeugte Wärme verlangen.

¹⁴ Solange es keine Klagen gibt, werden dabei sogar die gesetzlich gezogenen Grenzen der erlaubten Tarifgestaltung überschritten.

3.4.1.5 Politik und Steuern

Alle nationalen Energiepolitiken sind auf Nachhaltigkeit und Versorgungssicherheit ausgerichtet. Änderungen in der nationalen Gesetzgebung werden allerdings fast immer durch die EU ausgelöst.

In manchen Ländern gibt es Steuervorteile für KWK oder Fernwärme. In Finnland, Schweden, Holland oder Großbritannien soll damit ein Anreiz für die effiziente Nutzung von Brennstoffen in KWK-Anlagen gegeben werden. In den östlichen Ländern soll durch geringere Steuersätze auf Fernwärme der steile Anstieg der Wärmepreise wenigstens etwas gemildert werden.

Ein gemeinsames Problem aller Fernwärmebetreiber sind die Vorgaben der EU zum CO₂-Emissionshandel. Diese greifen insofern in den Wettbewerb im Wärmemarkt ein, als große Feuerungsanlage, wie sie für die Fernwärmeversorgungen üblich sind, CO₂-Zertifikate aufkaufen müssen, falls die ihnen zugeteilten Zertifikate nicht ausreichen. Die individuellen Heizanlagen bleiben dagegen in jedem Fall von zusätzlichen Belastungen aus dem CO₂-Emissionshandel unberührt. In den verschiedenen Ländern wird an dieses Problem unterschiedlich herangegangen, teils wird es aber auch ignoriert.

3.4.2 □ Analysen einzelner Länder

Von besonderem Interesse für eine deutsche Strategie zum Auf- und Ausbau von Nahwärmenetzen ist die Analyse der Erfahrungen in Nachbarländern mit hohem Fern- und Nahwärmeanteil oder mit hohen Zuwachsraten in diesem Bereich. Dies ist in den Ländern Österreich, Dänemark und Schweden der Fall, welche im Folgenden genauer betrachtet werden.

3.4.2.1 Österreich

In Österreich gehört die Fernwärme zu den am schnellsten wachsenden Sektoren. Zu diesem Erfolg haben eine Reihe von Unterstützungsmaßnahmen beigetragen:

- Schon seit Ende der 80er Jahre wurden eine größere Anzahl von Biomassenahwärmenetzen installiert.
- KWK-Anlagen werden gefördert, sofern sie nicht ohnehin wirtschaftlich betrieben werden können. Um die Förderhöhe festzulegen, wird für jede Anlage eine Vergleichsrechnung durchgeführt, mit welcher die Kostendifferenz zu einer reinen Kondensationsanlage berechnet wird. Die Differenz wird erstattet. Diese belief sich im Jahr 2004 auf im Mittel 4 €/MWh_{el}.
- Die Auskopplung von Wärme aus Biomasse-KWK-Anlagen wird besonders gefördert.
- In den meisten österreichischen Bundesländern wird der Anschluss an die Fernwärme gefördert.
- Bei der Zuteilung von Zertifikaten für den CO₂-Emissionshandel erhalten KWK-Anlagen 2% mehr Zertifikate als sie als reine Kondensationsanlagen erhalten hätten.

- 1996 wurde von der Fernwärmeindustrie eine sehr erfolgreiche Marketingkampagne aufgelegt, welche mit dazu beitrug, dass heute private Haushalte Fernwärme als das eindeutig beste Heizungssystem ansehen.
- Die Anforderungen aus dem Kyoto-Protokoll und stabile Fernwärmepreise nutzt der österreichische Fachverband GasWärme als Argumente für Kampagnen mit dem Ziel einer Fortsetzung der positiven Entwicklung bei der Umstellung von bestehenden Zentralheizungen auf Fernwärme [EH&P 2006a].

Diese positiven Randbedingungen führten dazu, dass sich jährlich 1% aller Wohnungen neu an die Fernwärme anschließen lassen. Als Folge steigt der Fernwärmeabsatz um jährlich 6%. Der Anteil der KWK an der Bereitstellung von Fernwärme stieg in dem Zeitraum von 2001 bis 2003 um 2% auf 71,6%.

Bis 2010 wird wie in der Vergangenheit mit einem jährlichen Zubau von 80-100 km Fernwärmetrasse gerechnet (Gesamtlänge 3.430 km im Jahr 2003). Die Investitionen in neue Erzeugungsanlagen und Fernwärmeleitungen werden auf jährlich 110 Mio. € geschätzt.

Das Fernwärmepreisniveau (53,84 €/MWh, o. MwSt., für einen 600 kW Anschluss mit einer Ausnutzungsdauer von 1.500 h/a) ist ähnlich wie in Deutschland.

3.4.2.2 Dänemark

In Dänemark werden 60% aller Wohnungen mit Fern- oder Nahwärme beheizt. Die leitungsgebundene Wärmeversorgung dominiert somit den Heizungsmarkt.

Diese erfolgreiche Entwicklung hat historisch gewachsene Wurzeln. Schon in den 50er und 60er Jahren, als in vielen Ländern Europas die mit Kohle oder Holz betriebenen Einzelöfen durch modernere Heizungsanlagen ersetzt wurden, begannen die Dänen auf Fernwärme zu setzen. Selbst in den kleineren Städten und Ortschaften entstanden Fernwärmegesellschaften. Inzwischen wurde Fernwärme zu einem Hauptinstrument der dänischen Klimapolitik, welches zugunsten von KWK, Versorgungssicherheit und Umwelt eingesetzt wird.

Seit 1997 gibt es in Dänemark ein Fernwärmegesetz, welches u.a. die Kommunen zu einer vorausschauenden Planung verpflichtet und so die für Nahwärme besonders schädliche Konkurrenz mit einem parallelen Gasnetz verhindert.

Die ohnehin schon hohe Akzeptanz von Fernwärme wird noch erhöht, indem die Fernwärmeunternehmen eine Beratung anbieten – kostenlos selbst im Hause des Kunden (Jahresbudget 6-7 Mio. €). Innerhalb der fernwärmeversorgten Gebiete liegt bereits heute der mittlere Anschlussgrad bei 90%. Es wird damit gerechnet, die verbleibenden 10% beim Hausverkauf oder bei einer Grundsanierung auch noch anschließen zu können.

Die Auswirkungen der dänischen Fernwärmestrategie zugunsten von Klima und Umwelt werden durch folgende Zahlen illustriert:

- 41% des dänischen Stroms kommen aus KWK-Anlagen (weitere 12% kommen aus der Windkraft und nur der Rest von 47% kommt noch aus herkömmlichen Kondensationskraftwerken).

-
- 81% des Fernwärmebedarfs wird in (in teilweise mit Holz befeuerten) KWK-Anlagen erzeugt. In Dänemark ist heute der Neubau eines reinen Kondensationskraftwerks undenkbar.
 - 15% der Fernwärme wird aus erneuerbaren Energien und weitere 21% aus Müll und industrieller Abwärme erzeugt (Stand 2004). Nur noch 3,7% der Fernwärme wird aus fossilen Brennstoffen ohne Einsatz von KWK erzeugt.

Der hohe Anteil der Fernwärme am Wärmemarkt ist nur möglich, weil auch kleinere Ortschaften mit geringer Wärmedichte und im Vergleich zum Wärmeabsatz großen Netzlängen erschlossen werden. Das Fernwärmenetz des kleinen Landes Dänemark ist deutlich länger als das deutsche. Die Trassenleistungsdichten sind entsprechend gering. Im Mittel ergeben sich 0,53 kW/m (Erzeugungskapazität je Trassenlänge), teilweise ist die Trassenleistungsdichte aber selbst in Großstädten (Aarhus) noch deutlich geringer.

Entscheidend für den Erfolg sind die in Dänemark üblichen günstigen Verlegekosten für Fernwärmeleitungen. Sie betragen nur ein Drittel des in Deutschland üblichen. Entsprechend gering ist der Anteil der Investitionen an den Gesamtkosten. Der größte Kostenblock bei der Beheizung mit Fernwärme sind mit einem Anteil von 73% die Brennstoffkosten. Dies hat zur Folge, dass mit Fernwärme im Mittel um 39% billiger geheizt wird als mit der konkurrierenden Ölheizung.

Die Kostendifferenz zum anlegbaren Preis der konkurrierenden Öl- oder Stromheizung kann in Dänemark nicht abgeschöpft werden, da das Fernwärmegesetz eine Festlegung der Fernwärmetarife auf Basis der nachgewiesenen Kosten vorschreibt. Ein Regulator wacht über die Einhaltung dieser Vorschriften. Es wird allerdings befürchtet, dass aufgrund der allgemeinen Tendenz, die Märkte zu liberalisieren, Wege gefunden werden, wie die mögliche Gewinnmarge zwischen dem derzeitigen Fernwärmepreis und dem anlegbaren Preis doch noch zu Lasten der Verbraucher abgeschöpft werden könnte.

Eine andere Gefahr für die günstigen Fernwärmepreise wird in den knappen öffentlichen Kassen gesehen, da diese zu Steuererhöhungen auf Fernwärme führen könnten. Heute gehen dem Staat in zunehmendem Maße Steuern für fossile Brennstoffe verloren, da gasbetriebene KWK-Anlagen durch Biomasse-Heizwerke ersetzt werden¹⁵ (steuerlich wird Biomasse im Unterschied zu den fossilen Brennstoffen bisher nur mit der MwSt. belastet). Um nicht auf weitere Steuereinnahmen verzichten zu müssen, hat der dänische Staat ein Wachstumsverbot bei der energetischen Nutzung von Biomasse erlassen. Diese für die Erfüllung der Verpflichtungen zur Reduktion der CO₂-Emissionen kontraproduktiven Vorschrift illustriert die unerwarteten Probleme, mit welcher eine Umstellung des etablierten fossilen Energiesystems auf erneuerbare Energien auch in ansonsten meist vorbildlichen Ländern zu kämpfen hat.

Es gibt Überlegungen, zukünftig Überschüsse bei der Produktion von Windstrom für die Wärmeerzeugung in Fernwärmenetzen zu nutzen.

¹⁵ Ein Grund für diese Umstellungen von fossiler KWK auf regenerative Heizwerke ist, dass an windreichen Tagen der dänische Strombedarf bereits geringer ist als das Angebot aus KWK- und Windkraftanlagen.

3.4.2.3 Schweden

Auch Schweden hat wie Dänemark einen hohen Fernwärmeanteil im Wärmemarkt. Zwischen 2001 und 2003 ist er von 45% auf 50% angestiegen (bezogen auf den Bedarf für Raumwärme und Warmwasser). Alle Siedlungen mit mehr als 10 000 Einwohnern verfügen in Schweden über ein Wärmenetz. Auch in 80% der kleineren Siedlungen mit 3 000-10 000 Einwohnern sind noch Nahwärmenetze vorhanden.

Speziell in Schweden wurde und wird die Förderung von Fernwärme mit dem Argument vertreten, dassso Energie genutzt werden kann, welche sonst verloren wäre. Gefördert werden die anschließenden Gebäude, kleinere Netze und die Umstellung von Stromdirektheizungen auf andere Heizungssysteme.

Auch das Steuersystem, bei welchem die bisherige hohe Einkommenssteuer immer stärker durch sog. „Grüne Steuern“ ersetzt wird, begünstigt Nah- und Fernwärme. Auf fossile Brennstoffe werden drei Arten von Steuern erhoben:

1. Die Energiesteuer,
2. die CO₂-Steuer
3. und die Schwefelsteuer.

In der Summe ergibt sich für Heizöl eine Besteuerung von 0,37 €/l und für Erdgas von 0,24 €/m³. Den größten Anteil hieran hat die CO₂-Steuer. Für die Industrie, für die Landwirtschaft und für den Brennstoffeinsatz in KWK-Anlagen gilt ein stark reduzierter Steuersatz.

Der Fernwärmepreis beträgt im Mittel 48,4 €/MWh (o. MwSt.), liegt also trotz der typischerweise kleineren Anschlussleistungen unterhalb des deutschen Niveaus.

Als weiterer wichtiger Vorteil von Fernwärme wird in Schweden die Flexibilität bei der Wahl des Energieträgers angeführt.

Anders als in Dänemark gibt es im schwedischen Wärmemarkt keine Regulierung. Allerdings wird von den schwedischen Fernwärmekunden derzeit mit Nachdruck mehr Transparenz bei der Festlegung der Tarife durch die meist kommunalen Eigner gefordert.

Der für die Erzeugung von Fernwärme eingesetzte Brennstoffmix ist sehr differenziert. Auf feste Biomasse entfallen 30%, auf alle erneuerbaren Energien insgesamt 38%. Hinzu kommen 10% aus der Müllverbrennung und 6% aus der Nutzung von industrieller Abwärme. Wärme aus KWK-Anlagen hat in Schweden einen relativ geringen Anteil von nur 35%, welcher aber rasch anwächst.

In der Vergangenheit wuchsen die Anschlusswerte um 2-3%/a. Auch für die Zukunft wird von weiterem Wachstum ausgegangen. Langfristig wird mit einem Anstieg der Fernwärmeerzeugung von heute 52 TWh/a auf 80 TWh/a gerechnet. In den Innenstädten nimmt allerdings – wohl aufgrund verbesserter Wärmedämmung – der Wärmeabsatz ab, obwohl neue Kunden gewonnen werden und der Marktanteil dort zunimmt.

Ein besonderes Ziel der schwedischen Fernwärmeindustrie ist daher die Erschließung neuer Gebiete, besonders an den Siedlungsrändern. Hierdurch wird die mittlere Wärmedichte der versorgten Gebiete abnehmen. Bisher ist die Anschlussdichte in Schweden mit 1,7 kW/m

(=Anschlussleistung je Trassenlänge) aber noch deutlich höher als in Dänemark mit 1,1 kW/m.

3.4.2.4 Übrige Nachbarländer

Weitere, bisher nicht genauer analysierte Nachbarländer Deutschlands sind Frankreich, Holland, Schweiz, Tschechien und Polen. Von diesen Ländern können allerdings bezüglich einer zukünftigen Nahwärmestrategie Deutschlands kaum wesentliche Anregungen erwartet werden:

- In **Frankreich** liegt der Anteil der Fernwärme am Heizungsmarkt nur bei knapp 5%. Versorgt wird hauptsächlich der einkommensschwache Teil der Bevölkerung, welcher in den für Frankreich typischen großen Wohnblocks am Rande der großen Städte wohnt. Im Vergleich zur Anschlussleistung ist die Netzlänge gering.
- In der **Schweiz** hat die Fernwärme einen noch geringeren Anteil von nur etwa 2,5%.
- **Tschechien und Polen** kommen aufgrund der völlig unterschiedlichen historischen Entwicklung wenigstens für die alten deutschen Bundesländern nicht als Vorbild in Betracht.

Am interessantesten von den oben angeführten Ländern scheint noch **Holland** zu sein. Zwar liegt auch hier der Anteil der Fernwärme bei nur 3,6%. Aber dafür sind die (relativen) Wachstumsraten hoch. Vor 10 Jahren war der Anteil der Fernwärme nur halb so hoch wie heute (2003).

3.5 Best practice zur Reaktion auf die dynamische Entwicklung der Treiberfaktoren - Beispiele von Veränderungsprozessen in Ostdeutschland

Im Kapitel 1.2 wurde ausführlich die Entwicklung des Bestandes an energieverbrauchswirksamen Wohnungseinheiten (WE) sowie die Struktur der Deckung des Raumwärmebedarfes im Sektor private Haushalte in Ostdeutschland dargestellt. Zusammengefasst charakterisieren die folgenden Merkmale diese Entwicklung.

- Wandel vom Wohnungsmangel zum Wohnraumüberfluss auf Grund eines deutlichen Rückganges der Einwohnerzahl und einer über dem Bedarf liegenden Bautätigkeit (Neubau, Sanierung/Modernisierung von Wohngebäuden) mit der Folge eines erheblichen Wohnungsleerstandes.
- Zunahme des Anteils von WE in EZFH am WE-Gesamtbestand von 30,1 % im Jahre 1991 auf 36,6 % im Jahre 2004, ohne jedoch das Niveau der alten Bundesländer zu erreichen (2004: 50,1 %).
- In der Struktur der Wohnraumheizung vollzog sich ein grundlegender Wandel. Die im Jahre 1990 dominierende Kohleheizung (über 63 % aller WE) wurde durch moderne Heizungssysteme abgelöst, wobei die Gasheizung im Jahre 2004 ein Anteil von 48,5 % am WE-Gesamtbestand erreichte. Im Bereich der WE in EZFH besitzen annähernd zwei von drei WE eine Gasheizung (Flüssiggas eingeschlossen). In der Heizungsstruktur der MFH hat im Jahre 2004 die Gasheizung mit einem Anteil von 38,8 % die Fernwärmeversorgung (38,4 %) überflügelt.

Sowohl der deutliche Anstieg des WE-Bestandes als auch die Veränderungen in der Struktur der Raumheizung, deren Schwerpunkt im Zeitraum 1993 bis 1998/2000 lag, wird in starkem Maße auch die künftige Wärmeversorgung der privaten Haushalte beeinflussen.

3.5.1 □ Wirkungen des Programms „Stadtumbau Ost“ auf die Fernwärmeversorgung

Die dramatische Zunahme des Wohnungsleerstandes veranlasste die Bundesregierung im August 2001 das Programm „Wohnungswirtschaftlicher Strukturwandel in den neuen Ländern“ (Stadtumbau Ost) zu beschließen. Das Programm ist bis zum Jahre 2009 angelegt und mit einem Finanzvolumen von 2,5 Mrd. Euro ausgestattet. Neben der Aufwertung von Stadtquartieren sollen vor allem dauerhaft leer stehende Wohnungen rückgebaut/abgerissen werden. Das Programm sieht bis zum Jahre 2009 einen Umfang von 350.000 WE für den Abriss vor. Unter Bezugnahme auf den bestehenden Wohnungsleerstand von knapp einer Million WE kann das Programm „Stadtumbau Ost“ die Leerstandsproblematik eindämmen, aber nicht lösen. Auch mit Blick auf die weiter sinkende Einwohnerzahl und die damit verbundene Abnahme der Nachfrage nach Wohnraum wird der Wohnungsleerstand auch mittelfristig eine zentrale Rolle auf dem Wohnungsmarkt spielen. Dies hat Rückwirkungen auf das Mietniveau und in der Folge auch auf die Möglichkeiten der Wohnungswirtschaft, in energiesparende Maßnahmen zu investieren, wie z. B. in die Durchführung nachträglicher Wärmedämmmaßnahmen an bestehenden und teilweise bereits sanierten/modernisierten Wohngebäuden.

In einem ersten Statusbericht („Stadtumbau Ost – Stand und Perspektiven“) hat im Jahre 2006 die Bundestransferstelle Stadtumbau Ost beim Institut für Regionalentwicklung und Strukturplanung e. V. (IRS) im Auftrage des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) einen ersten Überblick über die Umsetzung des Programms Stadtumbau Ost gegeben (Stand 31.10.2005). Danach wurden im Zeitraum 2002 bis 31.10.2005 insgesamt 125.000 WE abgerissen. Dieser Umfang entspricht einem Drittel der bis 2009 zu erreichenden Zielstellung (350.000 WE). Nach Auffassung der Autoren des Statusberichts ist damit die Gesamtzielstellung erreichbar. Allerdings wird festgestellt, dass bislang die „unstrittigen Projekte“ Vorrang vor städtebaulich begründeten Umbauprojekten hatten. Gerade letztere erfordern die Suche nach einem Konsens zwischen allen Beteiligten, was die Problemstellung deutlich erschwert. Künftig müssten auch (teil-) modernisierte WE-Bestände in die Rückbauplanung einbezogen werden. Das kann zu Hemmnissen und Blockaden führen, darunter auch bei der Kreditwirtschaft. Abstriche bei der Umsetzung des Stadtumbauprogramms verschärfen dann die ohnehin schon angespannte Leerstandsproblematik.

Bislang konzentrierte sich die Umsetzung des Stadtumbauprogramms in starkem Maße auf Wohngebäude der Bausubstanz aus DDR-Zeiten, insbesondere ab Baualter 1960. Die hierfür bewilligten Fördermittel machen 67 % der bisher verausgabten Mittel des Stadtumbauprogramms aus. Betroffen davon sind nahezu ausschließlich DDR-Plattenbauten in randstädtisch gelegenen Satellitenstädten bzw. Großsiedlungen mit einem überdurchschnittlichen Wohnungsleerstand. In der bisherigen Umsetzungspraxis des Stadtumbauprogramms herrschte der punktuelle Rückbau vor, d. h. es vollzog sich eine „Perforation“ der Stadtquartiere, es entstanden „Löcher“ im Bild der Quartiere. Dies führt zunehmend zu Problemen der Wirtschaftlichkeit der Wärmeversorgung, denn die betreffenden Großsiedlungen sind fast

ausschließlich mit einer Fernwärmeversorgung ausgestattet, ohne Alternativen für andere Heizungssysteme (zweischienige Versorgung). Diese Situation resultiert daraus, dass in nahezu allen Fernwärmeversorgungsgebieten die Sanierung/Modernisierung der Versorgungssysteme (Umstellung der Wärmeerzeugung von Kohle auf in der Regel Erdgas, Sanierung der Wärmenetze) in den Jahren 1992 bis 1995/96 erfolgte und sich an dem Niveau einer vollen Auslastung der Wohngebiete – ohne nennenswerten Leerstand – orientierte.

Mit dem Abriss von WE sowie des trotz Abrisses auch weiterhin bestehenden hohen Wohnungsleerstandes in diesen Quartieren verringerten sich die abgesetzten Fernwärmemengen in erheblichem Umfang, so dass sich die Wirtschaftlichkeit der Fernwärmeversorgung zunehmend verschlechterte. Zudem erforderte der in vielen Fällen unkoordinierte Abriss von Wohngebäuden (ohne Abstimmung mit den Betreibern leitungsgebundener Medien wie Fernwärme, Elektroenergie und Wasser) zusätzliche Investitionen (Stichleitungen, Querschnittsverringerungen u. ä.), was u. a. zu einem merklichen Anstieg der Fernwärmepreise führte - neben dem Preisanstieg für die Einsatzenergieträger zur Fernwärmeerzeugung. Überdurchschnittlicher Anstieg der Wohnnebenkosten (vor allem Kosten für Heizung und Warmwasser) ziehen eine Zunahme der Abwanderungen der Einwohner aus diesem Gebiet mit den Folgen einer weiteren Verschlechterung der Wirtschaftlichkeit der Fernwärme nach sich. Die sich daraus ergebende Spirale hat noch nicht ihr Ende erreicht und wird sowohl die Wohnungs- als auch die Wärmeversorgungswirtschaft vor erhebliche Probleme stellen.

Nicht unerwähnt bleiben darf in diesem Zusammenhang, dass die Fernwärmeversorgung, auch wenn sie in einer Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt wird, mit deutlichen Verlusten beim Transport von der Erzeugung zum Verbraucher (Leistungsverluste) verbunden ist, im Durchschnitt zwischen 7 % und 8 % der erzeugten Wärme. Nennenswerte Verringerungen sind gegenwärtig nicht zu erwarten. Bei einem verminderten Wärmeabsatz wirkt dieser Umstand zusätzlich verteuernd auf den Fernwärmeverbrauch.

Eine Alternative zur Fernwärmeversorgung wäre die Abkopplung der Wohngebäude von diesem Versorgungssystem und die Errichtung einer separaten Nahwärmeversorgung in Form eines BHKW für mehrere Wohnblöcke oder die Errichtung einer Feuerungsanlage an Stelle der Hausübergabestation zur Versorgung eines Wohnblockes, z. B. für 60 WE mit einer Feuerungsleistung von 200 bis 300 kW.

Da die betrachteten Stadtquartiere energetisch in der Regel nur zweischienig (Fernwärme und Strom) versorgt sind, kämen als Einsatzenergieträger für eine Nahwärmeversorgung wohl nur leichtes Heizöl oder Holzbrennstoffe in Betracht. Einer solchen Lösung stehen nach Kenntnis des Instituts für Energetik und Umwelt die meisten Wohnungsunternehmen (noch) ablehnend gegenüber.

Der Umstieg auf eine erdgasbetriebene Nahwärmeversorgung wäre für die konsultierten Wohnungsunternehmen bzw. -verbände eine akzeptable Lösung, die jedoch an der fehlenden Gaserschließung der jeweiligen Stadtquartiere scheitert. Regionale Gasversorger signalisierten ggf. ein Interesse für eine leitungsseitige Erschließung dieser Gebiete für den Fall, dass ein wirtschaftlicher Gasabsatz gewährleistet ist.

Die Wohnungswirtschaft steht im Interesse der Vermarktung ihres WE-Bestandes einem solchen Weg – zumindest verbal – aufgeschlossen gegenüber. Nennenswerte Aktivitäten existieren aber noch nicht. Erkennbare Handlungsweisen lassen jedoch darauf schließen, dass sich die Wohnungswirtschaft die Option auf eine andere (wirtschaftlichere) Versorgungslösung offen hält, indem bei einem Auslaufen von Fernwärmelieferverträgen neue Verträge mit deutlich kürzeren Laufzeiten abgeschlossen werden.

Neben der technisch-wirtschaftlichen Seite einer Abkopplung von der Fernwärmeversorgung besteht für eine Reihe von Wohnungsunternehmen auch ein juristisches Problem. Die meisten Kommunen mit einer Fernwärmeversorgung besitzen einen Anschluss- und Benutzungszwang für die Fernwärmeversorgung, der in den betreffenden Stadtquartieren die bindende Nutzung der Fernwärmeversorgung vorschreibt. Danach wäre eine dezentrale Wärmeversorgung (Nahwärmeversorgung) - auch auf Basis Erdgas - nicht zugelassen. Der Anschluss- und Benutzungszwang begründet sich ausschließlich aus den Anforderungen des überregionalen Klimaschutzes. Das Bundesverwaltungsgericht hat erst im Jahre 2006 den Zwangsanschluss an ein städtisches Fernwärmenetz aus eben diesen Gründen gebilligt, weil das jeweilige Bundesland die Kommune mit der Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen beauftragt hat. In der Vergangenheit sind jedoch auch andere Gerichtsentscheide bekannt geworden, die einen Anschluss- und Benutzungszwang nicht als rechtmäßig einstufen. Wie sich in Zukunft die Praxis des Anschluss- und Benutzungszwangs vor dem Hintergrund der Liberalisierung der Energiemärkte und der Forderung nach freiem Wettbewerb gestalten wird, muss abgewartet werden. Die Situation auf dem Wohnungsmarkt, insbesondere in den mit einer Fernwärmeversorgung ausgestatteten Großsiedlungen und Satellitenstädten, wird dabei nicht unberücksichtigt bleiben können.

Für den zukünftigen Energieeinsatz zur Nahwärmeerzeugung zeichnen sich allerdings Alternativen ab, für die ein Anschluss- und Benutzungszwang nicht mehr durchsetzbar wäre. Das betrifft den Einsatz erneuerbarer Energien zur Nahwärmeerzeugung als „Ersatz“ zur Fernwärmeerzeugung, wenn auf diese Weise die Wärmeversorgung der Wohngebäude wesentlich wirtschaftlicher erfolgen kann. Erste Beispiele hierzu existieren bereits, indem statt der Hausübergabestation eine Feuerungsanlage betrieben wird, die Pellets (Holzpellets oder Pellets aus sortiertem Müll) als Brennstoff einsetzt. Ein erfolgreich erprobtes Praxisbeispiel wurde bereits an anderer Stelle beschrieben (Kapitel 1.3.2).

Möglich ist auch die Verwendung von Biogas zur Wärmeerzeugung, wenn dieser Energieträger in Erdgasqualität durch das Gasnetz transportiert und wirtschaftlich zur Wärmeerzeugung angeboten werden kann. Eine unmittelbare Erzeugung von Biogas am Standort des Wärmeverbrauchs (Stadtquartiere mit derzeitiger Fernwärmeversorgung) scheidet mittelfristig aus, da Probleme mit dem Immissionsschutz entstehen können und ein Transport von nachwachsenden Rohstoffen für die Biogasanlage über längere Transportstrecken in der Regel nicht wirtschaftlich ist.

Beide Versorgungslösungen sind Zukunftslösungen und tragen fraglos zum Klimaschutz bei. Die Anwendung von Bestimmungen zum Anschluss- und Benutzungszwang sind hierbei folglich unberechtigt. In Kapitel 5 wird hierauf noch eingegangen.

Es sei abschließend zu dieser Problemstellung darauf hingewiesen, dass zur Fernwärmeerzeugung in Zukunft selbstverständlich auch erneuerbare Energien Verwendung finden können. Die oben angeführten Probleme der Fernwärmeversorgung von Großsiedlungen und Satellitenstädte bleiben jedoch bestehen.

3.5.2 □ Wärmeversorgung von Ein- und Zweifamilienhäusern

Es wurde bereits angeführt, dass im Jahre 2004 die Gasheizung in den EZFH mit einem Anteil von 65,5 % dominierte. Die Ölheizung versorgte 33 % der WE in EZFH und 1,5 % der WE besaßen ein anderes Heizungssystem (Fernwärmeversorgung, Stromheizung, Wärmepumpe, Festbrennstoffheizung). Diese Struktur ergab sich aus dem Neubau von EZFH sowie aus der Ablösung von Kohleheizungen durch Gas- oder Ölfeuerungsanlagen in den 1990 bereits existierenden EZFH. Schwerpunkt der Heizungsumstellungen war der Zeitraum 1991/1992 bis 1997/1998. Unter Berücksichtigung einer Laufzeit der Feuerungsanlagen (Brenner) von ca. 18 bis 20 Jahren werden Veränderungen in den Strukturen der Raumwärmeversorgung von EZFH ab 2008 interessant.

3.5.3 □ Wärmeversorgung von Mehrfamilienhäusern

Mit Stand 1990 existierten in den neuen Bundesländern (einschließlich Berlin-Ost) bezogen auf ein Mehrfamilienhaus – von Ausnahmen abgesehen – nur zwei Heizungssysteme:

- Fernwärmeversorgung und
- überwiegend Kohleheizung.

Mehrfamilienhäuser mit überwiegend Kohleheizung implizieren auch einzelne WE, die eine Gas- oder elektrische Heizung besaßen. Als Gasheizungen waren dabei in der Mehrzahl der Fälle so genannte Außenwandheizgeräte installiert, wobei rund 70 % der WE „teilbeheizt“ waren. Letzteres bedeutet, dass in der Regel nur ein Raum über eine Gasheizung verfügte und die anderen Wohnräume über einen Kohleofen beheizt wurden. Analoges galt für die elektrische Heizung. Dieser Umstand ist bedeutsam im Zusammenhang mit der Struktur der Raumheizung in MFH, wie sie sich in den 1990er Jahren herausgebildet hat. Die vorwiegend kohlebeheizten Wohngebäude erhielten im Rahmen ihrer Sanierung/Modernisierung eine Gebäudezentralheizung, wobei Erdgas in doppelt so vielen Fällen und dabei vorrangig in städtischen Gebieten eingesetzt wurde wie Heizöl. Dieser Prozess der Heizungsmodernisierung im Rahmen der Gebäudesanierung erfolgte in den Jahren 1993 bis 1998/2000 und kann gegenwärtig als im Wesentlichen abgeschlossen betrachtet werden.

Die Gebäudezentralheizung (Nahwärmeversorgung) wird in der überwiegenden Zahl der Fälle von den Gebäudeeigentümern bzw. beauftragten Immobilienverwaltungen betrieben. Entsprechend den Festlegungen der Heizkostenverordnung werden den Wohnungsnutzern die Kosten der für die Wärmeerzeugung bezogenen Energieträger als Heizkosten in Rechnung gestellt. Anreize für eine effektivere Brennstoffnutzung bestehen daher für die Betreiber der Wärmeerzeugungsanlagen nicht. Neue, energieeffizientere Anlagen werden bestenfalls erst installiert, wenn die alten Anlagen ihre normative Nutzungsdauer erreicht haben (abgeschrieben sind) oder auftretende Reparaturkosten eine Ersatzinvestition rechtfertigen. Alter-

nativen hierzu wären Contractinglösungen, die bei einem vertraglich vereinbarten Wärmepreis einen effizienten Energieeinsatz zur Wärmeerzeugung garantieren.

Derartige Lösungen existieren, sind jedoch noch deutlich in der Minderheit. Hierauf wird nochmals im Zusammenhang mit den Interessen der Akteure in Kapitel 5 eingegangen.

An dieser Stelle soll – auch mit Blick auf die quantitative Erfassung des Bestandes energieverbrauchswirksamer WE nach Heizungssystemen – der Begriff „Nahwärmeversorgung“ derart definiert sein, dass er alle WE einschließt, bei denen die Wärmeerzeugung zur Deckung des Raumwärmebedarfs nicht in der betreffenden WE erfolgt, sondern zentral durch eine Feuerungsstätte, die im Gebäude/Gebäudetrakt/Gebäudequartier installiert ist. Hinsichtlich der Erfassung dieser WE bzw. deren Energieverbrauch zur Wärmeerzeugung in der Energiebilanz gelten diese WE jedoch als WE mit Gas-, Öl- oder Pelletheizung, in Abhängigkeit vom eingesetzten Energieträger für die Wärmeerzeugung. Die Definition berücksichtigt die Praxis der Heizkostenabrechnung, bei der bei solchen dezentralen Heizungssystemen den Wohnungsnutzern die Kosten für die bezogenen Einsatzenergieträger in Rechnung gestellt werden.

Abschließend sei noch darauf verwiesen, dass im Zusammenhang mit der Installation dieser zentralen Wärmeerzeugungsanlagen (Nahwärmeversorgung) in den 1990er Jahren der Zeitpunkt für einen Wechsel in der Versorgungslösung nicht vor 2012 erfolgen wird.

3.6 Befragung der Akteure des Wärmemarktes

3.6.1 □ Ziel der Befragung

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden zwei empirische Untersuchungen durchgeführt, die das Ziel hatten, einerseits Entwicklungstendenzen und –möglichkeiten im Bereich der Fern- und Nahwärme aufzuzeigen. Zum anderen sollte durch die Befragung ermöglicht werden, Anforderungen und Vorstellungen seitens der Marktakteure in Richtung Politik frühzeitig in die Diskussion der flankierenden Rahmenbedingungen einfließen zu lassen.

Die erste Befragung wurde durch die Arbeitsgemeinschaft für sparsame Energie- und Wasserverwendung (ASEW) bei ihren Mitgliedern (Energieversorgungsunternehmen) durchgeführt. Bei der zweiten Erhebung handelte es sich um eine Expertenbefragung, die durch das Wuppertal Institut durchgeführt wurde. In der Hauptsache wurden hier Verbände, Interessensgemeinschaften und Forschungseinrichtungen auf dem deutschen Wärmemarkt befragt.

Die Befragung der ASEW-Mitgliedsunternehmen war ursprünglich als eine quantitative Erhebung konzipiert, der ausgesprochen geringe Rücklauf (unter fünf Prozent) rechtfertigt jedoch lediglich eine qualitative Auswertung. Die Erhebung bei den anderen Akteuren (im folgenden Experten genannt) auf dem Wärmemarkt war von vornherein als qualitative Expertenbefragung angesetzt.

Die Befragungen gliederten sich in die Bereiche

- Motivation für die Bereitstellung bzw. die Nutzung von Nah- und Fernwärme
- Bisherige Entwicklung und aktueller Nutzungsstand

-
- Wettbewerbsfähigkeit
 - Zukünftige Entwicklungsperspektiven
 - Politische Rahmenbedingungen

3.6.2 □ Ergebnisse der Befragungen

3.6.2.1 Motivation für die Bereitsstellung bzw. die Nutzung von Nah- und Fernwärme

Sowohl bei den Versorgungsunternehmen, als auch bei den Verbrauchern, tritt der Aspekt einer umweltfreundlichen Wärmeversorgung in den Vordergrund. Auf Anbieterseite findet ebenfalls das Motiv des strategischen Geschäftsfeldes eine starke Zustimmung. Seitens der Nachfrager kommen neben den Umweltgedanken vor allem der Komfort, die Versorgungssicherheit und die Wirtschaftlichkeit zum tragen.

3.6.2.2 Bisherige Entwicklung und aktueller Nutzungsstand

Nach Angaben der Unternehmen, war die Strategie der Versorger in den letzten 15 Jahren gekennzeichnet durch den gezielten Ausbau oder zumindest die Aufrechterhaltung des Status quo. Das Auslaufen von Altanlagen hingegen spielte eine untergeordnete Rolle. Diese Einschätzung wird sowohl von den Versorgungsunternehmen als auch von den befragten Experten des Wärmemarktes geteilt. Letztere schätzen die Entwicklung des Nutzungsstandes der Nah- und Fernwärmeerzeugung in den letzten 15 Jahren insgesamt eher etwas zurückhaltender ein. Als negative Einflussfaktoren werden hier vor allem der rückläufige Wärmeeinsatz, sinkende Bevölkerungsdichte und der zunehmende Leerstand genannt. Steigende Investitions- und Betriebskosten sind die Folge. Eine positive Beeinflussung der Entwicklung der letzten 15 Jahre wird vor allem durch das KWKModG und die steigenden Preise der anderen Energieträger (Öl, Gas, Strom) gesehen.

Allen Akteuren des Wärmemarktes wird eine hohe Bedeutung zugesprochen. Als wesentliche Akteure auf dem deutschen Wärmemarkt werden sowohl aktuell als auch zukünftig die Wohn- und Siedlungsbaugesellschaften angesehen. Diese Beurteilung wird von beiden befragten Gruppen gleichermaßen geteilt. Nahezu ebenso wichtig erscheinen die Stadtwerke; auch die Nachfrager (private Haushalte und Industrie) werden als wichtige Akteure eingestuft. In der Zukunft wird den Contracting-Unternehmen von beiden befragten Gruppen eine steigende Bedeutung zugesprochen.

3.6.2.3 Wettbewerbsfähigkeit und Entwicklungsperspektiven

Gegenüber den erneuerbaren Energien und dem Strom sehen die Versorger, wie auch die befragten Experten, kurz- und mittelfristig Wettbewerbsvorteile der Nah- und Fernwärme, lässt man die spezifischen Förderbedingungen außen vor. In langfristiger Perspektive gehen die Befragten auch von einem zunehmenden Wettbewerbsvorteil im Vergleich zu Gas und vor allem zum Öl aus. In der bestehenden Gasinfrastruktur wird in erster Linie ein Hemmnis für den Ausbau der Nah- und Fernwärme gesehen. Es werden aber punktuelle Ergänzungen beider Versorgungssysteme für möglich gehalten.

Gefragt nach der Situation der Errichtung einer netzgebundenen Wärmeversorgung in Neubausiedlungen, führt der Großteil der Befragten an, dass sich der Markt, wenn überhaupt, auf einen Nischenbereich beschränkt. Für viele der Befragten existiert der Markt aber faktisch nicht mehr, beziehungsweise findet netzgebundene KWK vor dem Hintergrund der politischen Anreizsysteme nur noch auf Basis regenerativer Energien statt. Probleme bei der Erschließung von Neubaugebieten mit netzgebundener Wärmeversorgung ergeben sich aus Sicht der Versorger zum Teil durch die niedrige Wärmedichte, die durch die gestiegenen Anforderungen der Energieeinsparverordnung und die zunehmende Zahl von Niedrig- und Passivenergiehäusern im Neubau hervorgerufen wird. Ein ebenso wichtiges Hemmnis sind die teuren Verlegeverfahren. Ein geringerer Teil der befragten Unternehmen sieht auch nutzerseitige Akzeptanzprobleme (in Abhängigkeit von der Wirtschaftlichkeit) als ein Hindernis bei der Erschließung im Neubau an.

Bei der Frage nach dem Einfluss verschiedener Entwicklungstendenzen auf die Bereitstellung von Nah- und Fernwärme erhielten die steigenden Preise für fossile Energieträger, die energetische Gebäudesanierung und die siedlungsstrukturelle Entwicklung die höchste Priorität. Aber auch die netzseitigen Entwicklungen, wie der Erneuerungs- und Ertüchtigungsbedarf oder neue Verlegeverfahren, haben nach Einschätzung der Versorgungsunternehmen einen hohen Einfluss auf die Bereitstellung von Nah- und Fernwärme. Die befragten Experten sehen zudem einen sehr starken angebotsseitigen Einfluss durch die Brennstoffmischerweiterung.

Mit Blick auf die Entwicklung der Fernwärmenetze sehen beide befragte Gruppen in erster Linie Verdichtungspotenziale innerhalb bestehender Netze und die Möglichkeit von neuen Anschlüssen an den Rändern der Netze. Der Aufbau gänzlich neuer großer Fernwärmenetze wird von beiden Gruppen ausgeschlossen.

Nach dem grundsätzlichen Anpassungsbedarf der Nah- und Fernwärmestrategie vor dem Hintergrund der aufgezeigten Entwicklungstendenzen befragt, werden eine stärkere Einbindung der dezentralen KWK und eine deutlichere Unterstützung seitens der Politik gefordert. Genannt werden aber auch eine stärkere Nutzung der regenerativen Energien zur Fernwärmebereitstellung, eine Erweiterung des Dienstleistungsangebotes (z.B: Kälte). Auch das Thema Preise spielt eine wichtige Rolle, Ziel sei die Schaffung konkurrenzfähiger Preise und eine offensive Preispolitik der Fernwärmeunternehmen.

Dass einige dieser Anpassungsstrategien bereits vorliegen bzw. in der Diskussion sind, wird von den Befragten anerkannt. Das KWKModG, die KWK-Richtlinie und die Novellierung des KWK-Gesetzes werden hier beispielhaft genannt. Ebenso wird der verstärkte Einsatz von Biomasse in großen KWK-Anlagen und dessen Förderung im EEG angeführt.

Befragt nach den Risiken und Chancen in den Vorschlägen zu Anpassungsstrategien werden als Unsicherheitsfaktor die hohen Energiepreise und die unklare Wirtschaftlichkeit gesehen. Chancen verspricht man sich durch die günstigen Einsatzbereiche im Contracting und die höhere Akzeptanz in der Öffentlichkeit.

Gefragt wurde auch nach technischen Neuerungen, die in den nächsten Jahren marktfähig werden könnten. In diesem Zusammenhang wurden CO₂-freie Kraftwerke, Effizienzsteigerung der konventionellen Kraftwerke und die verstärkte Nutzung regenerativer (Holzverga-

sung, Pflanzenöl, Pellets, Biomethan) sowie die Kälteerzeugung durch Fernwärme mittels Absorber genannt.

3.6.2.4 Politische Rahmenbedingungen

Für die Entwicklung der Bereitstellung der Nah- und Fernwärme sind die politischen Rahmenbedingungen von entscheidender Bedeutung. Im Zuge der Erhebung wurden die Versorgungsunternehmen und die Experten daher gefragt, welche politischen Rahmen- und Förderbedingungen sie sich erhoffen und wie ihre Erwartungen an die quantitative Entwicklung der Nah- und Fernwärme in Abhängigkeit von der politischen Unterstützung ausfallen.

Bei den Förderbedingungen zeichnete sich ab, dass insbesondere die Fortführung des KWK-Gesetzes von hoher Wichtigkeit ist. Gleiches gilt für das Mineralölsteuergesetz mit seinen KWK-spezifischen Regelungen. Auch das geplante regenerative Wärmegesetz und das EEG scheinen eine hohe Bedeutung zu haben, die Wichtigkeit wird hier von den Befragten jedoch etwas geringer eingeschätzt.

Nach der kurzfristigen Perspektive der quantitativen Entwicklung der Nah- und Fernwärmebereitstellung befragt, sieht der Großteil der Unternehmen bei gleich bleibenden politischen Rahmenbedingungen keine deutlichen Veränderungen. Etwas mehr als die Hälfte glaubt, dass selbst bei idealer politischer Unterstützung kurzfristig keine quantitativen Veränderungen in der Bereitstellung eintreten. Dieses wird von den befragten Experten etwas negativer, sowohl bei gleich bleibender als auch bei idealer Unterstützung durch die Politik eingeschätzt. Chancen werden jedoch in der mittel- und langfristigen Perspektive bei idealer Unterstützung seitens der Politik gesehen. Zwei Drittel der befragten Versorgungsunternehmen glaubten, dass es in diesem Fall zu einer positiven quantitativen Entwicklung kommt. Bleiben die politischen Rahmenbedingungen jedoch auch mittel- und langfristig unverändert vermutet der Großteil der Befragten, dass die Entwicklung auf dem derzeitigen Stand stehen bleibt oder sogar zurückgeht. Auch diese Einschätzung wird durch die Experten in der Tendenz eher etwas negativer eingeschätzt.

3.6.3 □ Schlussfolgerungen

Zusammenfassend lassen sich folgende Punkte festhalten:

- Die Versorgung mit Nah- und Fernwärme wird von den Akteuren auf dem Wärmemarkt als eine umweltfreundliche und komfortable Wärmeversorgung eingeschätzt.
- Verschiedene dynamische Veränderungen (demografischer Wandel, siedlungsstrukturelle, Entwicklung, Energiepreise, ...) stellen die Bereitstellung von Nah- und Fernwärme vor neue Herausforderungen.
- Dennoch werden, besonders im Vergleich zu den anderen Energieträgern, auch in Zukunft Wettbewerbsvorteile und -chancen gesehen.

Um diese ausschöpfen zu können und neue technologische Entwicklungen marktfähig machen zu können, erhoffen sich die Akteure auf dem Wärmemarkt eine deutliche Unterstützung seitens der Politik.

4 Ausbau der Fern- und Nahwärme als strategisches Klimaschutz- element

Neben dem Ausbau der erneuerbaren Energien, der Substitution kohlenstoffreicher durch kohlenstoffärmere Energieträger, gilt die Erhöhung der nachfrage- und angebotsseitigen Energieeffizienz als wesentliche Säule von Klimaschutzstrategien. Dem Ausbau der Fern- und Nahwärmeversorgung als Baustein einer angebotsseitigen Effizienzstrategie wird aus Klimaschutzgründen vor diesem Hintergrund eine wesentliche Bedeutung beigemessen. Voraussetzung dafür ist, dass die Fern- und Nahwärme in effizienten KWK-Anlagen gewonnen wird. Noch heute betragen die Umwandlungsverluste der Stromversorgung mehr als ein Fünftel des gesamten Primärenergiebedarfs. Zurückzuführen ist dies auf den nach wie vor hohen Anteil der Kondensationsstromerzeugung, bei der im Gegensatz zu KWK-Anlagen die prozessbedingt anfallende Abwärme vollständig ungenutzt bleibt. Nicht zuletzt deswegen wird im Klimaschutzprogramm der Bundesregierung die Notwendigkeit einer Verdopplung des derzeitigen KWK-Anteils an der Stromversorgung als wesentlicher Bestandteil einer kurz- bis mittelfristig wirksamen CO₂-Minderungsstrategie beschrieben. Wie im vorangegangenen Kapitel dargestellt wurde, hat sich der Nutzungsstand der KWK verbessert. Dies gilt in aller erster Linie aber stromseitig und ist auf den durch das KWK-Gesetz (KWKG) mit Anreizen versehenen Ersatz bestehender Anlagen durch Neuanlagen mit höherer Stromkennzahl zurückzuführen. So sind beispielsweise insbesondere im kommunalen Bereich Ersatzmaßnahmen durchgeführt worden, wobei hier leistungsseitig fünf Anlagen (z.B. Münster, Wuppertal, Köln) eine dominierende Rolle spielen (vgl. Abbildung 7).

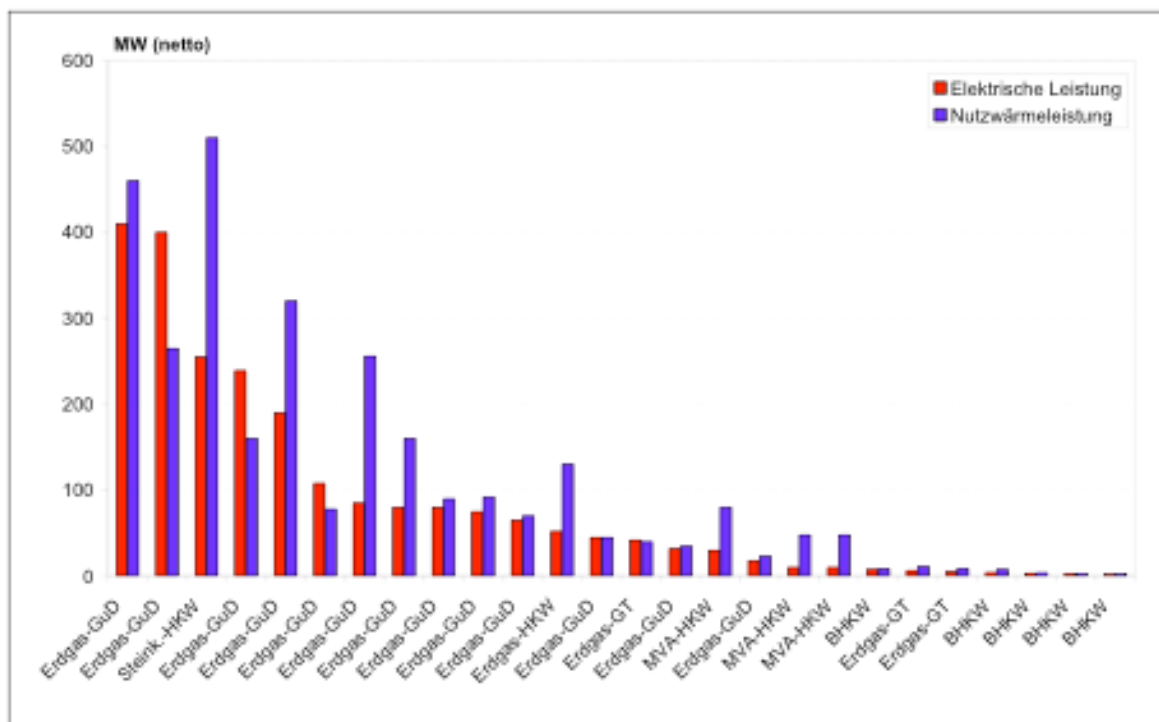


Abbildung 7: Leistungsverteilung der Modernisierungsanlagen im kommunalen Bereich [Matthes 2004]

Im Bereich der kommunalen Anlagen ist in den letzten Jahren damit eine geringe Erhöhung der installierten elektrischen Leistung verbundenen gewesen. Dagegen hat sich die Stromerzeugung durch die Ersatzmaßnahmen verdreifacht und insbesondere diejenige im KWK-Betrieb vervierfacht. Die thermische Leistung der KWK-Anlagen blieb nahezu gleich, dage-

gen erhöhte sich die KWK-Wärmeerzeugung. Der resultierende CO₂-Minderungseffekt wird je nach stromseitig unterstelltem Referenzsystem (Unterscheidung zwischen Neuanlagen und Bestandsanlagen) auf 3,3 bis 5,0 Mio. t CO₂/a abgeschätzt.

Geht man von der gesamten netzgebundenen Wärmelieferung an die Kunden aus (wozu auch Heizwerke ohne angeschlossene Stromerzeugung ihren Beitrag leisten), ist dagegen eher eine rückläufige Tendenz zu verzeichnen. Auch kleine KWK-Anlagen leisten derzeit nur einen geringen Beitrag zur KWK-Stromerzeugung, wie die aktuelle Übersicht des Verbandes der Netzbetreiber über die nach KWKG geförderte Stromerzeugung zeigt (vgl. Tabelle 5).

Tabelle 5: Geförderte KWK-Strommengen im Jahr 2004 nach KWKG (VDN 2005)

Anlagenkategorie	Stromerzeugung in GWh	Anteil	Stromerzeugung in GWh	Anteil
	2004		2005	
Alte Bestandsanlagen	16.022	29,2%	14.429	24,6%
Neue Bestandsanlagen	36.547	66,6%	35.550	60,5%
Modernisierte Anlagen	1.947	3,5%	8.234	14,0%
Neue kleine KWK-Anlagen bis 2 MW	283	0,5%	432	1,0%
Kleine KWK-Anlagen bis zu 50 kW	74	0,1%	124	0,2%
Brennstoffzellen	4	0,0%	6	0,0%
Summe	54.877	100,0%	58775	100,0%

Im Rahmen der vorliegenden Projektionen für die „Business as Usual“ orientierte Entwicklung der Fern- und Nahwärmeversorgung setzen sich diese Tendenzen im Wesentlichen fort. Im Energiereport IV, der in 2005 von Prognos/EWI vorgelegt worden ist [Prognos/EWI 2005] wird bezogen auf die Fern- und Nahwärmenachfrage zunächst von einem signifikanten Rückgang im Zeitverlauf ausgegangen. Danach sinkt die netzgebundene Wärmenachfrage von 2000 bis 2030 (2020) um rund 20% (9,8%). Rückgänge sind dabei in allen Sektoren zu verzeichnen. Im Zeitverlauf werden auch vor diesem Hintergrund keine neuen Fernwärmeschienen in Betrieb genommen. Kompensierend auf die Verbrauchsrückgänge wirken sich Verdichtungen in bestehenden Versorgungsgebieten und die Bedeutungszunahme von dezentralen KWK-Anlagen aus, die vor allem auch zur Versorgung größerer Dienstleistungskomplexe zur Anwendung kommen (Objektversorgung). Perspektivisch erfolgt eine Nahwärmeversorgung dann auch auf der Basis von Brennstoffzellen.

Die Bereitstellung erfolgt hauptsächlich auf der Basis von KWK-Anlagen, wobei der Brennstoff Erdgas im Verhältnis zur Kohle an Bedeutung gewinnt. Kohle-KWK-Anlagen haben es gemäß Energiereport IV schwer im Wettbewerb und können – auch aufgrund der zunehmenden Bedeutung des CO₂-Zertifikatehandels – nur als sehr große zentrale Anlagen wirtschaftlich betrieben werden. Derartige Kraftwerke sind aber bei zudem rückläufigen Wärmedichten nicht verbrauchernah zu installieren. Vor diesem Hintergrund wird davon ausgegangen, dass die meisten Kohle basierten Heizkraftwerke im Zeitverlauf durch Erdgas-KWK-Anlagen substituiert werden. In abgeschwächter Form gilt dies auch für die industrielle KWK.

Erzeugungsseitig spielen darüber hinaus die erneuerbaren Energien eine immer wichtigere Rolle (vgl. Tabelle 6). Ihr Anteil an der Bereitstellung der Fern- und Nahwärme steigt im Zeitverlauf von 12% im Jahr 2000 auf 33% im Jahr 2030.

Tabelle 6: Entwicklung der Fern- und Nahwärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien (PJ und %) im Rahmen der Energieprojektion nach Energiereport IV [Prognos/EWI 2005]

	2000	2010	2015	2020	2025	2030
Wärmebereitstellung						
Biomasse	189,2	191,5	192,6	191,9	192,9	192,6
Umgebungswärme	3,1	9,4	13,4	17,5	19,6	21,8
Solarthermie	5,7	11,8	13,5	15,6	17,2	18,9
Summe	198,0	212,7	219,5	225,0	229,7	233,3
Anteil an der Wärmebereitstellung (Haushalte, Kleinverbr.)	5,2%	5,7%	6,2%	6,5%	6,9%	7,3%
Fern-, Nahwärmeerzeugung						
Holz, Stroh, Energiepflanzen	2,5	10,0	10,1	10,2	10,4	10,5
Müll*, Klärschlamm, Deponiegas	42,0	55,2	57,8	61,4	62,8	64,3
Klär-, Biogas	1,3	4,8	5,7	6,8	8,1	9,6
Grubengas	0,7	3,5	3,5	3,5	3,1	2,8
Geothermie	0,3	1,2	2,8	4,4	7,1	11,7
Summe Fern-, Nahwärme	46,8	74,7	79,9	86,3	91,5	98,9
Anteil an der Fern-, Nahwärmeerzeugung insg.	12,2%	20,4%	22,6%	25,5%	28,7%	33,1%

Eine Referenzentwicklung für die Fernwärme ist auch im Rahmen der AGFW-Studie „Pluralistische Wärmeversorgung“ skizziert worden [AGFW 2004]. Danach steigt die netzgebundene Fern- bzw. Nahwärmeversorgung von 334 PJ im Jahr 2000 auf 347 PJ im Jahr 2020 nur sehr leicht an. Parallel dazu wird aber vor allem in Folge der Entwicklungen, die mit dem KWKG ausgelöst worden sind, eine deutliche Ausweitung der KWK-Stromerzeugung von 52 TWh im Jahr 2000 auf ca. 90 TWh im Jahr 2020 erwartet. Maßgebliche Treiber sind die Modernisierungsanstrengungen und Ersatzbaumaßnahmen im Bereich der öffentlichen Fernwärmeversorgung, zugleich aber auch vergleichbare Effekte bei der industriellen KWK. Dabei kommen zum überwiegenden Anteil Erdgas-KWK-Anlagen zur Anwendung, die im Entnahmekondensationsbetrieb eingesetzt werden, was eine deutliche Abgrenzung (z.B. entsprechend der Vorgaben der Richtlinie AGFW FW 308) zwischen Koppelproduktion und Kondensationsbetrieb notwendig macht.

Im Gegensatz dazu wird z.B. im Rahmen des UBA Nachhaltigkeitsszenarios von einem signifikanten Ausbau der gekoppelten Stromerzeugung gegenüber dem Referenzpfad ausgegangen. Treibende Kräfte sind dabei auch hier der Ersatz alter KWK-Anlagen aus dem Bereich der öffentlichen Fernwärmeversorgung sowie der industriellen Eigenversorgung mit einer damit verbundenen Erhöhung der Stromkennzahl aber zusätzlich auch eine deutliche Ausweitung der dezentralen KWK und der Objektversorgung (insbesondere mittel- bis langfristig dann auf der Basis von z.B. Brennstoffzellen).

Darüber hinaus sind im Nachhaltigkeitsszenario maßgebliche Veränderungen in der Wärmeversorgungsstruktur insgesamt unterstellt worden, die insbesondere auch deutlich steigende Anteile der regenerativen netzgebundenen Nahwärmeversorgung mit einbeziehen. Der Be-

deutung von Wärmenetzen kommt damit unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten eine besondere Bedeutung zu.

Während im UBA Nachhaltigkeitsszenario detailliert dargelegt wird welche absoluten Beiträge in den verschiedenen Sektoren geleistet werden muss, bleibt die Frage wie diese Beiträge räumlich/strukturell verteilt und aus den bestehenden Strukturen abgeleitet werden können weitestgehend offen. Im Rahmen dieser Untersuchung sollen hierzu Vorschläge abgeleitet werden (vgl. Kapitel 4)

4.1 Ausbauziele der Fern- und Nahwärme unter Nachhaltigkeitsbedingungen

Eine detaillierte Auseinandersetzung mit den Ausbaunotwendigkeiten der gekoppelten Fern- und Nahwärmebereitstellung unter Nachhaltigkeitsbedingungen findet sich in den UBA-Langfristszenarien [UBA 2002]. Die dort niedergelegte Entwicklung ist in verschiedenen Untersuchungen mittlerweile überarbeitet worden [vgl. Krewitt et al 2004, BMU 2004]. Für die folgende Ableitung des notwendigen Ausbaus der Fern- und Nahwärme wird deshalb auf die Szenarien zum „Ökologisch optimierten Ausbau erneuerbarer Energien“ zurückgegriffen [BMU 2004]. Im Vergleich zu den UBA-Langfristszenarien gehen sie für den Bereich der KWK von der gleichen Grundphilosophie aus, wurden aber hinsichtlich der Rahmenbedingungen für den Ausbau der KWK aufgrund der aktuellen nachfrage- und angebotsseitigen Entwicklungen in einigen Eckpunkten (z.B. Bevölkerungsentwicklung, technische Optionen im Bereich der dezentralen KWK) angepasst.

In allen „Optimierungsszenarien“, die ebenso wie die UBA-Langfristszenarien von der Zielsetzung einer 80%igen Reduktion des CO₂-Ausstoßes bis zur Mitte dieses Jahrhunderts im Vergleich zum Niveau des Jahres 1990 ausgehen, ist die gleiche Entwicklung für die KWK unterstellt worden, was noch einmal auf die generelle Wertschätzung dieses Strategieelement für den Klimaschutz hindeutet. Maßgebliche Ausbaumöglichkeiten werden dabei in den Kategorien öffentliche KWK, industrielle KWK, dezentrale KWK (Nahwärme) und Objektversorgung gesehen (vgl. nachfolgende Definition).

Kasten 1: Definition wesentlicher Begriffe

Eine allgemeingültige Definition der Begriffe Fern- und Nahwärme liegt bis heute nicht vor. Für das vorliegende Projekt wird in Anlehnung an verschiedene Definitionsversuche aus pragmatischen Gründen (und in Übereinstimmung mit den UBA-Langfristszenarien [UBA 2002]) daher von folgendem generellen Verständnis ausgegangen, auch wenn im Einzelfall gute Gründe dafür sprechen mögen, die Begrifflichkeiten anders zu verwenden und die Übergänge fließend sind:

Fernwärme:

Unter Fernwärme versteht man eine leitungsgebundene Wärmeversorgung aus einer zentralen Wärmequelle über Verteilnetze. Fernwärme ist daher Wärmeenergie, die nicht am Ort der Erzeugung verbraucht wird, sondern wo Erzeugung und Nutzung der Wärme über einige bis einige zehn Kilometer voneinander getrennt sind. Fernwärmenetze sind üblicherweise Rohrleitungssysteme. Die Erzeugung erfolgt häufig in Heizkraftwerken oder größeren Heizwerken aber auch industrielle Abwärme kann als Fernwärme weiter verwendet werden. Wer-

den die Heizkraftwerke von Elektrizitätsversorgungsunternehmen betrieben spricht man auch häufig von **öffentlicher KWK**. Die Verteilung der Wärme verläuft netzseitig über das Heizmedium Heißwasser oder Dampf. Verbraucherseitig (die Verbraucher sind in der Regel über Wärmetauscher an die zentrale Wärmeversorgung angeschlossen) sind an die Fernwärme sowohl Haushalte als auch gewerblich und industrielle Verbraucher angeschlossen.

Nahwärme:

In Abgrenzung zur Fernwärme bezeichnet Nahwärme eine leitungsgebundene Wärmeversorgung auf eher kleinräumiger Ebene mit geringerer Transportentfernung (als Orientierungsmarke kann hier die Entfernung von etwa einem Kilometer dienen). Nahwärmeverteilnetze werden häufig von Blockheizkraftwerken (mit kleinerer Leistung als Heizkraftwerke auf Gas- oder Dampfturbinenbasis – die Grenze dürfte hier bei einigen MW liegen) betrieben, kommen aber auch auf der Basis von Solarenergie (solare Nahwärmenetze) oder Biomasse respektive Erdwärme (geothermische Anlagen) zur Anwendung. Über Nahwärmeverteilnetze werden meistens Wohnsiedlungen oder Mischgebiete (z.B. unter Einschluss großer Wärmeverbraucher wie Schwimmbäder, Krankenhäuser) mit Wärme versorgt. Erfolgt die Nahwärmebereitstellung in KWK-Anlagen spricht man auch von **dezentraler KWK**.

Objektversorgung:

Neben der Fern- und Nahwärme ist zudem die Objektversorgung zu unterscheiden, die ebenso auf der Basis von Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (häufig BHKW-Anlagen) erfolgen kann, die aber auf die wärmeseitige Versorgung einzelner Gebäude oder gewerblicher Verbraucher (z.B. Krankenhäuser) begrenzt ist.

Als Sonderfall der Objektversorgung kann die industrielle Eigenversorgung mit Strom und Wärme angesehen werden, die häufig in großen Heizkraftwerken oder Heizwerken stattfindet. Erfolgt in der Industrie eine Koppelstromerzeugung spricht man auch von **industrieller KWK**.

Für die netzgebundene Fern- und Nahwärmebereitstellung, die im Mittelpunkt dieser Untersuchung steht, kommt damit vor allem der öffentlichen KWK, der dezentralen KWK und der regenerativen Nahwärmeversorgung eine entscheidende Bedeutung zu. Bei der Beurteilung der Ausbaumöglichkeiten in diesen Sektoren ist zu berücksichtigen, dass sich die nachfrageseitigen Rahmenbedingungen unter Nachhaltigkeitsbedingungen massiv verändern. Der Wärmemarkt ist danach im besonderen Maße geprägt durch die Umsetzung der Energieeinsparmöglichkeiten durch eine umfassende Gebäudesanierungsstrategie. Während bereits unter Referenzbedingungen von signifikanten Rückgängen der Wärmenachfrage ausgegangen wird, sind unter Nachhaltigkeitsbedingungen noch deutlich weiter gehende Maßnahmen notwendig.

Im Nachhaltigkeitsszenario (vgl. Abbildung 8) wird davon ausgegangen, dass der Gebäudebestand bis zum Jahr 2050 weit gehend saniert wird, wobei die energetischen Sanierungsmaßnahmen ab dem Jahr 2020 deutlich über den Stand der derzeit gültigen Energieeinsparverordnung (EnEV) hinausgehen. De facto bedeutet dies, dass der heutige Sanierungsstau zügig aufgehoben werden muss und im Mittel mehr als 2,5% aller Gebäude jedes Jahr wär-

metetechnisch saniert werden müssen, was rund dem Fünffachen der heutigen Quote entspricht. Trotz der massiven Verringerung des spezifischen Wärmebedarfs dominiert der Gebäudebestand auch langfristig noch die Wärmebedarfsentwicklung. Unter Nachhaltigkeitsbedingungen gilt dies auch deswegen, weil auch für den Neubaubereich gegenüber der Referenz von der Umsetzung verbesserter Standards ausgegangen wird.

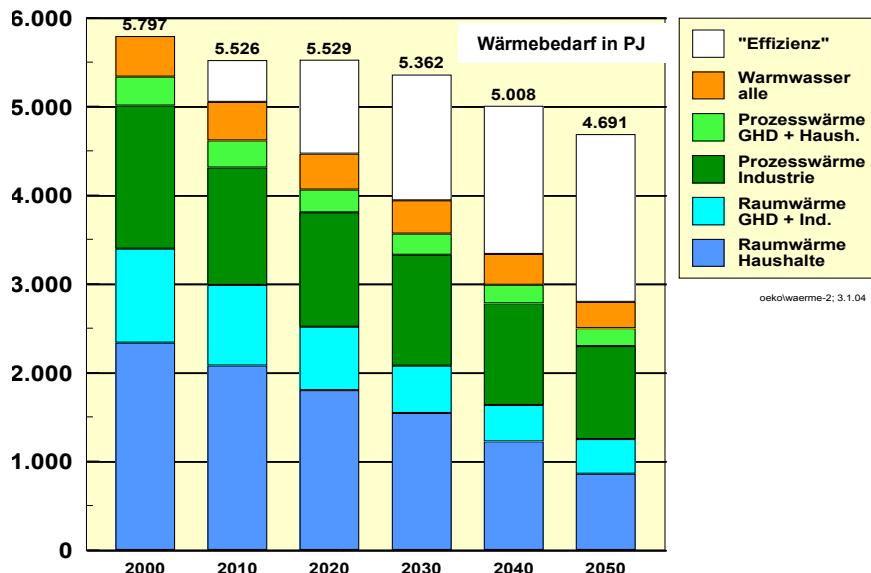


Abbildung 8: Entwicklung des Wärmebedarfs im Nachhaltigkeitsszenario [BMU 2004]

Neben dem Rückgang der Raumwärmenachfrage bei den Haushalten und den gewerblichen Verbrauchern in Folge einer Verbesserung der Wärmedämmstandards, wird im Nachhaltigkeitsszenario auch, wenngleich in deutlich geringeren Umfang, von einer Verringerung der Prozesswärmenachfrage ausgegangen. Auch hier werden im signifikanten Umfang Einsparmaßnahmen umgesetzt. Die verschiedenen Maßnahmen zur Effizienzsteigerung führen insgesamt dazu, dass der Wärmebedarf zwischen 2000 und 2050 um mehr als die Hälfte reduziert wird und auf ein Niveau von rund 2.800 PJ zurück geht. Unter Referenzbedingungen wird dagegen nur von einem Rückgang um etwa 20% auf rund 4.700 PJ/a im Jahr 2050 ausgegangen.

Vor diesem Hintergrund ergeben sich für die Fern- und Nahwärmebereitstellung veränderte Randbedingungen, die sich insbesondere durch eine stark rückläufige Wärmedichte im Bestand aber auch bei den Neubausiedlungen manifestieren. Für den Ausbau sind im Nachhaltigkeitsszenario folgende Eckpunkte unterstellt worden:

- Sukzessiver Ersatz bestehender KWK-Anlagen der öffentlichen Fernwärmeversorgung durch Neuanlagen mit höherer Stromkennzahl in Fortsetzung des sich in den letzten Jahren ausgelöst durch das KWKG schon eingesetzten Trends. Eine Teilkompensation der rückläufigen Wärmenachfrage in den bestehenden Fernwärmeversorgungsgebieten wird durch Neuanschluss von Kunden im bisherigen Versorgungsgebiet (Verdichtung) und Ausweitung der Fernwärmesysteme an den Rändern erreicht. Die diesbezüglich bestehenden Möglichkeiten werden auf eine Größenordnung abgeschätzt, die eine Erhöhung der Anschlussleistung um 15% zulässt. Eine Neuerrichtung von Fernwärmesystemen ist aus Kostengesichtspunkten nicht unterstellt worden.

-
- Modernisierungsstrategie auch im Bereich der industriellen KWK, für die bisher keine spezifischen Anreizsysteme vergleichbar dem KWKG vorliegen. Neben dem Ersatz von bereits bestehenden KWK-Anlagen durch Neuanlagen ist hier auch eine Umrüstung von Heizwerken unterstellt worden, die bisher wenig effizient zur Eigenversorgung der Industrie beitragen. Die notwendigen Anstöße hierzu können u.a. aus der Selbstverpflichtungserklärung der Energiewirtschaft, den Anforderungen aus dem Emissionshandel sowie dem – auf die deutliche Zunahmen der Strompreise zurück zu führenden - zunehmenden Bestreben nach einer stärker selbst bestimmten Stromerzeugung abgeleitet werden.
 - Für die netzgebundene Wärmeversorgung spielt die industrielle KWK nur eine untergeordnete Rolle. Anknüpfungspunkte ergeben sich durch sog. kooperative Projekte, d.h. der Mitversorgung angrenzender Verbraucher durch die industriellen Anlagen. Der Anteil dieser Projekte ist in den vorliegenden Szenarien allerdings nicht quantifiziert worden.
 - Massiver Ausbau der dezentralen KWK: Die Möglichkeiten der Nahwärmeversorgung auf der Basis kleinerer KWK-Anlagen sind bei weitem noch nicht ausgeschöpft. In diesem Anwendungsbereich kommen bisher vor allem Motor-BHKW zum Einsatz. Mikrogasturbinen zukünftig – ggf. auch vermehrt Brennstoffzellen – verbreitern das Anwendungsspektrum. Interessante Anwendungsmöglichkeiten ergeben sich dabei vor allem im Bereich von Neubausiedlungen, bestehenden Gebäudekomplexen/arealen von Wohnungsbau-gesellschaften mit zentraler Energieversorgung, öffentlichen oder privaten Einrichtungen mit entsprechend hohem Wärmebedarf (z. B. Krankenhäuser, Schulen, Alten- und Pflegeheimen, Schwimmbädern) und angrenzenden Verbrauchern. Die Umstellung der Heizungssysteme im Gebäudebestand dürfte aufgrund der notwendigen Zeitgleichheit des Austausches der bestehenden Heizungssysteme eher nur in Ausnahmefällen gelingen.
 - Längerfristig konkurrieren die KWK-Optionen mit dem unter Nachhaltigkeitsbedingungen notwendigen, stark zunehmenden Ausbau der Nahwärmeversorgung auf der Basis erneuerbarer Energien. Als Brennstoff für die Anlagen kommt im Wesentlichen Erdgas, im späteren Zeitverlauf (wenn innovative, dezentral einsetzbare Technologien z.B. auf Vergasungsbasis zur Verfügung stehen) dann auch vermehrt Biomasse zum Einsatz.
 - Im Nachhaltigkeitsszenario wird ferner davon ausgegangen, dass zukünftig zunehmend auch Einzelobjekte durch KWK-Anlagen versorgt werden. Ein deutlicher Zuwachs wird dabei in der nächsten Dekade mit der Einführung der Brennstoffzellen erwartet. Für die hier im Fokus stehende netzgebundene Wärmeversorgung spielen diese Anlagen keine direkte Rolle, da hier vor allem auch solche Objekte in das Blickfeld genommen wurden, die für eine zentrale oder dezentrale Fern- oder Nahwärmeversorgung aufgrund ihrer eher isolierten Lage nicht in Frage kommen. Wohl aber könnten sich in bestehenden Fernwärmegebieten bei abweichendem Kundeninteresse Konkurrenzbeziehung ergeben.
 - Zunehmende Integration der zentralen und dezentralen KWK-Anlagen (auf der Basis von Speichermanagement) in Maßnahmen zum Ausgleich des fluktuierenden Energieangebotes erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung (d.h. insbesondere Wind- und Solar-energie). Entsprechend unterscheiden sich die Betriebsweisen der Kraftwerke. Neben der klassischen wärmegeführten Einsatzweise, kommt der strom- oder netzlastgeführten

Fahrweise eine wachsende Bedeutung zu. Dabei werden auch vermehrt Anlagen zu zentral gesteuerten virtuellen Kraftwerken verbunden.

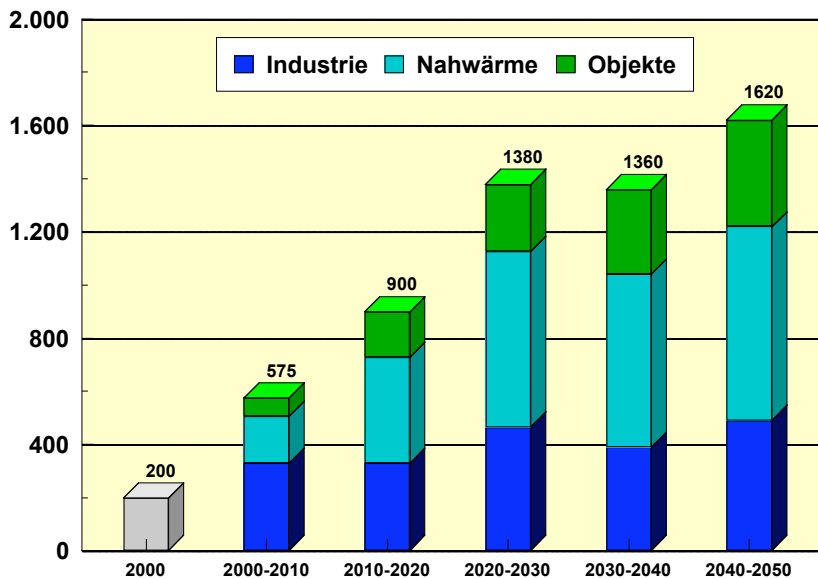


Abbildung 9: Marktentwicklung (durchschnittliche Zubauraten im 10 Jahresmitte in MW/a, inkl. Anlagenersatz nach Betriebszeitende der 1. Generation) im Rahmen der Nachhaltigkeitsszenarien [nach BMU 2004]

Abbildung 10 fasst die skizzierte Entwicklung zusammen. Danach erhöht sich der Beitrag der KWK zur Bruttostromerzeugung von heute etwa 80 TWh im Betrachtungszeitraum bis zum Jahr 2050 auf knapp 200 TWh. Die in Koppelproduktion bereitgestellt Wärmemenge steigt von derzeit rund 180 TWh, was rund 12% des gesamten Wärmebedarfs entspricht, dagegen nur noch geringfügig auf ebenfalls etwa 200 TWh (720 PJ) an. Der stromseitige Anstieg wird wie dargelegt im Wesentlichen durch moderne KWK-Anlagen mit hoher Stromkennzahl ermöglicht. Die mittlere Stromkennzahl steigt dementsprechend auch von heute gut 0,45 auf über 1 zur Mitte diesen Jahrhunderts. Obwohl die ausgekoppelte Wärmemenge in absoluten Größen nur im geringen Umfang ansteigt, erhöht sich ihr Beitrag am Wärmebedarf in Folge der massiven Umsetzung von Einsparoptionen auf der Nachfrageseite deutlich auf über 25%.

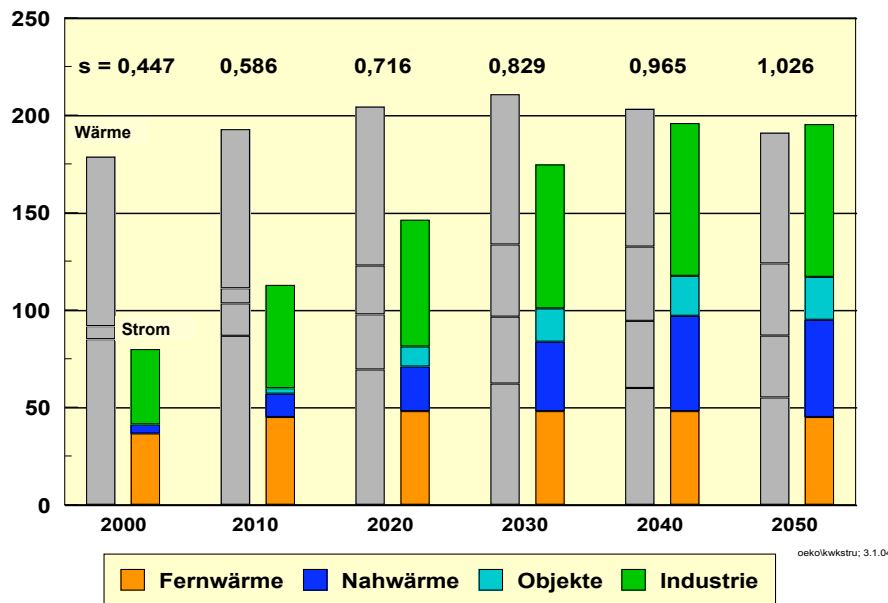


Abbildung 10: Entwicklung der KWK-Strom- und Wärmeerzeugung im Szenario NaturschutzPlus I (s=Stromkennzahl) [BMU 2004]

Während die thermische Leistung der Anlagen sich im Zeitverlauf eher nur geringfügig verändert, steigt die elektrische Leistung von heute etwa 25,3 GW (Stand 2000) mit fast 80% zwischen 2000 und 2050 auf 45,5 GW signifikant an. Teile der über den Betrachtungszeitraum errichteten Anlagen müssen während der Zeitspanne ersetzt werden, wodurch sich anlagenseitig ein noch größerer Markt ergibt.

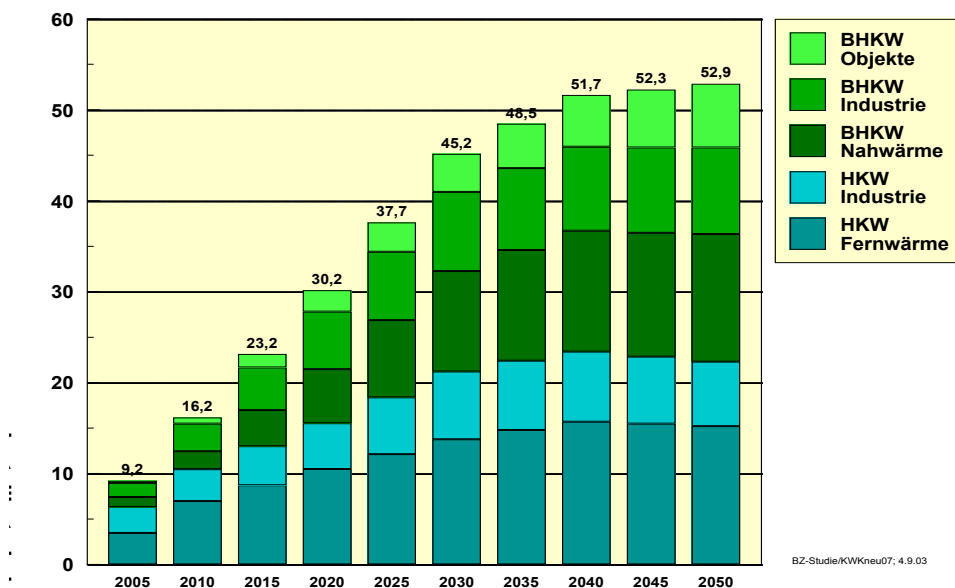


Abbildung 12: Zubau an Kraftwerksleistung im Bereich KWK in GW (bei BHKW inkl. Anlagenersatz nach Betriebszeitende der 1. Generation) im Rahmen der Nachhaltigkeitsszenarien [nach BMU 2004]

Mit dem Ausbau der KWK verbunden ist zwangsläufig eine massive strukturellen Veränderung der gesamten Stromerzeugung. Die KWK wird bis zum Ende des Betrachtungszeitraums mit einem Anteil von dann fast 40% neben den erneuerbaren Energien die tragende Säule für die Stromversorgung. Detaillierte Zahlen zu der dargelegten Entwicklung finden sich im Anhang.

In die bisherige Betrachtung eingeschlossen war die KWK, d.h. die gekoppelte Fern- und Nahwärmebereitstellung, auf Biomassebasis. Darüber hinaus geht das Nachhaltigkeitsszenario aber auch von einer deutlichen Ausweitung der reinen Wärmenetze auf regenerativer Primärenergiebasis aus. Hierfür kommen in erster Linie solare Nahwärmenetze, geothermische Versorgungssysteme aber letztlich auch Biomasse basierte Anlagen in Frage.

Dabei ist zunächst festzustellen, dass die Ausbreitung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt in direkter Form (d.h. ohne den Umweg über einen chemischen Energiespeicher wie Wasserstoff) nicht nur durch die technische Charakteristik der Angebotsoptionen selber bestimmt wird (Ausweitungsgrenzen für Nahwärmenetze, häufig zu hohe Anforderungen an das Temperaturniveau im Prozesswärmebereich) sondern ganz wesentlich auch durch die strukturellen Veränderungen des Wärmemarktes beeinflusst werden. Letzteres gilt vor allem für die stark sinkende Nachfrage nach Niedertemperaturwärme aufgrund der Sanierungs- und Effizienzoffensive im Gebäudebereich.

Einsatzbeschränkungen liegen für Biomasse basierte Anlagen zwar nicht vor. Dafür spielen hier starke Nutzungskonkurrenzen eine entscheidende Rolle. Biomasse kann nicht nur zur Stromerzeugung in KWK-Anlagen (oder auch im Rahmen der Mitverbrennung in großen Kondensationskraftwerken) und zur Wärmebereitstellung eingesetzt werden, sondern wird verstärkt auch aus dem Kraftstoffsektor nachgefragt. Im der Untersuchung „Ökologisch optimierter Ausbau erneuerbarer Energien“ [BMU 2004] wurden hinsichtlich der unterschiedlichen Verwendungszwecke Fallunterscheidungen gemacht. Darüber hinaus wurde unterschieden zwischen zwei unterschiedlichen Ausgangspotentialen für die Nutzung der Biomasse. Für die weiteren Überlegungen im Rahmen dieser Untersuchung wird auf das Szenario NaurschutzPlus II zurückgegriffen. Es setzt auf einem eingeschränkten Potenzialverständnis auf, in dem insbesondere für die Biomasse stärker naturschutzbedingte Schranken gesetzt werden. Zudem geht es davon aus, dass mehr als ein Viertel der insgesamt für energetische Zwecke zur Verfügung stehenden Biomasse für die Kraftstofferzeugung verwendet wird (vgl. Abbildung 13). Diese Entscheidung ist nahe liegend, da trotz keineswegs vorliegender Vorteile hinsichtlich der Nutzungseffizienz der Druck aus dem Kraftstoffbereich so groß geworden ist, dass diese Entwicklung nicht mehr aufzuhalten sein wird. Der große Treiber hinter dieser Entwicklung ist dabei weniger der Klimaschutz als Abwägungen der Versorgungssicherheit und damit Bemühungen, den Kraftstoffmix zu diversifizieren. Energiepolitisch manifestiert sich diese Absicht derzeit vor allem in der EU Richtlinie zu Biokraftstoffen, die für die einzelnen Mitgliedsländer eine Mindestzielquote von 5,75% für das Jahr 2010 vorgibt und die aktuelle Diskussion auf Bundesebene um eine Beimischungspflicht¹⁶.

¹⁶ Mit Beschluss eines entsprechenden Gesetzesentwurfs des Bundeskabinetts vom 23.8.2006, ist die Einführung einer Biokraftstoffquote auf den Weg gebracht. Danach muss der Mindestanteil von Biokraftstoffen ab 2007 bei Dieselkraftstoffen auf den Energiegehalt gerechnet 4,4 % betragen, beim Benzin 2 % und ab 2010 3%. Zusätzlich wurde eine Gesamtquote auf mindestens 5,7 % in 2009 und mindest 6 % in 2010 festgelegt.

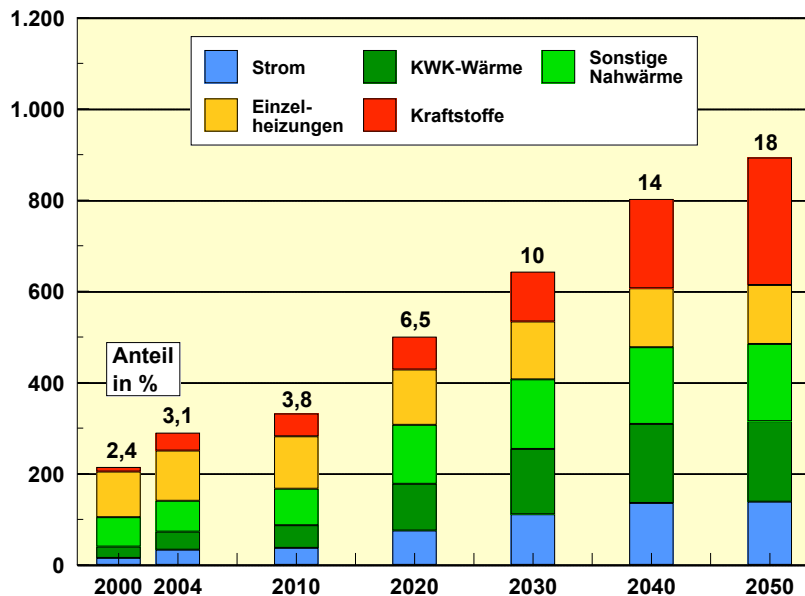


Abbildung 13: Einsatz von Biomasse zur Deckung des Endenergiebedarfs in den verschiedenen Bereichen in PJ

Abbildung 14 zeigt zunächst die Annahmen im Szenario NaturschutzPlus II bezogen auf die Beiträge der erneuerbaren Energien zur Wärmeversorgung. Dabei kommt perspektivisch vor allem der Ausweitung der netzgebundenen Wärmeversorgung eine hohe Bedeutung zu, kurzfristig bereits auf der Basis von Biomasse, später dann auch über größere Kollektoranlagen und Geothermie (zur strukturellen Voraussetzung von Nahwärmenetzen für den Ausbau erneuerbarer Energien vergleiche nachfolgendes Kapitel). Zum Ende des Betrachtungszeitraums erfolgt 76,4% der Wärmebereitstellung auf der Basis erneuerbarer Energien über Nahwärmenetze.

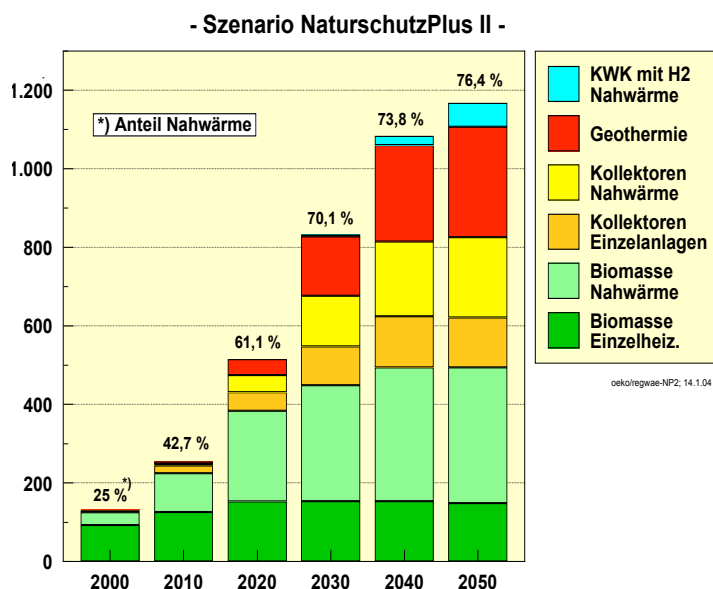


Abbildung 14: Entwicklung der Beiträge erneuerbarer Energien zur Wärmeversorgung (Endenergie in PJ) im Szenario NaturschutzPlus II [BMU 2004]

Angegeben ist in Abbildung 14 die Endenergie, d.h. die Mengen an Brennstoffen, die an die Endkunden verkauft werden, um die Wärme zu erzeugen. Bei den erneuerbaren Energien ist

die durch sie ersetzte Menge an Brennstoffen angegeben. Dazu wurden folgende mittlere Wirkungsgrade für die Heizkessel angenommen: Von 85% für das Jahr 2000 steigend bis auf 96% im Jahr 2050.

Unter „Nahwärme“ ist hier nur der erneuerbare Anteil der Wärme angegeben, der über Nahwärmenetze verteilt wird. Hinzu kommen fossile Anteile für Spitzenkessel, welche an kalten Wintertagen mit zur Erzeugung von Wärme herangezogen werden. Als grober Schätzwert kann davon ausgegangen werden, dass der Anteil des Spitzenkessel an der Wärmeerzeugung bei einem Netz, dass hauptsächlich mit Biomasse oder Geothermie beheizt wird, bei 15% liegt und bei solarer Nahwärme (Kollektoren) bei 50%.

Für den Wärmemarkt führt dies insgesamt zu einer gegenüber heute deutlich veränderten Struktur (vgl. Abbildung 15). Im Szenario NaturschutzPlus II erhöht sich der Anteil erneuerbarer Energien an der Wärmeversorgung von rund 2,2% im Jahr 2000 auf 35,0% im Jahr 2050 ohne und 39,3% mit Einbeziehung der Biomasse-KWK. Detaillierte Zahlen zum Beitrag der erneuerbaren Energien zur Wärmebereitstellung finden sich im Anhang.

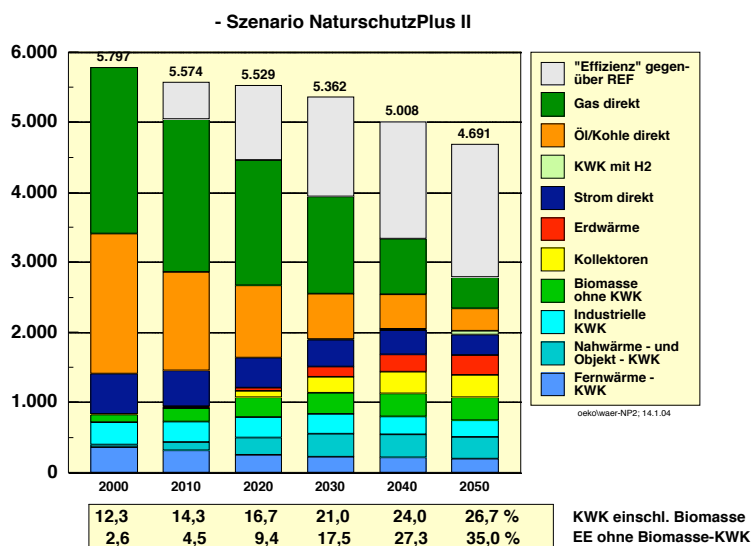


Abbildung 15: Entwicklung des Wärmemarktes im Rahmen des Szenarios NaturschutzPlus II (Endenergie in PJ) im Zeitverlauf (BMU 2004)

Die Szenarioanalysen zeigen, dass aus Gesamtsicht der Energieeffizienz eine besondere und zentrale Bedeutung für die Erreichung engagierter Klimaschutzziele zukommt. Dies gilt insbesondere kurz- bis mittelfristig. Zwei Drittel bis drei Viertel der notwendigen CO₂-Minderung kann und muss bis 2030 durch effiziente Energieverwendung („Energiesparen“) erbracht werden (vgl. Abbildung 15). Im Jahr 2050 tragen dann die erneuerbaren Energien mit etwa 40 Prozent ganz maßgeblich zum CO₂-Minderungsziel von 80 Prozent bei. Entscheidenden Anteil hat daran auch die regenerative (Nah-)Wärmeversorgung. Jenseits der netzgebundenen Wärmeversorgung auf regenerativer Brennstoffbasis leistet schließlich auch die fossile KWK einen maßgeblichen Minderungsbeitrag.

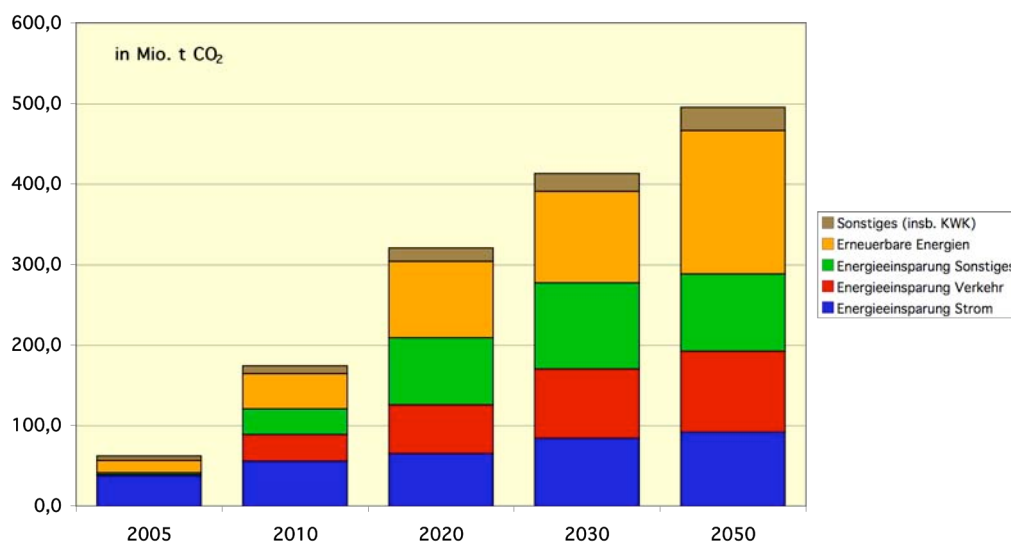


Abbildung 16: CO₂-Minderungsbeiträge im Nachhaltigkeitsszenario im Vergleich zum Jahr 1998

Auch im Rahmen der AGFW-Studie zur „Pluralistischen Wärmeversorgung“ sind Klimaschutzszenarien erarbeitet worden [AGFW 2004]. Dabei wurde eine kürzere Zeitspanne betrachtet und für das Jahr 2020 von einem CO₂-Reduktionsziel von 40% gegenüber dem Niveau des Jahres 1990 ausgegangen. Hinsichtlich der Fernwärmenachfrage unterscheidet sich das Niveau in der Klimaschutzvariante im Vergleich zu dem dort ausgeführten Referenzszenario nur geringfügig. Die Fernwärmenachfrage liegt unter den Klimaschutzbedingungen um 12 PJ bzw. 3,5 % im Jahr 2020 höher. Möglich wird dies durch weitere Verdichtungen in bestehenden Netzen, geringen Zubaumaßnahmen und der Ausweitung der Nahwärmebereitstellung. Für die Stromerzeugung in KWK-Anlagen resultiert aus der Klimaschutzvorgabe eine signifikante Veränderung. Im Vergleich zur Referenzentwicklung stellt sich im Jahr 2020 eine um 27 TWh (entsprechend 30%) höhere KWK-Stromerzeugung ein. Höhere Beiträge resultierten einerseits proportional zur Erhöhung der Fernwärmenachfrage, eine weitere Erhöhung der Stromkennzahl und steigende Beiträge der industriellen KWK zurückzuführen.

4.2 Nahwärmenetze als strukturelle Voraussetzung für den Ausbau erneuerbarer Energien im Wärmemarkt

Nahwärme bietet bei der Nutzung erneuerbarer Energien erhebliche Vorteile. Ein großer Teil des Potenzials der erneuerbaren Energien wird sich ohne eine starke Zunahme der mit Nahwärme versorgten Siedlungsgebieten nicht nutzen lassen. Dies gilt – wie im Folgenden aufgezeigt – für jede der drei Energiequellen Biomasse, solarthermische Kollektoren und Geothermie.

4.2.1 □ Biomasse

Die Abgaswerte von modernen Holzkesseln konnten in den letzten zehn Jahren sehr deutlich verbessert werden. Wenn sie mit qualitativ hochwertigem Brennstoff betrieben werden (z.B. Pellets gemäß DIN-Norm) ist ein bisher häufig von Kommunen ausgesprochenes Verbrennungsverbot für feste Brennstoffe nicht mehr angemessen.

Dennoch reichen auch die Abgaswerte heutiger Holzkessel nicht an die Werte moderner Gas- oder Ölkessel heran. Wird eine weitere Abgasreinigung angestrebt¹⁷, so ist der Einbau zusätzlicher Anlagen zur Abgasreinigung nötig. Dies verursacht erhebliche zusätzliche Kosten, welche nur bei Großfeuerungen (ab ca. 2 MW Feuerungsleistung) wirtschaftlich vertretbar sind. Einzelne Wärmeabnehmer mit derart großem Wärmebedarf sind selten. Daher können diese großen, besonders abgasarmen Anlagen fast nur in Nahwärmenetzen eingesetzt werden. Diese Anlagen haben dann allerdings den zusätzlichen Vorteil, dass sie auch mit problematischeren Brennstoffen, wie z.B. vereister Rinde (und mit höherem Aufwand auch für Stroh) befeuert werden können, ohne dass die bei Großfeuerungen ohnehin strenger Emissionsgrenzwerte überschritten werden. Diese Brennstoffe sind wesentlich billiger und auch in größeren Mengen verfügbar als Holzpellets. Auch ist ein größerer Kessel billiger als viele kleine. Wie sich die Wirtschaftlichkeit von Nahwärme aus Biomasse insgesamt darstellt, hängt von den Kosten für den Bau des Nahwärmesystems und den Anschlussgraden innerhalb der versorgten Siedlung ab. In Deutschland ergaben sich bisher normalerweise höhere Kosten als bei der Beheizung aus fossilen Einzelkesseln, in Dänemark dagegen sind die Kosten für Nahwärme aus Holzhackschnitzeln typischerweise geringer als bei der konventionellen Variante (siehe Abschnitt 3.4).

Neben der Luftreinheit und dem billigen Brennstoff sprechen zwei weitere Gründe für Nahwärme aus Biomasse:

- Besonders effizient wird der Brennstoff Holz ausgenutzt, wenn nicht nur Wärme sondern auch Strom erzeugt wird. Dies ist mit heutiger Technik nur in großen Anlagen mit entsprechend großen Mengen an (Ab-)Wärme möglich, welche sich nur über ein Nahwärmenetz weiterverteilen und nutzen lässt.
- Bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen kann die beim Betrieb des Biogas-BHKWs anfallende Wärme nur zu einem Teil auf dem Hof selbst genutzt werden. Dieses Problem verstärkt sich noch, wenn – wie in jüngster Zeit aufgrund der neuen Regelungen des EEG üblich – neben der auf dem Hof anfallenden Gülle auch nachwachsende Rohstoffe (meist Mais) mit vergoren werden. Mehrere Projekte zur Nutzung dieser überschüssigen Wärme im benachbarten Ort mittels eines Nahwärmenetzes sind in Planung und teilweise auch bereits realisiert.

¹⁷ Der Hauptgrund, warum Biomasse-Nahwärmenetze in Südtirol, Österreich und vereinzelt auch in Deutschland (Reit im Winkl) aufgebaut wurden, war die Luftreinhaltung. Meist wegen des Wintertourismus, teilweise auch wegen Atemwegserkrankungen besonders bei Kindern.

4.2.2 □ Solarthermische Kollektoren

Brauchwasser zum Duschen etc. lässt sich in den Sommermonaten besonders günstig solar erwärmen. Über das ganze Jahr gemittelt liegt der typische solare Deckungsanteil für derartige Anlagen bei 60%. Gemessen am gesamten Wärmebedarf eines Gebäudes ist dies allerdings nur ein geringer Anteil, nämlich nur ca. 8% des Bedarfs für Raumwärme und Warmwasser. Mit etwas höherem Aufwand kann auch noch ein Teil des Raumwärmebedarfs solar gedeckt werden. Wirtschaftlich vertretbar ist hier die solare Deckung eines weiteren Anteils von nochmals ca. 8%, sodass der gesamte solare Deckungsanteil bei etwa 16% liegt.¹⁸

Werden höhere Deckungsanteile angestrebt, nehmen Aufwand und Kosten rasch zu, u.a. weil der notwendigerweise größer werdende solare Wärmespeicher nicht mehr in den Keller passt. Größere Potenziale können mit sehr großen außerhalb der Gebäude befindlichen Speichern erschlossen werden. Dabei kann z.B. das Erdreich als billiges Wärmespeichermedium genutzt werden. Ein derartiger großer, zentraler Speicher ist kostengünstiger als viele kleine Solarspeicher in jedem Keller einer Siedlung. Außerdem kühlen große Speicher nur sehr langsam ab, sodass Sonnenwärme aus dem Sommer bis in den Winter gespeichert werden kann. Sinnvoll einsetzbar sind die großen Speicher aber nur, wenn eine hinreichend große Anzahl von Verbrauchern über ein Nahwärmenetz zusammengefasst und angeschlossen wird. Der Ausbau von Nahwärmenetzen ist somit eine strukturelle Voraussetzung, um die angestrebten solaren Beiträge zur zukünftigen Wärmeversorgung technisch und wirtschaftlich realisieren zu können.

Zusätzlich eröffnet das Nahwärmesystem die Möglichkeit, für die Installation der Kollektoren anstelle der kleinen Dächer einzelner Häuser die großen Flächen auf unbeheizten Hallen, an Lärmschutzwällen, bei Parkplatzüberdachungen oder an sonstigen besonnten und bisher ungenutzten Flächen zu nutzen. Dabei lassen sich typischerweise Mengenrabatte für die Kollektormodule sowie günstigere spezifische Installationskosten erreichen.

4.2.3 □ Geothermie

Die Temperatur im Untergrund nimmt mit zunehmender Tiefe um typischerweise 30 K/km zu. Um Temperaturen zu erreichen, die für eine Wärmenutzung interessant sind, müssen die Bohrlöcher für die Erschließung einer geothermischen Wärmequelle daher wenigstens 2 km tief sein. Für die Stromerzeugung sind höhere Temperaturen notwendig, die zugehörige Mindestdiefe der Bohrlöcher steigt daher auf etwa 4.000 m an.

Um trotz der hohen Bohrkosten einen wirtschaftlichen Betrieb zu ermöglichen, müssen je Bohrung sehr große Wärmemengen erschlossen werden. Entsprechend groß muss der Bedarf der Wärmeabnehmer sein. Ein derartiger Bedarf lässt sich fast nur durch die Zusammenfassung mehrerer Verbraucher über ein Nahwärmenetz erreichen.

Auch bei der derzeit häufiger diskutierten geothermischen Stromproduktion fallen große Mengen an Abwärme an. Denn selbst bei einer Teufe von 5.000 m in geothermisch günsti-

¹⁸ Der optimale solare Deckungsanteil ist u.a. abhängig von der Wärmedämmung eines Gebäudes. Je besser die Wärmedämmung, desto höher der anzustrebende solare Deckungsanteil am Bedarf für Raumheizung und Warmwasser.

gen Gebieten wie dem Rheingraben ist die Untergrundtemperatur mit ca. 200 °C noch so niedrig, dass eine Stromerzeugung nur mit einem Wirkungsgrad von ca. 12% möglich ist. Die übrigen 88% der geförderten geothermischen Wärmemenge kann in einem Nahwärmenetz genutzt werden. Anderenfalls muss die Abwärme weggekühlt werden. Für die Wirtschaftlichkeit von Strom aus geothermischen Anlagen ist es entscheidend, ob die Abwärme gewinnbringend genutzt werden kann oder ob sie mit zusätzlichen Kosten weggekühlt werden muss.

Ohne den Ausbau von Nahwärmesystemen ist das Potenzial der Geothermie verschwindend gering. Mit einem verstärktem Ausbau von Nahwärmesystemen ist die Nutzung von geothermischer Wärme dagegen an nahezu jedem Ort Deutschlands denkbar. Dies unterstreicht nochmals die strukturelle Bedeutung von Nahwärme für umfassende zukünftige Beiträge erneuerbarer Energien zum Wärmemarkt.

Der Aufbau von Nahwärmesystemen ist für eine umfassende Nutzung von erneuerbaren Energien nahezu unverzichtbar. Dieser Ausbau benötigt viel Zeit und muss daher schon beim Zuschnitt heutiger Lenkungsinstrumente berücksichtigt werden.

5 Synoptische Übersicht über den Stand der Forschung

5.1 Technische Möglichkeiten der Bereitstellung von Fern- und Nahwärme

5.1.1 □ Prinzipieller Aufbau eines Fern- oder Nahwärmesystems

Bei Fern- und Nahwärmesystemen wird in einer Heizzentrale heißes Wasser erzeugt, welches über isolierte Rohrleitungen zu den Verbrauchern in den angeschlossenen Gebäuden geleitet wird (Abbildung 17). Von den meist in der Straße verlaufenden Hauptleitungen zweigen die Hausanschlussleitungen ab, welche durch eine wasserdichte Mauerdurchführung in die Keller der angeschlossenen Gebäude geführt wird.

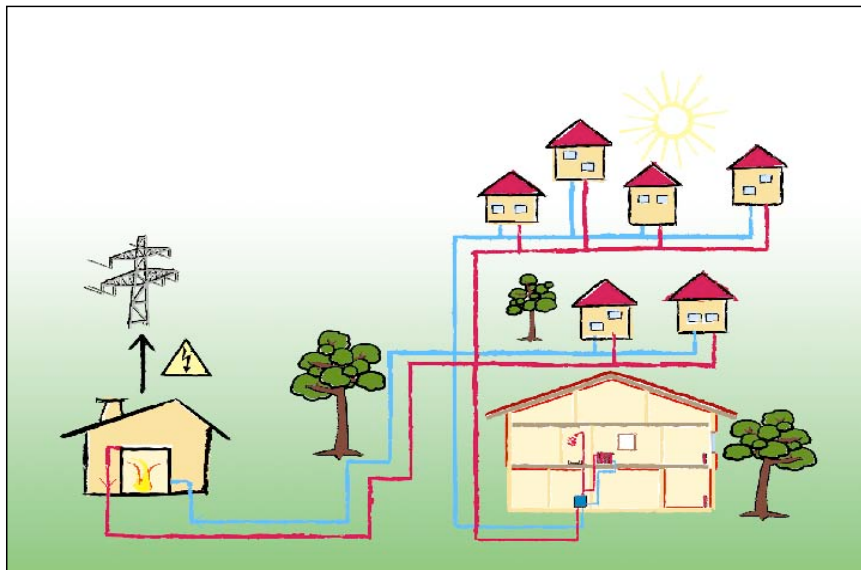


Abbildung 17: Prinzip eines Nahwärmesystems

Innerhalb des Gebäudes wird die Nahwärmeleitung über eine sog. Hausstation an die Brauchwasserbereitung und an das hausinterne Verteilnetz angeschlossen, durch welches die Heizkörper mit Wärme versorgt werden.

Sowohl für die Wärmeleitungen als auch für die Hausstationen gibt es verschiedene Varianten mit ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen. Vor- und Nachteile sowie den damit verbundenen Forschungs- und Entwicklungsthemen.

5.1.2 □ Rohrleitungssysteme

Allen Rohrleitungssystemen ist gemeinsam, dass sie zu möglichst geringen Kosten verlegt werden und zu möglichst geringen Wärmeverlusten führen sollen.

Die Kosten für die Verlegung von Fernwärmeleitungen sind in Deutschland vergleichsweise hoch. Insbesondere in den skandinavischen Ländern, in denen Fernwärme sehr verbreitet ist, ergeben sich Verlegekosten, die bei den kleineren Leitungsdurchmessern um den Faktor drei günstiger sind als in Deutschland. Abbildung 18 zeigt einen Vergleich mit den finnischen Verlegekosten.

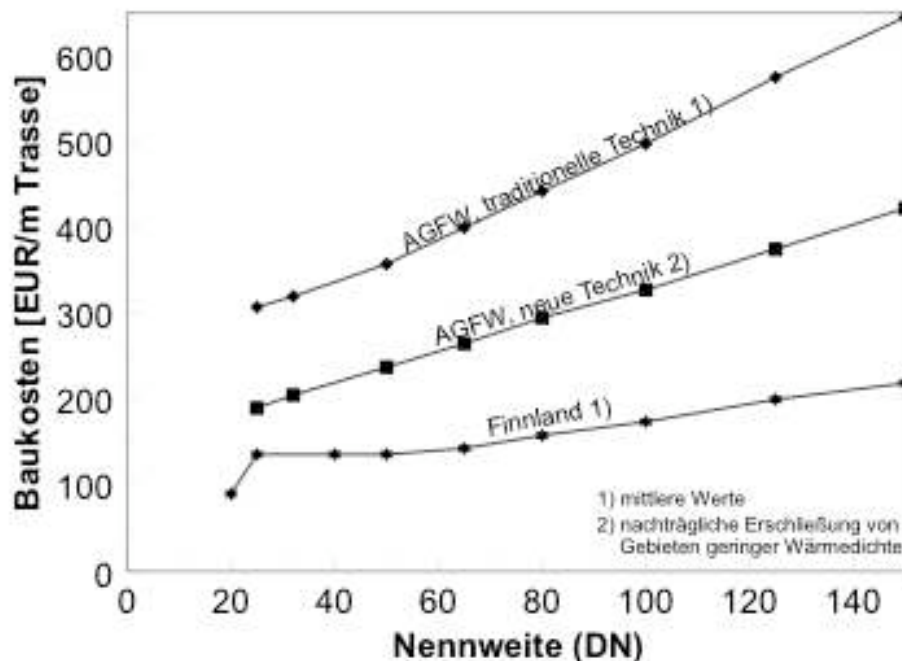


Abbildung 18: Vergleich der Baukosten in Deutschland und Finnland [Sirola 2004; AGFW 1997].

Auch in Deutschland können zukünftig noch geringere Kosten erreicht werden. Wege hierzu wurden bereits in einem Forschungsvorhaben der AGFW nachgewiesen, dessen Ergebnisse ebenfalls in Abbildung 18 dargestellt sind. Neben technischen Möglichkeiten zur kostengünstigeren Leitungsverlegung, die sich in den Forschungsergebnissen der AGFW-Studie spiegeln, gibt es auch eine Vielfalt von organisatorischen Möglichkeiten. Nachteilig sind nach [Alstom 2005] der in Deutschland übliche Einkauf nach Stücklisten, deutsche Sondernormen und die hierzulande außergewöhnliche Kontrollanforderungen. Auch die in Deutschland üblichen Vergabeverfahren (z.B. Vergabe von kleinen Losen anstelle von Großaufträgen, bei denen dann nur noch die spezifischen Kosten je Meter Leitungslänge ausgehandelt werden) dürften sich kostensteigernd auswirken.

Eine technisch relativ junge, aus Schweden kommende Entwicklung, welche sowohl die Kosten als auch die Wärmeverluste verringert, ist das Duo-Rohr, bei welchem Vor- und Rücklauf gemeinsam in einer Leitung integriert sind. Es muss nur noch eine Leitung verlegt werden, sodass ein schmaler und flacher Graben mit weniger Erdaushub möglich wird. Außerdem ergibt sich durch die Verwendung des Duo-Rohr eine bessere Wärmedämmung, sodass auch die Wärmeverluste verringert werden. Bei fortgeschritteneren Systemen ist das Duo-Rohr eiförmig gestaltet, wobei die heiße Vorlaufleitung auf der dickeren, besser isolierten Seite des „Ei's“ verläuft. Noch weitergehende Überlegungen sehen eine dritte, dünnere Leitung innerhalb der gleichen Ummantelung vor, welche im Normalbetrieb als Vorlauf dient und aufgrund ihrer Abmessungen nur noch geringe Wärmeverluste aufweist. Die bisherige dickere Vorlaufleitung wird nur noch an den kältesten Tagen des Jahres zur Deckung von Spitzenlasten benötigt und wird in der übrigen Zeit stillgelegt, sodass sie die meiste Zeit keine Verluste mehr verursacht [Bruus 2004].

Mit Hilfe von Duo-Leitungen wird in Dänemark versucht, mit der Fernwärmeversorgung in Gebiete mit noch geringerer Wärmedichte als bisher vorzustoßen. Bisher lag die Grenze der Wirtschaftlichkeit gegenüber individuellen Ölzentralheizungen bei einer Trassenbelegung von $220 \text{ kWh}/(\text{a} \cdot \text{m}_{\text{Trasse}})$ (= Quotient aus verkaufter Wärme und Trassenlänge). Durch die beschriebenen Verbesserungen soll diese Grenze bis auf $140 \text{ kWh}/(\text{a} \cdot \text{m}_{\text{Trasse}})$ gesenkt werden. In Deutschland liegen die Trassenbelegungen selbst in Fernwärmenetzen, die sich am unteren Rand der hierzulande realisierten Wärmedichten befinden, noch bei $800 \text{ kWh}/(\text{a} \cdot \text{m}_{\text{Trasse}})$ (Ingolstadt /MVV 2005/). Der deutsche Mittelwert liegt bei $4\,050 \text{ kWh}/(\text{a} \cdot \text{m}_{\text{Trasse}})$ /Hauptbericht 2004/, der dänische bei $973 \text{ kWh}/(\text{a} \cdot \text{m}_{\text{Trasse}})$.

Weitere Forschungsvorhaben befassen sich speziell mit der Stabilität der Wärmeleitfähigkeiten des PU-Schaums, welcher bei der Dämmung von Fernwärmeleitungen eingesetzt wird. Hier mussten in der Vergangenheit neue Treibmittel gefunden werden. Die früher als Treibmittel verwendeten FCKW dürfen nicht mehr eingesetzt werden, da diese Gase die Ozonschicht zerstören. Als Ersatz kommen Gase mit geringer Wärmeleitfähigkeit, insbesondere CO_2 oder Cyclopentan in Frage. CO_2 ist das billigere Gas, der anfängliche Nachteil gegenüber Cyclopentan ist nur gering. Da aber das CO_2 -Gas in der Wärmedämmung durch Diffusion wesentlich schneller durch normale Umgebungsluft ersetzt wird als Cyclopentan, kann sich die anfänglich geringe Differenz von 3% nach 10 Jahren auf über 25% erhöhen. Diese Differenz nimmt langfristig wieder ab, da schließlich auch das Cyclopentan durch Luft ersetzt wird. Im Mittel über 30 Jahre kann mit einer Differenz von knapp 20% gerechnet werden [Jarfelt 2004].

Eine weitere Möglichkeit, die Wärmeverluste in Fernwärmeleitungen zu verringern, besteht in der Verwendung von Bettungsmaterialien mit geringer Wärmeleitfähigkeit. Neu auf dem Markt ist hier ein Thermosand, welche aus gemahlenem und danach gebranntem Abraumaterial aus Kohlefördergebieten hergestellt wird. Durch die Einbettung in dieses Material kann ein Leitung der Dämmserie 1 (normale Wärmedämmung) die gleichen Verlustwerte erreichen wie eine Leitung der Dämmserie 3 (extra starke Wärmedämmung) [EH&P 2006].

Weitere Forschungen zur Kosteneinsparung bei der Verlegung von Fernwärmeleitungen befassen sich mit fließfähigem Einbettungsmaterial anstelle von Sand („Weimarer Bodenmörtel“ [Krausewald 2004]) und der Nutzung von schmalen Gräben. Durch flachere und schmalere Gräben, welche in verkehrsarmen Straßen noch hinreichend Schutz für die Leitungen bieten, kann fast die Hälfte des Aushubs eingespart werden [Dahlgren 2004].

Ein weiteres Thema, welches sowohl die Wirtschaftlichkeit als auch die Wärmeverluste betrifft, ist die Schadensüberwachung. Häufig wird hierfür eine in die Fernwärmeleitungen integrierte Lecküberwachung verwendet, welche auf Änderungen der elektrischen Leitfähigkeit des PU-Schaums aufgrund von Durchfeuchtung reagiert. Eine andere, bei geringerer Schadenshäufigkeit kostengünstigere Möglichkeit ist die Überwachung der Fernwärmetrassen mit Thermografie. Etwaige Wärmelecks können so mit Infrarot-Kameras an der Straßenoberfläche detektiert werden. Eine sehr schnelle und kostengünstige Möglichkeit wird in [MVV 2003] beschrieben. Innerhalb von nur zwei Winternächten konnten aus einem Flugzeug der Zustand von 240 km Fernwärmetrasse in den Neuen Bundesländern überprüft werden.

Kunststoffmantelrohre (KMR)

Seit Ende der 60er Jahre verdrängen Kunststoffmantelrohre (industriell vorgefertigte Verbundrohre aus äußerem PE-Mantel, innerem (starren) Stahlrohr und dazwischen liegendem PU-Schaum als Wärmedämmung) das bis dahin üblichen Haubenkanalverfahren, bei welchem die Wärmedämmung erst nach der Verlegung der Stahlrohre angebracht wurde. Heute hat heute diese Rohrart einen Marktanteil von 70% erreicht [AGFW 2005c]. Die damals auf 35 Jahre geschätzte Lebensdauer dieser Rohre wurde inzwischen erreicht. Aus dem heutigen Zustand dieser alten Rohre wird auf eine Gesamtlebensdauer der KMR von bis zu 60 Jahren geschlossen [ZfK 2006]. Das schadensanfälligste Bauteil der KMR sind die Verbindungen zwischen den an der Baustelle angelieferten Rohrstücke. Die jährliche Schadenshäufigkeit ist relativ gering und hat seit 1996 weiter abgenommen von 40 auf nur noch 15 Schäden je 100 km Trasse. Insbesondere die Muffensysteme, mit denen der Mantel zweier Rohrstücke verbunden wird, sind deutlich zuverlässiger geworden. Allerdings werden die Schäden heute zu einem späteren Zeitpunkt als noch vor 10 Jahren entdeckt; früher noch innerhalb der Gewährleistungsfrist der Bauunternehmen, heute meist erst danach. Dies wird auf über das Ziel hinausschießende Einsparungen der Fernwärmeunternehmen im Bereich der Qualitätssicherung zurückgeführt [AGFW 2005c].

Ein kostentreibender Faktor beim Bau von Fernwärmenetzen ist die Kompensation von Temperaturspannungen, welche beim Aufwärmen oder Abkühlen der Stahlrohre entstehen. Gemäß den in Deutschland geltenden technischen Regeln werden daher die Rohrleitungen vorgewärmt, bevor der Graben, in welchem sie verlegt werden, wieder verfüllt wird. Die Rohre sind dann im erkalteten Zustand bereits soweit vorgespannt, dass beim Aufheizen auf Betriebstemperatur keine Verformungen der Stahlrohre mehr auftreten können. Im Rahmen des AGFW-Projektes „Neuartige Wärmeverteilung“ [AGFW 1997] wurde vor 10 Jahren in Weimar mit Tests begonnen, bei welchen auf diese Vorspannung verzichtet wurde. Diese sog. Kaltverlegung hat zur Folge, dass sich die Stahlmediumrohre der KMR beim ersten Aufheizen plastisch verformen können. Die Erwartung, dass diese Verformungen keinen Einfluss auf die Funktionsfähigkeit der Leitungen haben wird, hat sich während der gesamten Laufzeit der Tests bis heute bestätigt [Krausewald 2004]. Ein wichtiger Vorteil der Kaltverlegung ist, dass ein langwieriger Arbeitsschritt bei der Rohrverlegung entfallen kann und somit sog. Tagesbaustellen in den Bereich des Möglichen kommen, d.h., dass die Gräben noch am selben Tage wieder verfüllt werden können an dem sie aufgerissen wurden. Dies hat erhebliche Einsparungen bei der Nachtsicherung der Baustelle und auch bei der sonst notwendigen Bereitstellung von behelfsmäßigen Garageneinfahrten zur Folge. Es hat allerdings den Anschein, dass das kostengünstige Verfahren der Kaltverlegung außerhalb Weimars bisher kaum genutzt wird.

Flexible Rohrleitungen

Flexible Rohrleitungen eignen sich besonders für Hausanschlüsse, da hier deren Vorteile, nämlich das einfache Umfahren von Hindernissen, besonders stark zur Geltung kommt. Auch ein thermisches Vorspannen ist bei flexiblen Leitungen in jedem Fall unnötig. Zusätzlich lassen sich gerade für die kleinen Nennweiten, wie sie für Hausanschlüsse benötigt werden, flexible Rohrleitungen mit engen zulässigen Biegeradien besonders einfach herstellen.

Ein Nachteil von flexiblen Rohrleitungen sind die teuren metallischen Fittings, welche für Abzweige oder das Aneinanderfügen von zwei flexiblen Leitungen benötigt werden. Kostenvorteile der flexiblen Leitungen beschränken sich daher tendenziell auf Rohrdurchmesser kleiner DN 65, da in diesem Bereich die Fittings noch relativ klein und kostengünstig sind.

Es gibt verschiedenen Typen von flexiblen Leitungen, welche sich hauptsächlich durch das Material unterscheiden, aus welchem das sog. „Mediumrohr“ im Inneren der Leitung, durch welches das Fernwärmewasser fließt, unterscheiden. Die Mediumrohre können aus weichem (ausgeglühtem) Kupfer, aus Edelstahl-Wellrohr oder aus Kunststoff (PEX oder Polybutylen) hergestellt sein. Flexible Leitungen mit „Plastik“-Mediumrohr (PMR) sind am kostengünstigsten. Sie sind aber bei der Temperaturbelastung auf maximal 90 °C beschränkt. Außerdem sind möglicherweise Problembereiche wie die Diffusion von Sauerstoff durch die Kunststoffwand des PMR in das Fernwärmewasser und die daraus möglicherweise resultierenden Schäden infolge von Korrosion in den Kundenanlagen oder die Diffusion von Wasser aus dem Mediumrohr in die Wärmedämmung noch nicht abschließend geklärt. Die Verwendung von PMR ist in Deutschland noch relativ selten, in Dänemark dagegen, wo auf die Hausanschlüsse ein viel größerer Anteil am Verteilnetz entfällt als in Deutschland, kommt diese Rohrart üblicherweise zum Einsatz.

Etwa ein Drittel aller Kosten beim Bau von Fernwärmeleitungen entfallen allein auf den Aufbruch und die Wiederherstellung der Straßenoberfläche [MVV 2005]. Diese und weitere Kostenpositionen können mit grabenfreien Verlegeverfahren eingespart werden, bei welchen die Leitungen unterirdisch und ohne Aufbrechen der Oberfläche verlegt werden. Dies verringert auch die Belästigung der Baustellenanwohner erheblich. Untersuchungen der Stadtwerke Mannheim [Göhler 2004] zeigen, dass bei der Verlegung von Fernwärmeleitungen DN 100 gegenüber der traditionellen Verletechnik in offenen Gräben durch das sog. Horizontalspülbohrverfahren ein Drittel der Gesamtkosten eingespart werden können. Dieses technisch sehr elegante Verfahren hat auf der kaufmännischen Seite schwere Rückschläge hinnehmen müssen aufgrund krimineller Machenschaften bei der Buchführung der die Bohrgeräte herstellenden und vertreibenden Firma (Flowtex).

Ein schon länger gebräuchliches Verfahren zur grabenfreien Verlegung ist die Nutzung von sog. Erdraketen. Bei diesem Verfahren wird die Erde – anders als beim Spülbohrverfahren – nicht entfernt sondern verdrängt bzw. komprimiert. Es eignet sich daher nur für kleinere Bohrungsdurchmesser, also insbesondere für Hausanschlüsse. Ein Nachteil dieses Verfahrens ist, dass der Weg des mit Druckluft vom Baustellenkompressor angetriebenen „Rakete“ zwar verfolgt, aber die Richtung des Bohrfortschritts nach Beginn der Bohrung nicht mehr beeinflusst werden kann. So können z.B. Steine die Rakete von ihrem geplanten Weg von Kopfloch zu Kopfloch ablenken.

Alle grabenfreien Verfahren beinhalten gegenüber dem traditionellen Verfahren zusätzliche Risiken, die aus der wechselnden Beschaffenheit der Böden resultieren.

5.1.3 □ Hausstationen

Die Fernwärmeleitungen enden in den Hausstationen, welche sich häufig im Keller des mit Wärme versorgten Gebäudes befinden. Ebenso wie durch einen Öl- oder Gaskessel wird von der Hausstation aus das Gebäude mit Raumwärme und Warmwasser versorgt.

Anschlussarten

Es gibt je zwei verschiedenen Anschlussarten sowohl für die Raumwärme- als auch für die Warmwasserversorgung. Beim „direkten“ Anschluss fließt durch die Heizkörper des Gebäudes das gleiche Wasser wie in den Fernwärmeleitungen. Beim „indirekten“ Anschluss ist der Heizungskreislauf des Gebäudes durch einen Wärmeübertrager von dem Fernwärmekreislauf getrennt. Die Erwärmung von Brauchwasser kann entweder im Durchlaufverfahren in einem Wärmetauscher im Moment der Zapfung erfolgen. Ein Wärmespeicher ist dann nicht erforderlich. Oder es wird ein Wärmespeicher aufgeheizt, wobei nur ein kleinerer Wärmeübertrager erforderlich ist. Am kostengünstigsten ist der direkte Anschluss mit Warmwasserbereitung nach dem Durchflussprinzip.

Der kostengünstigsten Anschlussart stehen folgende Nachteile gegenüber:

- Erhöhte Anforderungen an die Druckfestigkeit und Dichtigkeit der Heizkörper,
- Die Zapfmenge an Warmwasser ist durch die Leistungsfähigkeit des Wärmeübertragers begrenzt. Gelegentlich wird auch von Temperaturschwankungen des Duschwassers aufgrund träger Regelungen in der Hausstation berichtet,
- Bei der Warmwasserbereitung nach dem Durchflussprinzip werden kurzfristig hohe thermische Leistungen nachgefragt. Gemittelt über alle angeschlossenen Gebäude gleichen sich diese Spitzenleistungen aber weitgehend aus. In den deutschen technischen Regelwerken wird dieser über einen sog. Gleichzeitigkeitsfaktor berücksichtigte Ausgleich aber nicht hinreichend gewürdigt, sodass die Planer Leitungen und Heizzentrale größer als eigentlich notwendig auslegen müssen, wenn sie sich gegen Schadensersatzforderungen aufgrund fehlerhafter Systemauslegungen absichern wollen.

Fernablesung und Fernsteuerung

Für die Abrechnung muss beim Kunden der Verbrauch von Fernwärme gemessen werden. Hier sind verschiedene Formen möglich. In der einfachsten Variante, welche früher in Dänemark sehr verbreitet war, wurde nur ein Wassermengenzähler im Rücklauf des Hausanschlusses angebracht und jährlich abgelesen. Heute werden typischerweise Wärmemengenzähler eingesetzt. Diese können mit Signalleitungen mit der Zentrale des Fernwärmeversorgers verbunden sein, so dass eine Fernablesung möglich wird. In der komfortabelsten Variante ist nicht nur eine Fernablesung des Zählers möglich sondern auch eine Steuerung der Hausstation, z.B. bezüglich der Vorlauftemperatur im Hausverteilsystem oder dem Zeitpunkt einer Vollauffladung des Warmwasserspeichers. Durch die Fernübertragung von Massstrom und den Temperaturen im Vor- und Rücklauf der Hausstation werden auch Tarife möglich, die niedrige Rücklauftemperaturen begünstigen, was sich u.a. auf die Netzverluste günstig auswirkt. Auch für Solare Nahwärme, Geothermie und die Brennwertnutzung sind niedrige Rücklauftemperaturen sehr vorteilhaft.

Fernabfrage und Fernsteuerung der Hausstationen ermöglichen auch neue Angebote beim Kundenservice: Es kann eine Energieberatung erfolgen. Z.B. kann anhand von Vergleichen mit ähnlichen, ebenfalls an die Fernwärme angeschlossenen Gebäuden festgestellt werden wo offensichtlich unnötig Wärme verloren geht. Es gibt Beispiele, wo Schulen ihren Stundenplan an die Heizzentrale des Nahwärmenetzes übermitteln, anhand dessen von der Heizzentrale aus die Vorlauftemperaturen so eingestellt werden, dass automatisch eine unnötige Beheizung in den Zeiten verringert oder verhindert wird, zu denen keine Lehr- oder sonstigen Veranstaltungen stattfinden.

Die vielfältigen Konfigurationsmöglichkeiten von Hausstationen können sich auch ungünstig auswirken. In Deutschland gibt es zwischen den verschiedenen Fernwärmeversorgern teilweise deutlich unterschiedliche Anforderungen an die in ihren Netzen eingesetzten Hausstationen. Dies behindert eine Standardisierung und damit auch die kostengünstige industrielle Herstellung von Hausstationen in Großserien. Die AGFW versucht, hier einheitliche Standards zu schaffen.

Aufgrund der geringen Zubauraten in Deutschland im Bereich der Wärmenetze kommt der deutschen Fernwärmeforschung nur eine begrenzte Bedeutung zu. Dennoch wurden von der AGFW für Deutschland wichtige Forschungsgebiete identifiziert. Hierzu gehören neben den bereits weiter oben ausführlicher beschriebenen Themen [AGFW 2005c]:

- Untersuchungen des Einflusses von Feuchtigkeit in der Wärmedämmung auf die Restlebensdauer von KMR
- (Mechanische) Optimierung von T-Abzweigen
- Nutzung der KMR-Technologie für den Kälteeinsatz
- Praktischer Nachweise der Ansprechschwelle von Überwachungs-/Fehlerortungssystemen.

5.2 Auskopplung von Wärme aus Großkraftwerken inklusive der Frage der Entwicklung der Stromkennzahl

5.2.1 □ Perspektivische Entwicklung konventioneller fossiler Anlagen

Kondensations-GuD-Anlagen mit einer Blockleistung von 500 MW_{el} weisen mit rund 58 % den derzeit höchsten elektr. Wirkungsgrad aller verfügbaren Kraftwerkstechnologien auf. Bis zum Jahr 2030 wird noch eine Steigerung auf ca. 63 % erwartet. Kleinere GuD-Anlagen (200 MW_{el}), welche mit einer Entnahmekondensationsturbine im KWK-Modus gefahren werden, erreichen heutzutage Spitzenwerte von rund 54 % im reinen Kondensationsbetrieb (2030: 59 %) und noch 45 % bei max. Wärmeauskopplung. Bei unverändertem Gesamtwirkungsgrad von 89 % ist damit zu rechnen, dass die Stromkennzahl zukünftiger Anlagen an-

steigen wird und elektr. Wirkungsgrade bei max. Wärmeauskopplung von 47 % bis zum Jahr 2030 realisiert werden können¹⁹.

Moderne, große Dampfturbinen-Kohlekraftwerke erreichen heute elektr. Wirkungsgrade (im reinen Kondensationsbetrieb) von 47 %²⁰ (Steinkohle) bzw. 45 % (Braunkohle)²¹ [Enquete 2002]. Für weiter entwickelte Kraftwerke werden bis zum Jahr 2030 Wirkungsgradsteigerungen auf 52 % für einen 800 MW_{el}-Steinkohle-Block bzw. auf 50 % für einen 1.050 MW_{el}-Braunkohle-Block für technisch möglich gehalten. Für eine Steinkohle-KWK-Anlage mit Entnahmekondensations-Turbine ist perspektivisch eine Erhöhung des max. elektr. Wirkungsgrades von derzeit ca. 43 % auf 46 % in den nächsten 30 Jahren als realistisch anzusehen. Der Wirkungsgrad bei max. Wärmeauskopplung würde dann von 35 % auf 37 % anwachsen. Ähnlich wie bei den Erdgas-KWK-Anlagen wird auch bei zukünftigen Kohlekraftwerken von einer ansteigenden Stromkennzahl bei einem ebenfalls konstant bleibendem Gesamtwirkungsgrad (hier: 88 %) ausgegangen.

In Tabelle 7 sind die oben beschriebenen Annahmen zur Entwicklung zukünftiger Wirkungsgrade von Erdgas- und Kohlekraftwerken dokumentiert. Die dargestellten Wirkungsgradverbesserungen sind im wesentlichen das Ergebnis prozesstechnischer (z.B. Einsatz von Rekuperatoren), werkstofftechnischer (ermöglicht höhere Dampfprozesstemperaturen von über 600 °C) und strömungstechnischer (z.B. verbesserte Beschaukelung) Optimierungsansätze. Zusätzlich sind Angaben über spez. Investitionskosten gemacht, die auf das Jahr 2000 abgezinst sind. Die Bandbreite der Kosten liegt zwischen 425 €/kW_{el} beim Erdgas-GuD-Kraftwerk im Jahr 2030 und 1.175 €/kW_{el} beim Braunkohle-Kondensationskraftwerk des Jahres 2000.

¹⁹ Dies unterstellt allerdings einen vollständigen Neubau und nicht die Teilsanierung von Alt Komponenten, die zwangsläufig zu geringeren Wirkungsgraden führt.

²⁰ Beispiel Steinkohle: Der in 2002 gebaute 485 MW_{el}-Steinkohle-Block Avedøre II in Dänemark erreicht mit Seewasserkühlung (ca. +2 Prozent-Punkte) rund 48 % Wirkungsgrad.

²¹ Beispiel Braunkohle: Das 2002 gebaute 950 MW_{el}-Braunkohlekraftwerk Niederaußem mit optimierter Anlagentechnik (BoA-1) und 45 % Wirkungsgrad.

Tabelle 7: Annahmen zur zukünftigen Entwicklung von Leistungen, Wirkungsgraden und Investitionskosten fossiler Kraftwerke [Prognos / IER / WI 2001] bzw. [Enquete 2002]

Zukünftige Entwicklung fossiler Kraftwerke			2000	2010	2020	2030
Steinkohle-Kondensation	Elektr. Leistung	[MW _{el}]	800	800	800	800
	Elektr. Wirkungsgrad	[%]	46,0	47,0	50,0	52,0
	Spez. Investitionskosten	[€ ₂₀₀₀ /kW _{el}]	870	865	880	870
Braunkohle-Kondensation	Elektr. Leistung	[MW _{el}]	965	1.050	1.050	1.050
	Elektr. Wirkungsgrad	[%]	44,5	45,0	50,0	50,0
	Spez. Investitionskosten	[€ ₂₀₀₀ /kW _{el}]	1.175	920	930	920
Erdgas-GuD	Elektr. Leistung	[MW _{el}]	400	500	500	500
	Elektr. Wirkungsgrad	[%]	57,5	60,0	62,0	63,0
	Spez. Investitionskosten	[€ ₂₀₀₀ /kW _{el}]	460	435	430	425
Erdgas-Entnahme-kondensation (KWK)	Max. elektr. Leistung ¹⁾	[MW _{el}]	200	200	200	200
	Elektr. KWK-Leistung ²⁾	[MW _{el}]	167	167	159	159
	Max. therm. Leistung	[MW _{th}]	167	163	148	142
	Max. elektr. Wirkungsgrad ¹⁾	[%]	54,0	56,0	58,0	59,0
	Elektr. KWK-Wirkungsgrad ²⁾	[%]	45,0	45,0	46,0	47,0
	Therm. KWK-Wirkungsgrad ²⁾	[%]	44,0	44,0	43,0	42,0
	Spez. Investitionskosten	[€ ₂₀₀₀ /kW _{el}]	615	583	552	522
Steinkohle-Entnahme-kondensation (KWK)	Max. elektr. Leistung ¹⁾	[MW _{el}]	500	500	500	500
	Elektr. KWK-Leistung ²⁾	[MW _{el}]	429	429	400	402
	Max. therm. Leistung	[MW _{th}]	583	650	578	554
	Max. elektr. Wirkungsgrad ¹⁾	[%]	42,5	44,0	45,0	46,0
	Elektr. KWK-Wirkungsgrad ²⁾	[%]	35,0	35,0	36,0	37,0
	Therm. KWK-Wirkungsgrad ²⁾	[%]	53,0	53,0	52,0	51,0
	Spez. Investitionskosten	[€ ₂₀₀₀ /kW _{el}]	1.110	1.104	1.099	1.094

¹⁾ im reinen Kondensationsbetrieb

²⁾ bei max. Wärmeauskopplung

5.2.2 □ Entwicklung neuer Kraftwerkstechnologien (inkl. Polygeneration)

Neben der in Kap. 5.2.1 aufgezeigten „evolutionären“ Entwicklungsmöglichkeiten konventioneller fossiler Kraftwerke (mit Wirkungsgradsteigerungen moderner Kohlekondensationskraftwerke der zweiten Generation auf 50% und mehr) sind zukünftig ggf. weitere Wirkungsgradsprünge durch den Übergang auf alternative Kraftwerkskonzepte erreichbar.

Beispiele für solche neuen Konzepte sind die druckaufgeladene stationäre Wirbelschichtfeuerung (DWSF) oder die Druckkohlenstaubfeuerung, die beide auf einem Kombiprozess, also der Erweiterung der herkömmlichen Dampfturbinenanlage um eine Gasturbinenkomponente, basieren.

Vor allem im Verbund mit einer etwaigen späteren Einführung einer CO₂-Entsorgung könnte sich strategisch auch der Übergang auf Kohlekraftwerke mit integrierter Vergasung (IGCC²²) als positiv erweisen, die eine einfachere und damit ggf. kostengünstigere Abtrennung des CO₂ vor der eigentlichen Verbrennung erlauben.

Im Kontext der Weiterentwicklung der IGCC-Technik bietet sich außerdem die Möglichkeit über den Einstieg in die kohlebasierte Synthesegas- bzw. Wasserstoffwirtschaft wesentliche Impulse für die Ausweitung der Wertschöpfungskette über die reine Stromerzeugung hinaus zu setzen und auch industrielle Rohstoffe oder Ausgangsprodukte für die Kraftstoffsynthese bereitzustellen (vgl. Abbildung 19). Polygeneration-Kraftwerke mit verschiedenen Eingangs-

²² IGCC: Integrated Gasification Combined Cycle

produkten (Kohlevergasung, Biomassemitverbrennung, Multi-Fuel-Konzepte) und verschiedenen Ausgangsprodukten (Strom, Wärme, Kälte, Synthesegase / Alternative Kraftstoffe) wären damit darstellbar.

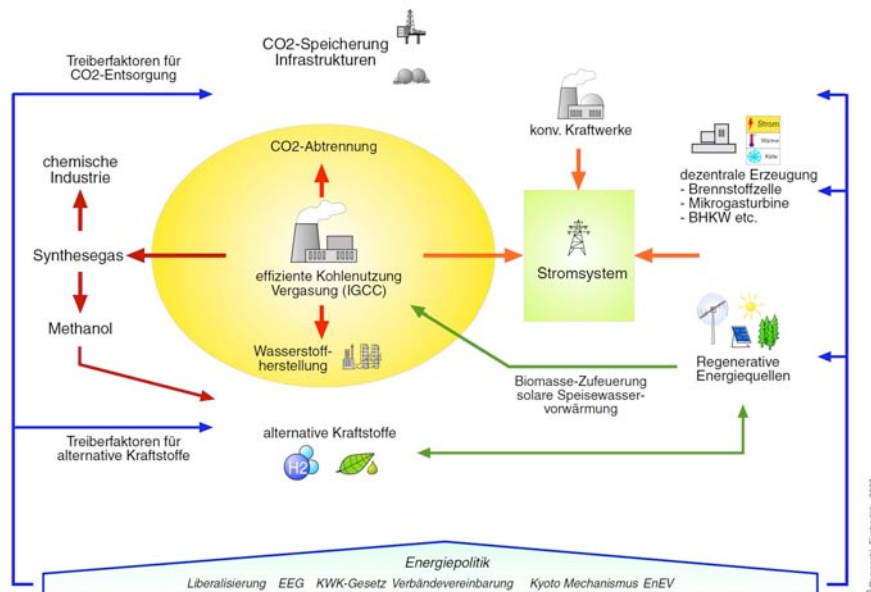


Abbildung 19: IGCC-Kohlekraftwerke als Einstieg in die kohlebasierende Synthesegas- und Wasserstoffwirtschaft (Polygeneration) Quelle: [WI 2004]

5.2.3 □ Perspektivische Entwicklung der Stromkennzahl

Im Gebäudebereich sind noch erhebliche Einsparpotenziale zur Reduzierung des Heizwärmebedarfs (bis zu 90 %, d.h. Faktor 10 in der Effizienz) vorhanden. Im Nachhaltigkeitsszenario wird davon ausgegangen, dass ein erheblicher Teil dieser Potenziale bis 2050 gehoben wird. Dies bedeutet, dass trotz eines postulierten Ausbaus des Fernwärmenetzes die abgesetzte Fernwärmemenge bis 2030 nur geringfügig ansteigen und von da an sogar rückläufig sein wird. Um so wichtiger ist daher, dass mittelfristig KWK-Anlagen mit hohen Stromkennzahlen den Markt durchdringen, so dass trotz sinkenden Wärmebedarfs die KWK-Strommenge beträchtlich zunehmen kann. Mit hocheffizienten konventionellen Anlagen (z.B. GuD-Anlagen), aber auch mit neuen Technologien (z.B. Brennstoffzellen) könnte die mittlere Stromkennzahl (in Abbildung 10 mit „s“ bezeichnet) von derzeit rund 0,5 auf über 1,0 im Jahr 2050 gesteigert werden.

5.3 Integration zusätzlicher Wärmesenken (z.B. KWKK)

Neue Anwendungen, insbesondere die Nutzung von Fernkälte auf der Basis dezentraler Absorptions-Kältemaschinen, könnten in Zukunft an Bedeutung gewinnen. Diese Option könnte insbesondere im Contracting für Industrie- und Gewerbekunden interessant sein. Da der Kühlbedarf in den Sommermonaten am höchsten ist, ließe sich die Überschusswärme der Heizkraftwerke optimal zu Kühlzwecken nutzen.

Die Stadtwerke Schwäbisch Hall GmbH haben diesen Weg beschritten und füllen nun in ihrem Fernwärmenetz die Wärmelast-Täler der Sommermonate teilweise mit dem Prozesswärmebedarf von Absorptionskältemaschinen beim Kunden, in diesem Fall die Bausparkasse Schwäbisch Hall AG, auf (s. Abbildung 20).

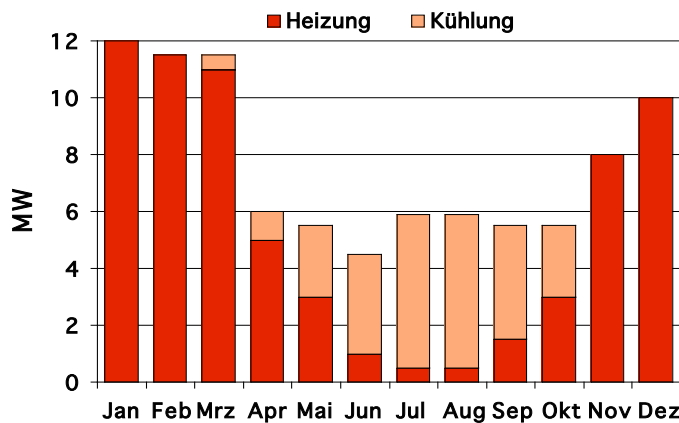


Abbildung 20: Jahresganglinie der benötigten Wärmeleistung der Bausparkasse Schwäbisch Hall AG

Quelle: Stadtwerke Schwäbisch Hall GmbH

Abbildung 21 zeigt das Energieflussbild mit den Komponenten GuD-Anlage und Absorptionskälteanlage und den Energieströmen von der Primärenergie (13.000 MWh) über die gekoppelte Strom- (4.500 MWh) und Fernwärmeerzeugung (5.900 MWh) bis hin zur (Fern-)Kälte (4.000 MWh).

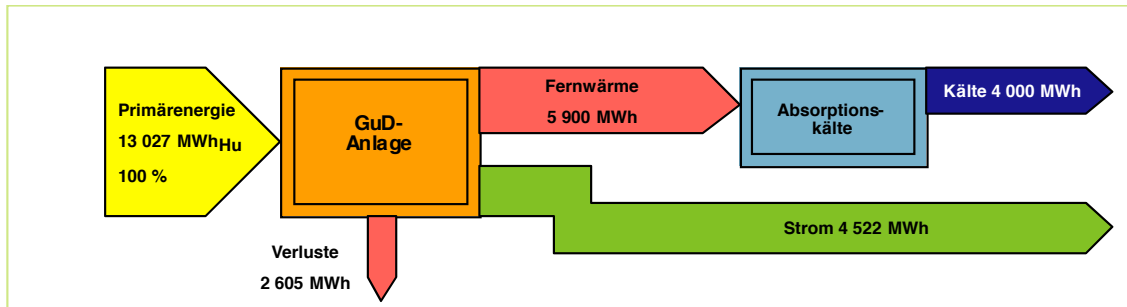


Abbildung 21: Energieflussbild der Kälte- und Stromversorgung

Quelle: Stadtwerke Schwäbisch Hall GmbH

Ausschlaggebend für die Investition der Stadtwerke Schwäbisch Hall in die Fernwärme-Kälteversorgung waren neben den ökologischen Vorteilen (geringerer Primärenergiebedarf gegenüber elektrisch betriebenen Kompressorkältemaschinen, geringerer CO₂-Ausstoß) auch ökonomische Gründe, die aus der verbesserten Auslastung der KWK-Anlage resultieren.

Da in den letzten zehn Jahren bedeutende Fortschritte bei den alternativen Kühltechnologien zu verzeichnen sind (u.a. Vorstoß in kleinere Leistungsbereiche), erscheint eine intensivere Auseinandersetzung mit dem Thema sinnvoll. Parallel dazu ist auf der Nachfrageseite in Folge der Klimaerwärmung zukünftig mit einem erhöhten Klimatisierungsbedarf zu rechnen.

5.4 Optionen der (anteiligen) Bereitstellung der Fernwärme durch EE bei der Erneuerung von Anlagen zur zentralen Erzeugung von Wärme

Fernwärmesysteme sind heute in der Regel durch einen genau fixierten Basisbrennstoff gekennzeichnet, häufig fossile Energieträger. Perspektivisch denkbar für die Zukunft ist aber, dass derartige Fernwärmesysteme anteilig auf erneuerbare Energieträger zurückgreifen. Dieses kann beispielsweise durch die Ko-Verbrennung von Biomasse oder Biogas in Kohle- respektive Erdgaskraftwerken erfolgen oder über die Einbindung von Wärme aus solarthermischen oder geothermischen Anlagen. Ansätze dazu sind nachfolgend aufgeführt. Eine darüber hinaus gehende ausführliche Betrachtung von Biomasse und Geothermie erfolgt in späteren separaten Kapiteln.

5.4.1 □ Co-Firing (Beifeuerung Biomasse)

Schon heute werden im Bereich Co-Firing (Beifeuerung Biomasse) europaweit (z. B. Niederlande, Österreich, Schweden, Finnland, Dänemark) und in den USA Akzente gesetzt²³. In den Niederlanden wurde im Jahr 2000 eine Vereinbarung zwischen der Regierung und den Kraftwerksbetreibern mit dem Ziel geschlossen, Kohlekraftwerke bis zum Jahr 2010 CO₂-effizienter zu machen als Gaskraftwerke [Reiche 2002]. Zu diesem Zweck soll die Biomasse mitverbrennung zum Einsatz kommen. In Deutschland wird bereits seit längerem über die Einbindung der Biomassezufeuerung in das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) diskutiert, europaweit entstehen auch durch das Weißbuch Erneuerbare Energien Impulse in diese Richtung. Letztlich schafft die im Dezember 2002 beschlossene Einführung eines EU-Emissionshandelssystems als eine - neben der Wirkungsgraderhöhung - weitere Form der CO₂-Minderungsoptionen in Kraftwerken indirekte Anreize für die Zufeuerung. Je nach verfolgtem Konzept liegen die zusätzlichen Investitionskosten bei 60 bis 120 €/kW_{el}, wenn Biomasse direkt mit dem Regelbrennstoff gemischt und in den Verbrennungsraum eingebracht wird, bzw. 190 bis 220 €/kW_{el}, wenn eine zusätzliche Biomassezufuhreinrichtung oder gar eine Kessel- oder Vergasereinheit benötigt wird [Schillig 2003]. Bis zu 10 % Biomassebeifeuerung (nach Energiegehalt) ist i.d.R. ohne Beeinträchtigung der Verbrennung möglich. Dabei werden in modernen Kohle-Großkraftwerken elektr. Wirkungsgrade bis zu etwa 42 % erreicht. Große Anlagen mit reiner Biomassefeuerung erzielen Wirkungsgrade von ca. 30 bis 33 %. In den USA, Dänemark und Schweden werden sowohl Anlagen mit Zufeuerung von bis zu 50 % als auch im reinen Biomassebetrieb erfolgreich erprobt [Gaderer 2003].

Andere Möglichkeiten bestehen in der Zufeuerung von Reststoffen aus Industrie und Gewerbe. Beispielsweise wurde am LEAT -Lehrstuhl der Universität Bochum (Lehrstuhl für Energieanlagen und Energieprozesstechnik) die Beifeuerung textiler Stäube in einer ZAWSF (Zirkulierende Atmosphärische Wirbelschichtfeuerung) untersucht.

Als dritte Möglichkeit kommt die Co-Verbrennung von Klärschlämmen in Betracht, welche lt. Biomasse-Verordnung nicht als Biomasse gelten. Die zur Klärschlammaufbereitung notwen-

²³ Anlagen mit Biomassezufeuerung befinden sich z. B. in St. Andrea (Österreich) – 124 MW_{el} Kohlekraftwerk mit 10 MW_{th} Biomassefeuerungsleistung (Treppenwanderroste); Kraftwerke Gelderland (Niederlande) – 635 MW_{el} Kohlekraftwerk mit 4*20 MW_{th} Spezialholzstaubbrennern; Kohlekraftwerk Amercentrale in Gertruidenburg (Niederlande) mit 30 MW_{el} Holzvergaser auf Basis zirkulierender Wirbelschichtvergasung.

digen Technologien sind seit Jahrzehnten großtechnisch erprobt. Ein Ersatzbrennstoff aus Klärschlamm lässt sich in einer Großstadt mit 200.000 Einwohnern (entsprechend rund 5.250 t_{TM}/a Klärschlammaufkommen) ohne Betrachtung der Entsorgungskosten zu Preisen von ca. 150 EUR/t Trockenmasse (TM) realisieren. Seit 2005 ist die Deponierung von Klärschlämmen verboten. Um öko- und humantoxikologische Risiken zu vermeiden, ist eine energetische Verwertung jedoch nur dann ratsam, wenn die verwendete Feuerungsanlage nach der 17. BImSchV genehmigt ist [Arlt 2003].

Für alle drei aufgezeigten Optionen müssen bei der Prüfung der technischen und ökonomischen Realisierbarkeit insbesondere auch logistische Fragestellungen zum ausreichenden Bezug, zum Transport und zur Lagerung von Ersatzbrennstoffen gelöst werden.

5.4.2 □ Biomasse-HKW / -Vergasung

Biomasse ist ein erneuerbarer Energieträger, der aus einer Vielzahl pflanzlicher und tierischer Primär- oder Sekundärquellen gewonnen werden kann (Land- und Forstwirtschaft, Reststoffe aus der Industrie, Gewerbe und Haushalte etc.). Die Speicherbarkeit des Brennstoffs ermöglicht z.B. den Einsatz regelbarer Biomasse-Kraftwerke für eine Ausgleichsfunktion zwischen Stromangebot und –nachfrage. Dies gewinnt insbesondere bei steigenden Anteilen fluktuierender erneuerbarer Energieträger an Bedeutung.

Als Biomasseträger kommen

- Unbehandelte Resthölzer (Holzhackschnitzel, Sägemehl / Holzpellets)
- Industrielle Althölzer
- Waldresthölzer
- Getreidestroh
- Kurzumtriebsplantagenholz
- Energiegetreide (Ganzpflanzenpellets)
- Organische Abfälle (Essensreste) und Ausscheidungen (Gülle)
- Grünabfall

in Betracht.

Wie bereits in Abschnitt 5.4.1 erwähnt, kann über die Beifeuerung von Biomasse (Co-Firing) hinausgehend ein (neu zu bauendes) Kraftwerk auch zu 100 % mit Biomasse versorgt werden.

Folgende Nutzungsformen der Biomasse werden unterschieden:

- Verbrennung (feste Biomasse)
- Vergasung (Gase aus fester Biomasse)
- Verfaulung / Vergärung (Bio-, Klär- und Deponiegase)
- Ölgewinnung (flüssige Treibstoffe)

Bei der Verbrennung fester Biobrennstoffe wird die freigesetzte Wärmeenergie entweder direkt in einem Stirlingmotor-Prozess genutzt oder aber zur Erzeugung von Prozessdampf in einem Dampferzeuger eingesetzt. Der Dampf kann entweder in einer konventionellen Dampfturbine (größere Anlagen im MW-Bereich) oder in einem kleineren Dampfmotor entspannt werden.

Die Biomassevergasung bietet darüber hinaus die Möglichkeit der Effizienzsteigerung bei der Verstromung fester biogener Energieträger in Gasmotoren oder Gasturbinen gegenüber der bisher üblichen Form des Einsatzes in Dampfkraftwerken. Die Hauptkomponente "Vergasung" ist universell nutzbar und wird im Zusammenhang mit "Synthesegasrouten" sowohl bei der Erzeugung von biogenem Wasserstoff als auch Biokraftstoffen (BTL) eingesetzt. Hierfür sind jedoch aus ökonomischen Gründen größere Anlagen sinnvoll. Größtes technisches Problem ist die teilweise noch unzureichende Gasqualität für motorische Anwendungen.

In Verfaulungs- und Vergärungsprozessen aus Klärschlamm bzw. biologischen Abfällen gewonnenes Biogas muss ebenfalls ausreichend von ungewünschten Begleitstoffen (insbesondere Schwefelverbindungen) gereinigt werden.

Die Ölgewinnung aus ölhaltigen Pflanzen (insbesondere Raps, ggf. unter Veresterung zu Biodiesel RME) (Raps-Methyl-Ester) ist eine Methode zur Herstellung von flüssigen Biotreibstoffen, die - außer im Verkehrssektor - auch zum Antrieb stationärer KWK-Motoren genutzt werden können.

Die Verwendung von Biomasse bzw. Biogas wird im Rahmen des KWK- und im Rahmen des EEG-Gesetzes finanziell gefördert.

Wenn Biomasse in größerem Maße als Brennstoff für zentrale HKW-Anlagen genutzt werden soll, muss geprüft werden, ob ausreichende Versorgungs-, Transport- und Lagerungskapazitäten vorhanden sind bzw. geschaffen werden können. Für einen generellen Ausbau der Biomassenutzungspotenziale in der Region ist es ferner wichtig, alle betreffenden Kompetenzen und Akteure beispielsweise im Rahmen eines Kompetenzzentrums, eines Logistikzentrums oder eines freien Netzwerkes miteinander zu verknüpfen²⁴.

²⁴ Als positives Beispiel kann hier der in der Region Hannover initiierte „Vertriebshof für Holzbrennstoffe und Biomasse“ in Vahrenheide und die „REGBIE-Kampagne“ zur Vermarktung fester Bioenergieträger in der Region Hannover (Laufzeit Oktober 2003 bis Oktober 2005) genannt werden.

5.4.3 □ Geothermische Wärmeherzeugung

Neben der Biomasse bietet auch die Erdwärme eine grundlastfähige und erneuerbare Energieversorgung. Die tiefe Erdwärme kann zur reinen Wärmebereitstellung oder - in gekoppelter Fahrweise - zusätzlich zur Stromerzeugung genutzt werden.

Zwei Beispiele zur geothermischen Wärmeversorgung von großen Gebäuden (Beispiel 1) bzw. Nahwärmenetzen (Beispiel 2) sollen im folgenden kurz vorgestellt werden:

Beispiel 1: Geothermieprojekt SuperC (RWTH Aachen)

Bei der RWTH Aachen soll das künftig gebaute Studentische Service-Center („SuperC“ genannt) zu rund 80% mit Wärme und Kälte von einer Erdwärmesonde in ca. 2.500 m Tiefe versorgt werden. Im äußeren Stahlrohr der Sonde strömt kaltes Wasser in die Tiefe, erwärmt sich und gelangt vom Bohrlochgrund über ein zentrales Förderrohr wieder an die Oberfläche. Innerhalb des SuperC-Gebäudes durchläuft das geförderte, 70 °C warme Wasser während der Heizperiode nacheinander Konvektoren, Decken- und Fußbodenheizung (Kaskadensystem). Im Sommer sichert die thermische Leistung der Bohrung (480 kW) die Gebäudekühlung durch eine Adsorptionskältemaschine. Nach Abgabe der Wärme wird das Wasser wieder in die Erdwärmesonde geleitet (geschlossenes System). Die projektierte geothermisch bereitgestellte Wärmemenge von 620 MWh/a entspricht etwa dem Bedarf von 200 Einfamilienhäuser und vermeidet so jährlich den Ausstoß von mehr als 300 t CO₂.



Abbildung 22: Geothermische Bohrung an der RWTH Aachen zur Wärme- und Kälteversorgung des Super-C-Centers

Quelle: www.superc.rwth-aachen.de

Zur Finanzierung des Geothermieprojekts SuperC mit einem Investitionsvolumen von 5,1 Mio. € konnten Fördermittel aus dem LIFE III Programm der EU und dem REN-Programm des Landes Nordrhein-Westfalen eingeworben werden. Das Pilotprojekt demonstriert die wirtschaftlichen und ökologischen Vorteile der Geothermie für Großgebäude. Der projektierte Anlagentyp reduziert die Emissionen um 90% und ist standortunabhängig hochgradig reproduzierbar.

Beispiel 2: Geothermieprojekt Messestadt Riem (Stadtwerke München GmbH)

Die Stadtwerke München GmbH (SWM) versorgen über fünf große miteinander verbundene Fernwärmenetze und zwei kleinere Inselnetze über 8.500 Kunden mit einem Anschlusswert

von etwa 2.600 MW_{th}. Die Fernwärmeerzeugung liegt bei 4.800 GWh jährlich, davon etwa 85 % aus umweltschonender Kraft-Wärme-Kopplung.

Eines der Inselnetze dient der Versorgung der Messestadt Riem²⁵ mit einem Anschlusswert im Endausbau von voraussichtlich 45 MW_{th}. Das jetzige, mit zwei Erdgaskesseln betriebene Heizwerk und das Nahwärmenetz wurden bereits für die spätere Erweiterung um die Geothermienutzung ausgelegt (u.a. angepasste Vorlauftemperaturen von 70 – 90 °C und Rücklauftemperaturen von 45 °C). Im Endzustand deckt die Geothermie mit einer Leistung von 6 – 8 MW_{th} den Grundlastwärmebedarf, während die Kessel nur noch als Reserve und für die Spitzenlast benötigt werden. In einer vorsichtigen Prognose deckt die Geothermie dann etwa 45.000 MWh des jährlichen Gesamtwärmebedarfs von 80.000 MWh im Nahwärmenetz. Auf diese Weise können etwa 12.000 t CO₂ jährlich an Emissionen eingespart werden.

Als geothermische Quelle wird über zwei 3.000 m tiefe Bohrungen warmes Tiefengrundwassers im Malmkarst des oberbayrischen Molassebeckens angezapft. Das geförderte Wasser wird vollständig reinjiziert. Die erste Bohrung ergab eine Thermalwassertemperatur von über 90 °C bei einer Förderrate von mindestens 50 Litern/s.

BEST PRACTICE: Erdwärme-Wohnprojekt Köln/Niehl

In Köln Niehl plant die GAG Immobilien AG bis 2009 auf dem ehemaligen Siemensgelände den Bau von rund 100 Eigentumswohnungen, 232 öffentlich geförderten Wohnungen und 50 Eigenheimen, die allesamt mit Erdwärme geheizt werden sollen. Um den Jahresprimärenergieverbrauch niedrig zu halten, sollen alle Gebäude als KfW-Energiesparhäuser 60 (Verbrauch unter 60 kWh Primärenergie pro m²) errichtet werden. Die Gesamtinvestitionskosten liegen bei 74 Millionen Euro.

5.4.4 □ Geothermische Stromerzeugung (Hot-Dry-Rock-Kraftwerk)

Während die Nutzung heißer unterirdischer Wasserquellen das Vorhandensein geothermischer Anomalien voraussetzt, kann beim sog. Hot-Dry-Rock-(HDR)-Verfahren nahezu standortunabhängig die Wärme kristallinen Gesteins genutzt werden. Beim HDR-Verfahren wird eine mehrere 1.000 m tiefe Bohrung vorgenommen und anschließend die unterirdische heiße Gesteinsformation hydraulisch aufgesprengt. In das entstehende Kluftnetz, welches wie ein großer unterirdischer Wärmetauscher funktioniert, wird durch das Bohrloch kaltes Wasser injiziert und über ein zweites Rohr wieder heiß (100 – 200 °C) nach oben gepumpt. Das Heißwasser kann über einen Organic-Rankine-Cycle- oder einen Kalina-Dampfturbinenprozess²⁶ zur Stromerzeugung bei gleichzeitiger Wärmeauskopplung genutzt werden. Tabelle 8 zeigt mögliche Funktionen von HDR-Anlagen im Gesamtenergiesystem.

²⁵ Auf dem Gelände des ehemaligen Flughafens München-Riem wächst seit einigen Jahren – in der Nachbarschaft der Neuen Messe München – die Messestadt Riem, ein neuer Stadtteil für 16.000 Bewohner. Neben Wohn- und Gewerbegebieten entsteht ein großzügiger Landschaftspark, in dem 2005 die Bundesgartenschau stattgefunden hat.

²⁶ Bei beiden Verfahren handelt es sich um thermodynamische Prozesse, die als Arbeitsmittel in der Dampfturbine ein organisches Fluid (ORC-Prozess) bzw. ein Ammoniak-Wasser-Gemisch (Kalina-Prozess) anstelle

Tabelle 8: Funktion und Bedeutung von HDR-Kraftwerken im Energiesystem [WI 2004]

Funktion im Stromsystem	Funktion im Wärme/Kältesystem	sonstige Funktionen	Rolle für nachhaltiges Energiesystem
Grund- und Mittellast Beitrag zur Stromerzeugung: mittelfristig 5% möglich Einbindung ins Mittel-/Hochspannungsnetz	Temperaturbereich NT<200°C: •Raumwärme / Warmwasser •Dampf •Heißluft •Kälte		regenerative Stromerzeugung im Grund- und Mittellastbereich, kurzzeitig auch Spitzenlast möglich, da schnell regelbar Beitrag zur Versorgungssicherheit, da unabhängig von fossilen Brennstoffen

Für geothermisch erzeugten Strom wurde mit der Novellierung des Erneuerbaren-Energie-Gesetzes (EEG) 2004 die bestehenden Vergütungssätze ($> 20 \text{ MW}_{\text{el}}$: 7,16 Ct/kWh und $\leq 20 \text{ MW}_{\text{el}}$: 8,95 Ct/kWh) um die Vergütungssätze für kleinere Anlagen ($\leq 10 \text{ MW}_{\text{el}}$: 14,00 Ct/kWh und $\leq 5 \text{ MW}_{\text{el}}$: 15,00 Ct/kWh) ergänzt und somit die Chancen für die Erschließung geothermischer Stromerzeugungspotenziale deutlich verbessert.

Verschiedene Pilot- und Demonstrationsvorhaben sind in Deutschland bereits umgesetzt bzw. in Entwicklung (s. Tabelle 9). U.a. wird in dem „PROMETHEUS-Projekt“ an der Bochumer Ruhr-Universität die Machbarkeit einer HDR-Anlage in einer Sedimentformation mit Wärmeeinspeisung in das vorhandene Fernwärmesystem zur Grundlastversorgung der Universitätsgebäude sowie der angrenzenden Universitätswohnstadt geprüft²⁷. Die Systemanalyse im Rahmen der „Landesinitiative Zukunftsenergien NRW“ sowie des EU-Programms „Ziel II Phase V“ hat ergeben, dass bei ausschließlicher Wärmenutzung rund 60.000 MWh_{th} (entsprechend 20 % des Gesamtwärmebedarfs) geothermisch bereitgestellt werden könnten [BWK 2004].

von Wasser nutzen. Dadurch ist bereits ab Temperaturen von etwa 90°C eine Stromerzeugung möglich, allerdings bei eingeschränkten elektrischen Wirkungsgraden von ca. 10 bis 20 %.

²⁷ www.prometheus-rub.com

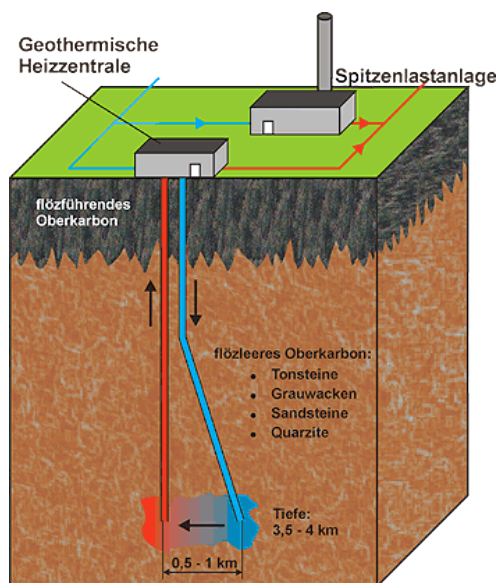


Abbildung 23: Schema zur Nutzung geothermischer Wärme in einer Sedimentgesteinsformation nach dem HDR-Prinzip (PROMETHEUS-Projekt) (Erläuterungen zur Abbildung siehe Kapitelanfang)

Quelle: www.prometheus-rub.com

Tabelle 9 gibt eine Übersicht über weitere aktuelle Aktivitäten im Bereich der gekoppelten geothermischen Strom- und Wärmeerzeugung. In den BINE-Infos des Fachinformationszentrums Karlsruhe werden die Pilotprojekte in Soultz-sous-Forêts [BINE 1999] sowie in Neustadt-Glewe [BINE 2003a] detailliert vorgestellt. Eine ausführliche Potenzialanalyse der geothermischen Stromerzeugung in Deutschland wird unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten in der Dissertation von [Rogge 2004] behandelt.

Tabelle 9: Übersicht über Aktivitäten zur kombinierten geothermischen Strom- und Wärmeerzeugung in Deutschland bzw. mit deutscher Beteiligung [WI 2006]

Standort / Akteur	Geothermische Leistung [MW]	Elektrische Leistung [MW]	(Geplanter) Betriebsbeginn
	Bemerkungen / derzeitige Projektphase		
Neustadt-Glewe im Norddeutschen Becken (Sandstein)	6,5	0,21	2003
	Integration einer Stromerzeugungsanlage in ein bestehendes Geothermisches Heizwerk		
Groß Schönebeck im Norddeutschen Becken (Sandstein) / Geoforschungszentrum Potsdam			2004
	Probebohrungen		
Soultz-sous-Forêts	30	6	2001
	Wissenschaftliche HDR-Pilotanlage		
Bad Urach / Stadtwerke	6 - 10	1	2004/05
	HDR-Projekt, im Moment eingestellt wegen unerwarteter Bohrzusatzkosten von 2 Mio. €		
Bruchsal	4	0,5	2004
	Nutzung hoch-saliner hochtemperierter Tiefenwässer		
Offenbach / Pfalz	25 - 30	4,8	?
	Stromerzeugung mittels eines ORC-Prozesses		
Speyer	24 - 50	5,4	2007 ?
	Erstes rein kommerzielles Projekt		
Unterhaching	16	3,9	2005
Bochum, Zentrum für Geothermie und Zukunftsenergien			?
	Machbarkeitsstudien zur Versorgung von ganzen Stadtteilen mit Strom und Wärme aus Geothermie in Gelsenkirchen, Dortmund und Castrop-Rauxel		
Bremerhaven / Versorgung des Alfred-Wegener-Instituts			
	Stromerzeugung aus Niedertemperaturwärme (KALINA-Cycle)		
TU Berlin / Institut für Angewandte Geowissenschaften			
	Nachweis der technisch-wirtschaftlichen Realisierbarkeit eines untätig geschlossenen Erdwärmeübertragers		

5.5 Innovative KWK-Technologien im Leistungsbereich dezentraler Anlagen

Erdgas oder Diesel betriebene Motor-BHKW gehören heute zu den Standardlösungen in der Energiewirtschaft. Im folgenden Kapitel sollen darüber hinausgehende Optionen zur effizienten und umweltschonenden Energieerzeugung im Bereich dezentraler Anlagen vorgestellt werden und dabei auch Vergleiche der Entwicklungslinien aufgezeigt werden.

Mit (Mini-)Motor-BHKW, Mikro-Gasturbine, Stirlingmotor und Dampfmotor stehen neue Optionen für die dezentrale Energieversorgung von Objekten zur Verfügung, die teilweise besondere Chancen zur Nutzung alternativer Brennstoffe bieten. Sie können zudem eine wichtige Türöffnerfunktion im Markt für KWK-Anwendungen im kleinen Leistungsbereich (z.B. für Einfamilienhäuser) übernehmen und damit u.a. auch den Weg für Brennstoffzellen bereiten.

Tabelle 10 zeigt die Funktionen und Bedeutungen der einzelnen dezentralen KWK-Technologien im Energiesystem. Die Klassifizierung wurde nach der Leistungsgröße und somit der vorwiegenden Verwendung zur Hausenergieversorgung (kleiner 10 kW_{el}) bzw. als größere stationäre KWK-Anlagen (10 kW_{el} bis ca. 1.000 kW_{el}) vorgenommen.

Tabelle 10: Funktion und Bedeutung dezentraler KWK-Anlagen im Energiesystem [WI 2006]

	Funktion im Stromsystem	Funktion im Wärme- / Kälte-System	Sonstige Funktionen	Rolle für nachhaltiges Energiesystem
Hausenergieversorgung (< 10 kW_{el}) - Brennstoffzelle (PEM und SOFC) - Mini-BHKW - Stirling - Dampfmotor	Mittel- / Spitzenlast Einbindung in das Niederspannungsnetz	Raumwärme / Warmwasser	Objektversorgung Lastmanagement Versorgungssicherheit (USV ²⁸)	je nach Technik: - Nutzung regenerativer Brennstoffe - Übergang zur Wasserstoffwirtschaft möglich Ggf. Ausgleich fluktuierender Erzeugung
Größere stationäre KWK-Anlagen (10 kW_{el} bis 1 MW_{el}) - Brennstoffzellen (PEM, MCFC, SOFC) - Motor-BHKW - Mikro-Gasturbine - Dampfmotor	Grund- / Mittellast Einbindung in das Nieder- u. Mittelspannungsnetz	Vor allem NT und MT bis 500°C: - Raumwärme / Warmwasser - Dampf - Heißluft - Mit Absorptionskältemaschinen auch Kälte	Qualitätssicherung Regelfunktionen im dezentralen Verbund Nutzung alternativer Brennstoffe	

²⁸ Unterbrechungsfreie Stromversorgung

5.5.1 □ (Mini-) Motor-BHKW

Die Motor-BHKW-Technologie ist die am weitesten etablierte Technik im Bereich der dezentralen KWK. Durch die fortschreitende Entwicklung und Markteinführung von Kleinst-BHKWs unterhalb von 10 kW_{el} können nun erstmals auch Anlagen zur Hausenergieversorgung mit vergleichsweise geringem Wärmebedarf realisiert werden. Diese Anlagen können mit verschiedenen Brennstoffen wie Erdgas, Flüssiggas, Heizöl und RME betrieben werden. Insbesondere aufgrund der verzögerten Markteinführung von Brennstoffzellen kommt dem motorisch betriebenen Mini-BHKW eine besondere Bedeutung zu als Wegbereiter und Brücke für einen späteren Einsatz von Brennstoffzellen-KWK-Anlagen.

Hauptvorteil ist, dass es sich bei Motor-BHKWs um eine zuverlässige und erprobte Technologie handelt. Mit ihr können bereits jetzt elektrische Wirkungsgrade und Standzeiten realisiert werden, die beispielsweise von Brennstoffzellensystemen in der Praxis erst noch demonstriert werden müssen.

Motor-BHKW haben jedoch mehr oder weniger stark ausgeprägte technisch bedingte Nachteile hinsichtlich Lärm, Schwingungen, Emissionen, Regelbarkeit und Wartungsbedarf im Vergleich zu anderen Optionen.

Vorteile:

- Relativ hoher elektr. Wirkungsgrad
- Etablierte und millionenfach (in PKWs und LKWs) erprobte Technologie
- Brückentechnologie zur Erschließung alternativer KWK-Technologien (insbesondere Brennstoffzellen)

Nachteile:

- Prinzipbedingte Nachteile hinsichtlich
 - Lärm
 - Schwingungen
 - Emissionen
 - Regelbarkeit
 - Wartungsbedarf
- Perspektivisch: Elektrischer Wirkungsgrad BHKW kleiner als elektrischer Wirkungsgrad Brennstoffzelle ($\eta_{el, BHKW} < \eta_{el, Brennstoffzelle}$)
- Schlechter Teillastwirkungsgrad

5.5.2 □ Mikro-Gasturbinen

Mikrogasturbinen (MGT) versprechen neue Möglichkeiten für KWK und Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK) im kleineren Leistungsbereich zwischen 30 und 100 kW_{el} und Temperaturen von 200-300°C. Neben Vorteilen bei Betrieb und Wartung sowie niedrigen Emissionen bietet die MGT Chancen als flexible Erzeugungstechnik in dezentralen Energiesystemen.

Herstellerseitig besteht eine Abhängigkeit von der Entwicklung des größten Marktes USA, wo die reine Stromerzeugung für USV²⁹ „, Netzstabilisierung etc. im Vordergrund steht.

MGT haben technikbedingte Nachteile beim elektrischen Wirkungsgrad (η_{el}) gegenüber Gasmotoren. Die spezifischen Vorteile bei Emissionen, Betrieb und Wartung usw. kompensieren die Mehrkosten noch nicht. Vorteile bei Standzeiten/Wartungsintervallen müssen in der Praxis noch nachgewiesen werden.

Die Vorteile der MGT bei der Auskopplung von Wärme bzw. Dampf auf mittlerem Temperaturniveau werden noch nicht ausreichend genutzt (Industrie- / Gewerbeanwendung). Für KWKK im kleineren Leistungsbereich sind geeignete Komponenten für angepasste Systemlösungen (z.B. Absorptions-Kältemaschinen) noch nicht in der nötigen Breite verfügbar.

Deutliche Vorteile hat die MGT bei Emissionen (kein Kat erforderlich) und wichtigen Qualitätskriterien (Wartungskosten, Verfügbarkeit, Lastwechseleigenschaften) vorzuweisen. Weiterhin bestehen gute Voraussetzungen zur Nutzung alternativer Brennstoffe (z.B. biogene Gase, Deponiegas).

Die Mikrogasturbine ist eine marktreife Option zum Aufbau dezentraler Energiesysteme. Angesichts der starken Kostenkonkurrenz zu BHKW bieten sich Marktchancen neben der Prozesswärmebereitstellung in industriellen und gewerblichen Anwendungen auch in spezifischen Anwendungsnischen wie Gewächshäuser, KWKK, Nutzung alternativer Brennstoffe und langfristig im Verbund mit Hochtemperatur-Brennstoffzellen.

Vorteile:

- Nutzung von Mitteltemperatur-Abwärme möglich (200 - 300°C; Dampf / Kälte für Industrie u. Gewerbe)
- Wartungsarm
- Niedrige Emissionen
- Hohe Flexibilität
- Nutzung alternativer Brennstoffe (Multi-Fuel)
- Zukunftsoption: Kopplung von Mikro-GT mit HT-Brennstoffzelle (z.B. SOFC)

Nachteile:

- Elektrischer Wirkungsgrad Mikro-GT kleiner als elektrischer Wirkungsgrad Motor-BHKW ($\eta_{el. \text{ Mikro-GT}} < \eta_{el. \text{ Motor-BHKW}}$)
- Nur wenige, ausländische Anbieter
- Kostensenkungspotenzial (ca. Faktor 2) noch nicht ausgeschöpft wg. geringer Stückzahlen
- F&E-Bedarf bei Komponenten (z.B. Gaskompressor für Niederdruck-Erdgas-Anschluss)

²⁹ Unterbrechungsfreie Stromversorgung

5.5.3 □ Stirling-Motor

Ein Stirling-Motor bezieht seine Antriebsenergie aus einer Temperaturdifferenz zwischen einer heißen Seite (Arbeitszylinder) und einer kalten Seite (Kompressionszylinder).

Das Besondere an dem bereits im Jahr 1816 entwickelten Stirlingmotor ist das Prinzip der externen Verbrennung, das eine Reihe von Vorteilen insbesondere gegenüber konventionellen Motor-BHKW mit interner Verbrennung verspricht: Hervorragende Schadstoff-Emissionswerte (bei katalytischer Verbrennung von Erdgas³⁰), hohe Flexibilität bei der Wahl der Brennstoffe (Erdgas, Biogas, Klärgas, Holzgas, Erdöl, Rapsöl, etc.) incl. der Möglichkeit zur Nutzung von Abwärme und Solarwärme, geringe Geräuschemissionen und Vibrationen, lange Wartungsintervalle (kein Ölverbrauch und Ölwechsel).

Entwicklungspotenziale bestehen noch beim elektrischen Wirkungsgrad, welcher knapp unterhalb derer von Mini-BHKWs vergleichbarer Größe liegt. Ferner ist für eine Marktdurchdringung das Ausschöpfen der Kostensenkungspotenziale (bei Serienfertigung) erforderlich. Bei der Nutzung von Biomasse in Form von vergasten Holzpellets müssen noch Forschungsleistungen zur Begrenzung der Feststoffablagerungen an den Wärmetauscherflächen erbracht werden. F&E-Bedarf besteht auch noch bei der Nutzung industrieller Abwärme als mögliche Wärmequelle zur Stromerzeugung.

Die leise und vibrationsarme Betriebsweise in Kombination mit den sehr geringen Emissionswerten (NO_x, CO und HC) prädestinieren den Stirlingmotor u.a. für den Einsatz in Wohngebäuden. Günstig für die Akzeptanz dürften sich ebenfalls die prinzipbedingten langen Wartungsintervalle und die gute Regelbarkeit auswirken.

Besondere Perspektiven und Synergieeffekte ergeben sich durch die erweiterten Möglichkeiten hinsichtlich alternativer Brennstoffe (flüssig / gasförmig / fest), der potenziellen Nutzung von Abwärme (Industrie / Gewerbe) und Solarwärme (Nutzung der Direktstrahlung in südlichen Ländern mit Dish-Stirling-Systemen) sowie der Möglichkeit zur Erzeugung von Tieftemperaturkälte bis - 200°C in Stirling-Kältemaschinen mit umweltfreundlichem Kältemittel.

Die Verbreitung von Stirlingmotoren leidet unter anderem an der mangelnden Lobby für diese - in den Augen vieler Akteure - exotische Technologie. Obwohl Serienmodelle bereits auf dem Markt verfügbar sind, erfährt diese KWK-Option unzureichende Bekanntheit und Akzeptanz.

Ein Beispiel aus Großbritannien zeigt, dass sich einzelne Energieversorgungsunternehmen bereits aktiv mit dieser Technologie auseinandersetzen: Powergen, der mit acht Millionen Strom- und Gaskunden zweitgrößte Energieversorger Großbritanniens, hatte 2004 angekündigt, innerhalb der nächsten fünf Jahre 80.000 erdgasbetriebene Stirlingmotoren des Neuseeländischen Unternehmens WhisperTech zu vertreiben. Seit 2001 werden in Großbritannien die so genannten WhisperGen-Module (1,2 kW_{el} / 8 kW_{th}) getestet und seit 2003 kommerziell vertrieben. Inzwischen wurden allerdings erst rund 550 Anlagen installiert. Lt. Aussagen von Powergen sollen sich die Mini-BHKW-Systeme bei einem Preis von ca. 4.500,- Euro in rund 4 Jahren refinanzieren.

³⁰ z.B. im speziell entwickelten FLOX-Brenner®

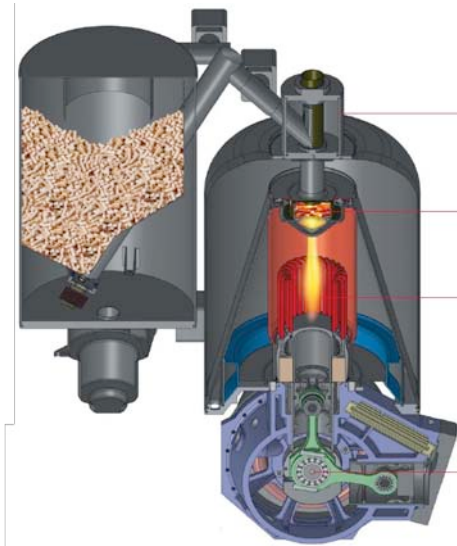


Abbildung 24: 3 kW_{el}-Pellet-Stirlingmotor von Sunmachine (links) mit Funktionsprinzip des Upside-Down-Brenners (rechts)

Vorteile:

- Niedriges Geräuschniveau, vibrationsarm
- Wartungsarm (Ausführung ohne Schmieröl)
- Externe Verbrennung
 - Niedrige Emissionen (z.B. bei katalytischer Erdgas-Verbrennung im FLOX[®]-Brenner)
 - Biomasse-Nutzung ab 2006 / 2007 geplant: Pellet-Versionen in Erprobung bzw. in Markteinführungsphase (u.a. bei Hoval, Maveria, Solo Stirling, Stirling Power Module, Sunmachine)
- Nutzung von Abwärme und Solarwärme möglich
- Serienfertiges Produkt (auf Erdgasbasis)
- Stufenlos modulierbar (Bsp. Solo Stirling)
 - 2 - 9,5 kW elektrisch
 - 8 - 26 kW thermisch

Nachteile:

- Elektrischer Wirkungsgrad Stirling kleiner als elektrischer Wirkungsgrad Motor-BHKW ($\eta_{\text{el. Stirling}} < \eta_{\text{el. Motor-BHKW}}$)
- Bisher im Vergleich zu Motor-BHKW nur wenige Anbieter
- Noch relativ hoher Preis: Solo Stirling: ca. 25.000 EUR für 9,5 kW_{el}; WhisperGen: ca. 4.500 EUR für 1,2 kW_{el}; Sunmachine Pellet: ca. 23.500 EUR für 3 kW_{el}
- F&E-Bedarf bei Komponenten (z.B. Pellet-Holzvergaser)

5.5.4 □ Dampf(schrauben)motor

In letzter Zeit ist eine gewisse Renaissance dieser seit über hundert Jahren genutzten, seit langer Zeit aber von Verbrennungsmotoren verdrängten Technik festzustellen. Zwei zukunftssträchtige Entwicklungen sollen besonders herausgestellt werden: Zum einen ermöglicht - ähnlich wie beim Stirlingmotor - die externe Verbrennung den flexiblen Einsatz von Brennstoffen, insbesondere die Nutzung von Biomasse. Zum anderen erlaubt der Trend zur Miniaturisierung die zukünftige Erschließung von Kleinst-KWK-Potenzialen z.B. im Wohnungsbau. Dies ist angesichts des zu erwartenden stark sinkenden Wärmebedarfs von energieeffizienten Gebäuden besonders wichtig.

Generell führen Dampfmaschinen ein Schattendasein im Vergleich zu etablierten Technologien (wie BHKWs) als auch zu anderen neuen Technologien (insbesondere der Brennstoffzellen). Dies führte dazu, dass trotz interessanter Ansätze und Stärken dieser KWK-Technologie der Durchbruch noch nicht gelungen ist.

Entwicklungspotenziale bestehen insbesondere noch bei der Verbesserung der elektrischen Wirkungsgrade, die deutlich unterhalb derjenigen von Verbrennungsmotoren liegen. Bei größeren Anlagen müssen ggf. sicherheitstechnische Auflagen beim Umgang mit Hochdruck-Dampf erfüllt werden (Personalaufwand).

Sofern der elektrische Wirkungsgrad nicht das Hauptkriterium bei der Auswahl einer KWK-Technologie ist und in Einsatzbereichen, wo bisher gar nicht oder nur mit großem Aufwand (z.B. durch Biomassevergasung) Strom und Wärme gekoppelt erzeugt werden konnten, kann der Dampf- bzw. Dampfschraubenmotor eine sehr interessante Alternative darstellen.

Dies gilt beispielsweise für die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme aus Biomasse als Alternative zur reinen Biomasseverbrennung in Heizkesseln oder aber die KWK-Nutzung in Kleinstanlagen für Einfamilienhäusern als Alternative zur ausschließlichen Wärmebereitstellung im konventionellen Erdgaskessel.

Neben dem ökologischen Nutzen kann sich - vor allem durch die verbesserten Einspeisebedingungen im novellierten EEG- und KWK-Gesetz sowie durch vermiedene Kosten beim Strombezug - zusätzlich ein finanzieller Mehrwert ergeben.

Im österreichischen Hartberg läuft ein mit Holzhackschnitzeln CO₂-neutral betriebener Dampfschraubenmotor mittlerer Leistung (710 kW_{el}) in weltweit erstmaliger Anwendung³¹. Bei einer Dampfleistung von 5.640 kW wird neben der elektrischen Energie ($\eta_{el} = 12,6 \%$) Fernwärme mit einer Leistung von 4.800 kW in das bestehende Netz ausgekoppelt.

Im sauerländischen Olsberg wurde in den vergangenen Jahren ein Dampf-Linearmotor (Freikolbendampfmaschine mit integriertem Lineargenerator) im Kleinstleistungsbereich (0,2 - 3,0 kW_{el} und 2 - 16 kW_{th}) zur Marktreife entwickelt. Insbesondere durch die gute Regelbarkeit und die Anpassung an den kleinen Leistungsbedarf ergeben sich außerordentlich große KWK-Anwendungs- und Wachstumspotenziale im Wohnungsbau (Ein- bzw. Mehrfamilienhäuser) und im gewerblichen Bereich.

³¹ Entwicklung des BHKW-Herstellers Köhler & Ziegler/Lollar und der Fa. IDEA/Dortmund im Rahmen eines EU-Projektes

Technologisch gesehen bietet insbesondere das erwähnte Konzept des kleinen 3,0 kW_{el}-Dampf-Linearmotors weitere Vorteile: Sicherheitstechnisch unbedenklich aufgrund geringer Dampfmengen (vergleichbar Espresso-Maschine); wartungsarm durch freischwingenden Kolben mit Lineargenerator – d.h. Ausführung ohne Getriebe, Radiallager und Ölschmierung; modulierende Fahrweise möglich; niedriges Geräuschniveau (vergleichbar Kühlschrank). Thermisch können maximal 16 kW Leistung ausgekoppelt werden, so dass für ein Einfamilienhaus die Anschaffung eines zusätzlichen Spitzenheizkessels entfällt.

Für größere Anlagen hat der Dampfschraubenmotor (s.o.) Vorteile gegenüber dem Dampfmotor, da dieser besonders robust ist und eine Dampfexpansion bis in das Nassdampfgebiet erlaubt.

Die Nutzung des Dampfschraubenmotors mittlerer Größe kann - als Alternative zur reinen Biomasseverbrennung - in Konzepte zur Nah- und Fernwärmeversorgung (in größeren Siedlungen, Gewerbebetrieben, Schulzentren, Schwimmbädern etc.) eingebunden werden und somit der Biomassenutzung neue Impulse geben. Mit der Holzabsatzförderrichtlinie der Landesforstverwaltung NRW (Hafö 2003)³² wurde bereits früh ein Förderrahmen gesteckt und der politische Wille zur strategischen Entwicklung der (Holz-)Biomassepotenziale dokumentiert.

Vorteile Dampfschraubenmotor (Biomasse-KWK):

- Robuste, wartungsarme Technik (Vorteil Schraube: Expansion bis in Nassdampfgebiet möglich)
- Externe Verbrennung mit niedrigen Emissionen und Möglichkeit der Biomasse-Nutzung (Holzhackschnitzel, Pellets, Pflanzenöl etc.)
- Stromgewinnung gegenüber reiner Biomasseverbrennung in Heizkesseln

Nachteile Dampfschraubenmotor (Biomasse-KWK):

- Elektrischer Wirkungsgrad Dampfmotor kleiner als elektrischer Wirkungsgrad Motor-BHKW ($\eta_{\text{el. Dampfmotor}} < \eta_{\text{el. Motor-BHKW}}$)
- Bisher nur große Anlagen verfügbar (Nah- bzw. Fernwärmenetz erforderlich)
- Sicherheitstechnische Auflagen beim Umgang mit Hochdruck-Dampf (Personalaufwand)
- Noch keine Serienfertigung

Vorteile Dampf-Linearmotor (Mikro-KWK):

- Erschließung von Kleinst-KWK-Potenzialen (Wohnungsbau / Gewerbe)
- Sicherheitstechnisch unbedenklich aufgrund geringer Dampfmengen

³² Holzabsatzförderrichtlinie Hafö 2003: Richtlinien über die Gewährung von Zuwendungen zur Verbesserung der Verarbeitungs- und Vermarktungsbedingungen forstwirtschaftlicher Erzeugnisse und des Einsatzes von Holz bei der energetischen Verwertung

-
- Niedriges Geräuschniveau
 - Wartungsarm durch freischwingenden Kolben mit Lineargenerator (Ausführung ohne Getriebe, Radiallager, Schmieröl; keine Radialkräfte)
 - Vollwertiger Ersatz konventioneller Gastherme (max. 16 kW_{th})
 - Weiter Modulationsbereich (zwischen 0,6 - 3,0 kW_{el} und 4,5 - 16 kW_{th})
 - Hoher Brennstoffnutzungsgrad (ca. 98 %) durch Brennwertnutzung unabhängig von der Rücklauftemperatur der Heizkreise
 - Externe Verbrennung
 - Niedrige Emissionen
 - Zukünftig Biomasse-Nutzung (Pellets, Pflanzenöl etc.)

Nachteile (Mikro-KWK):

- Elektrischer Wirkungsgrad Dampfmotor kleiner als elektrischer Wirkungsgrad Motor-BHKW ($\eta_{el. \text{ Dampfmotor}} < \eta_{el. \text{ Motor-BHKW}}$)
- Langzeitdemonstration steht noch aus
- Relativ hoher Preis (ca. 12.000 EUR Netto für 3,0 kW_{el})
- F&E-Bedarf bei Komponenten (z.B. Biomasse-Brenner)

5.5.5 □ Brennstoffzelle

Die Brennstoffzelle zur Hausenergieversorgung steht am Beginn der vorkommerziellen Feldtestphase und kann voraussichtlich ab 2010 in größerem Umfang in einem Markt mit guter Wachstumsperspektive eingesetzt werden. Hierfür müssen einerseits die technischen Voraussetzungen (Langzeitstabilität des Brennstoffzellenstapels, Produktionskapazitäten etc.) und andererseits die energiewirtschaftlichen Randbedingungen geschaffen werden (Markteinführungs- und Anreizprogramme).

Vor allem die Nutzung von Hochtemperaturbrennstoffzellen als (KWK-)Kraftwerk mit hohen elektrischen Wirkungsgraden (60 - 70 %) bietet mittel- bis langfristig gute Marktperspektiven, u.a. auch für die Nutzung alternativer Brennstoffe oder von Kohlegas.

Brennstoffzellen bieten die Chance, einerseits bislang ungenutzte Potenziale der Kraft-Wärme-(Kälte)-Kopplung in kleinen Leistungsbereichen zu erschließen (Hausenergieversorgung) und andererseits in größeren stationären Anwendungen hohe elektrische Wirkungsgrade zu erzielen (Hochtemperaturzellen in Kombination mit Gasturbinen). Sie können eine wichtige Rolle als effiziente und flexible Brückentechnologie für den langfristigen Aufbau einer regenerativen Wasserstoffwirtschaft spielen.

Für die künftige kommerzielle Nutzung sind vor allem die drei Brennstoffzellentypen PEMFC (z.B. Vaillant), MCFC (z.B. MTU, Siemens-Westinghouse) und SOFC³³ (z.B. Hexis AG, Schweiz) von Interesse.

Die beiden letztgenannten Hochtemperaturtechnologien bieten mittel-/langfristig die Chance zur Nutzung alternativer Brennstoffe (Kohlevergasung, Biomasse, Sondergase etc.) sowie der Erschließung innovativer Anwendungsfelder und die Integration in das Energiesystem.

In Tabelle 11 und Tabelle 12 sind sowohl die gegenwärtigen Hemmnisse und Probleme als auch die fördernden Faktoren der Brennstoffzellentechnik für die Hausenergieversorgung als auch für größere KWK-Anwendungen aufgeführt.

Tabelle 11: Hemmnisse und Probleme bei Entwicklung und Markteinführung von Brennstoffzellen [WI 2004]

Hausesenergieversorgung (< 10 kW_{el}) (PEMFC, SOFC)	Größere KWK-Anwendungen (10 kW_{el} bis 1 MW_{el}) (SOFC, MCFC, PEMFC)
Leistungssteigerung PEMFC Stack (z.B. Hochtemperatur-PEM, neue Membranen) F&E Bedarf bei Integration der Komponenten (Balance of Systems) Teilweise Abhängigkeit bei Schlüsseltechnik von ausländischen Anbietern Nachweis von Langzeitstabilität und elektr. Wirkungsgrad im Praxisbetrieb steht noch aus Überwindung der Anfangskosten bis Kostendegression durch Massenfertigung erreicht ist Offene Fragen zur massenhaften Integration ins Stromnetz F&E Bedarf bei Steuerung, Kontrolle, Fahrweise und Integration als virtuelles Kraftwerk Zeitbedarf für Standardisierung, Normung, Zertifizierung Problem der "Überhitzung" der öffentlichen Brennstoffzellen-Euphorie mit Risiko des langfristigen Imageschadens	F&E Bedarf bei - Werkstoffen, Komponenten, Integration der Komponenten, Balance of Systems - Nutzung alternativer Brennstoffe - Kopplung mit Gasturbine Kosten für F&E (spez. für Prototypen) sind sehr hoch Abhängigkeit bei Schlüsseltechnik von wenigen Anbietern weltweit Kostensenkungspotenzial durch Massenfertigung unklar Starker Kostenwettbewerb mit alternativen KWK Techniken (Gasmotor, Gasturbine)

³³ PEMFC: Proton Exchange Membrane Fuel Cell, MCFC: Molten Carbonate Fuel Cell, SOFC: Solid Oxid Fuel Cell

Tabelle 12: Fördernde Faktoren und Triebkräfte für Marktentwicklung von Brennstoffzellen [WI 2004]

Hausenergieversorgung (< 10 kW_{el}) (PEMFC, SOFC)	Größere KWK-Anwendungen (10 kW_{el} bis 1 MW_{el}) (SOFC, MCFC, PEMFC)
Massenmarkt lässt Kostendegression erwarten, Konkurrenzfähigkeit zu Alternativen ist realistisch Technologische Vorteile (elektr. Wirkungsgrad, Emissionen, Schall, Vibrationen, Teillastfähigkeit usw.) Starke Rolle von Erdgas bei Raumwärme / Warmwasser Ökologische Vorteile der KWK auch im kleinen Leistungsbereich Schlüsseltechnik für dezentrale Energiesysteme (virtuelles Kraftwerk, Ausgleich der fluktuierenden Erzeugung aus REG, etc.) Positive öffentliche Resonanz, positives Image der Brennstoffzelle Exportmöglichkeiten in (Mittel-)Europa	Hoher elektrischer Wirkungsgrad, vor allem als SOFC-GT Hybrid Möglichkeit der Nutzung von HT-Abwärme Nutzung alternativer Brennstoffe Schlüsseltechnik für dezentrale Energiesysteme (virtuelles Kraftwerk, Ausgleich der fluktuierenden Erzeugung aus REG, etc.)

Vorteile:

- Potenzial für sehr große elektr. Wirkungsgrade
- Gute Teillastwirkungsgrade
- Niedriges Geräuschniveau, vibrationsarm
- Wartungsarm (wenig bewegte Teile)
- Sehr niedrige Emissionen (nur H₂O, ggf. NO_x)
- Stufenlos modulierbar
- Zukunftsoption:
 - Kopplung von HT-Brennstoffzellen (z.B. SOFC) mit Mikro-GT
 - Multi-Fuel-Einsatz (Biomassevergasung, Sondergase, etc.)
- Hohes öffentliches Interesse

Nachteile:

- Demonstration hoher elektr. Wirkungsgrade und Standzeiten steht noch aus
- F&E-Bedarf bei Werkstoffen (für Stack...) und Komponenten (Reformer...)
- Preis noch unklar
- Verfügbarkeit noch unklar
- Problem der „Überhitzung“ der öffentlichen Brennstoffzellen-Euphorie mit Risiko des langfristigen Imageschadens

5.5.6 □ Marktübersicht Mikro-KWK

In der Abbildung 25 ist eine Marktübersicht (Stand: Juli 2006) des B.KWK (Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung) zu den oben beschriebenen innovativen Mikro-KWK-Technologien (ohne Gasturbinen und Brennstoffzellen) wiedergegeben. Vertreten sind dort Geräte von sieben Herstellern mit Angaben zu Leistungen, Brennstoffen und voraussichtlicher Markteinführung. Demnach werden Leistungsbereiche von 0,2 bis 9,5 kW elektrisch und 2 bis 36 kW thermisch abgedeckt. Die Markteinführung fand bei drei Geräten bereits in den Jahren 1996, 1999 bzw. 2004 statt und ist für die übrigen Anlagen für 2006 bzw. 2007 geplant.

MIKRO-KWK-ANLAGEN

Stand 3.5.2006 Basis: Angaben der Hersteller, keine Gewähr durch den B.KWK	 	 	 	 	 	 	 
Bezeichnung des Geräts	Ecopower	MicroGen	Lion POWERBLOCK	Dachts Heiz-Kraft-Anlage	SOLO STIRLING 161 mikroKWK-Modul	Sunmachine Pellet	WhisperGen
Technik	Gasmotor	Free Piston Stirling Engine	Freikolben Dampf-Kraft-Maschine	Otto- und Dieselmotor	Stirlingmotor	Stirlingmotor	Stirlingmotor
Elektrische Leistung	1,3 – 4,7 kW	1 kW	0,2 – 3 kW	5 – 5,5 kW	2 – 9,5 kW (stufenlos modulierbar)	1,5 – 3 kW	1,2 kW
Thermische Leistung	4,0 – 12,5 kW	3 Modelle von 15 kW, 24 kW und 36 kW	2 – 16 kW	10,3 – 12,5 kW 17,2 – 20,3 kW	8 – 23 kW (stufenlos modulierbar)	4,5 – 10,5 kW	8 kW
Brennstoffe	Erdgas, Flüssiggas (Propan)	Erdgas, Flüssiggas	Erdgas, Flüssiggas	Erdgas, Flüssiggas, Heizöl, RME	Erdgas, Flüssiggas	Pellets	Erdgas, Flüssiggas, Diesel, Kerosin
Brennstoffleistung/ Leistungsbereich	8,8 – 19 kW	Steht noch nicht endgültig fest	2,3 – 20 kW	17,6 – 20,5 kW	16 – 40 kW	6,25 – 15 kW	9,6 kW
Maße (Höhe/ Breite/ Tiefe) in mm	1085 x 762 x 1370	920 x 450 x 480	1260 x 620 x 830	1000 x 720 x 1070	980 x 700 x 1280	1500 x 800 x 1200	500 x 850 x 600
Leergewicht	390 kg	90 kg	160 kg	520 kg	460 kg	Ca. 350 kg	130 kg
Markteinführung	1999	geplant 2007	geplant 2. Hälfte 2006	1996	2004	geplant 2. Hälfte 2006	Ende 2006
Bis 2005 installierte Serengeräte	1200	-	-	14.000	80	-	-
Einsatzbereiche	Ein-, Mehrfamilienhäuser, Kleingewerbe, Landwirtschaft	Einzelwohnungen, Einfamilienhäuser, Kleingewerbe	Ein-, Mehrfamilienhäuser, Kleingewerbe	Ein-, Mehrfamilienhäuser, Hotels, Landwirtschaft	Mittlere bis große Gebäude	Ein-Zweifamilienhaus als Komplettheizung, bei größeren Gebäuden als renditestarkes Grundlagengerät	Einzelwohnungen, Einfamilienhäuser, Kleingewerbe
Internetadresse	www.ecopower.de	www.microgen.com	www.otag.de	www.senertec.de	www.stirling-engine.de	www.sunmachine.com	www.whispergen.co.nz

Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung e.V. (B.KWK), email: info@bkwk.de, www.bkwk.de

Abbildung 25: Übersicht über innovative Mikro-KWK-Anlagen mit Verbrennungs-, Stirling- und Dampfmotoren-technik

5.6 Optionen der netzgebundenen Wärmebereitstellung aus Solarkollektoren

5.6.1 □ Vorteile Solarer Nahwärme

Üblicherweise versorgt eine Solaranlage nur ein Gebäude mit Wärme. Eine zentrale Solaranlage, aus welcher mehrere Gebäude über ein Nahwärmenetz versorgt werden, hat gegenüber den kleinen, individuellen Anlagen erhebliche Vorteile:

- Große Kollektorfelder lassen sich zu deutlich günstigeren Kosten als Kleinanlagen installieren [Nast 1997],
- Große Wärmespeicher sind bezogen auf den Wärmehalt bei weitem kostengünstiger als die üblichen, kleinen Brauchwasserspeicher in jedem Haus,
- Große Wärmespeicher kühlen langsamer aus als kleine Speicher. Dadurch wird eine saisonale Speicherung möglich, mit welcher Sonnenwärme aus dem Sommer bis in den Winter gespeichert werden kann.³⁴

Durch diese sog. Solare Nahwärme lässt sich technisch ein sehr großer, sonst für solare Wärme kaum zugänglicher Anteil am Raumwärmemarkt erschließen.

Solare Nahwärmeanlagen wurden in den skandinavischen Ländern entwickelt. Allein in Schweden wurden seit 1980 mehr als 27 Großanlagen (größer 500 m²) mit einer Gesamtfläche von 52 000 m² errichtet [Dalenbäck 2003]. Die größte davon mit einer Kollektorfläche von 10 000 m² in Kungälv (Abbildung 26).



Abbildung 26: Kollektorfeld in Kungälv/Schweden

³⁴ Auch bei Einfamilienhäusern ist technisch eine saisonale Wärmespeicherung möglich. Dies funktioniert aber nur bei Neubauten, welche um einen Warmwasserspeicher aufgebaut wurden. Der Warmwasserspeicher wird typischerweise zuerst installiert und dann erst das Gebäude aufgemauert. Die Wärmeverluste des Speichers tragen dann mit zur Beheizung des Hauses bei [Leukefeld 2006].

5.6.2 □ Große Kollektorfelder und saisonale Speicher

Wichtige Varianten von Solaren Nahwärmesystemen gibt es sowohl bei der Ausführung der Kollektorfelder und erst recht bei den saisonalen Speichern.

Die größten skandinavischen Kollektorfelder wurden am Erdboden installiert. Dies ist die kostengünstigste Variante. Sie wird im dicht besiedelten Deutschland bisher kaum und auch dann nur entlang von Wärmeschutzwällen eingesetzt (Abbildung 27). Bei den deutschen solaren Nahwärmanlagen werden i.d.R. Dachflächen von Neubauten für die Aufstellung von Kollektoren genutzt, teils aufgeständert auf Flachdächern, teils als integriertes Bauteil des Daches (Abbildung 28). In beiden Fällen kommen sehr große, schnell installierbare Kollektormodule zum Einsatz.



Abbildung 27: Lärmschutzwall mit Kollektor in Neckarsulm-Amorbach

Prinzipiell können Kollektorfelder für Solare Nahwärmesysteme auch auf Dächern von Altbauten installiert werden. Dem stehen aber sowohl organisatorische als auch technische Probleme entgegen. Die Organisation müsste so erfolgen, dass alle Dächer einer Altbausiedlung nahezu gleichzeitig mit Kollektoren belegt werden können. Aus technischer Sicht folgen aus den Dach- und Siedlungsstrukturen in Altbaugebieten relativ große Leitungslängen zwischen den Dächern und dem zentralen Speicher im Vergleich zur installierten Kollektorfläche. Bisher gibt es daher kein Beispiel für Solare Nahwärme von den Dächern einer Altbausiedlung.

Die Vielfalt, saisonale Speicher zu konstruieren, ist noch größer. Die Hauptvarianten sind:

- Heißwasserspeicher, welche dem traditionellen Verfahren, Wärme zu speichern, noch am nächsten kommt. Die Speicherwand kann aus Stahl, Beton oder glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) bestehen. Bei den Betonwänden wird zur Abdichtung gegen Wasserdampfdiffusion meist eine Auskleidung aus Edelstahl und bei einer Anlage in Hannover-Kronsberg ein Hochleistungsbeton eingesetzt. Die Speicher können teilweise oder vollständig in den Boden versenkt sein.

-
- Kies-Wasser-Speicher bestehen aus einer Grube, welche zunächst mit Wärmedämmung und einer Plastikfolie (meist HDPE) ausgekleidet und dann mit Kies und Wasser befüllt wird. Diese Speicher werden auch als künstliche Aquifere bezeichnet. Sie lassen sich nach Fertigstellung kaum noch erkennen, da sie mit der Geländeoberkante abschließen. Aufgrund seiner Bauart kann diese Speicherart problemlos Belastungen, wie z.B. Fahrzeuge, tragen. Die Temperaturen sind wegen des Alterungsverhaltens der HDPE-Folie nach oben begrenzt. Der Kies, welcher für diese Speicherart beschafft werden muss, ist ein relevanter Kostenfaktor.
 - Ein besonders billiges Speichermedium kann der vorhandene Erdboden sein. Ggf. kann hier die Sonnenwärme mittels Sonden, welche in Bohrlöcher versenkt werden, in das Erdreich eingeleitet und zu einem späteren Zeitpunkt wieder entnommen werden. Diese sog. Erdsondenspeicher können nur an der Erdoberfläche mit Wärmedämmung versehen werden. Sie müssen daher relativ groß dimensioniert sein, damit die Temperaturverluste, welche vom Verhältnis von Speicheroberfläche zu Speichervolumen abhängen, begrenzt bleiben. Außerdem ist die Realisierung von Erdsondenspeichern nur dort möglich, wo es keine Grundwasserbewegungen gibt, durch welche die eingespeiste Wärme an einen anderen Ort transportiert würde. Beim Erdsondenspeicher sind die entscheidenden Kostenfaktoren die Bohrlöcher – die in einem Abstand von ca. 2 m angeordnet werden - und die zugehörigen Sonden.
 - Eine sehr kostengünstige Speicherart sind die sog. Aquiferspeicher. Hier wird das Wasser in einer unterirdischen, wasserführenden (und wasserdurchlässigen) Schicht solar erwärmt. Für die Wärmezufuhr und -abfuhr werden nur zwei Bohrungen benötigt: Bei der Beladung wird durch die erste heißes Wasser injiziert und aus einer zweiten die gleiche Menge kalten Wassers wieder entnommen. Bei der Entladung wird die Richtung des Wasserstroms umgekehrt. Aquifere benötigen spezielle geologische Formationen. Die wasserführende Schicht im Untergrund muss nach oben und unten durch andere geologische Schichten abgedichtet sein. Außerdem muss das Wasser im Aquifer ruhen, solange es nicht gezielt durch die Pumpen umgewälzt wird. Es ist keine Wärmedämmung möglich. Daher müssen diese Speicher relativ groß ausgelegt sein oder nur bei geringen Temperaturen betrieben werden, um die Wärmeverluste in Grenzen zu halten.
 - Eine weitere Variante saisonaler Wärmespeicher sind wassergefüllte Granitkavernen. Hier liegen in Schweden bereits langjährige Erfahrungen vor, wo Granitkavernen sowohl bei der strategischen Speicherung von Erdöl als auch bei dem 100 000 m³ fassenden saisonalen Wärmespeicher in Lyckebo genutzt werden. Da hier auf eine Wärmedämmung vollständig verzichtet wird (10 m Granit haben die gleiche wärmedämmende Wirkung wie 10 cm Dämmstoff), sind Granitkavernen erst ab einer Größe von ca. 100 000 m³ sinnvoll einsetzbar. Diese Speicherart ist allerdings auf oberflächennahen, rissfreien Granit angewiesen. Derartige geologische Formationen werden in Schweden häufig und in Deutschland überhaupt nicht angetroffen.

5.6.3 □ In Deutschland realisierte Projekte

In Deutschland wurden im Rahmen des BMU-Programms „Solarthermie 2000“ Pilotprojekte für die meisten der oben aufgeführten Konfigurationen von Solaren Nahwärmenetzen realisiert [Fisch 2005; PTJ 2004]. Im Einzelnen sind dies:

- Neckarsulm-Amorbach mit derzeit 5 300 m² Kollektorfläche, welche teils auf einer Sporthalle, einer Schule und als Parkplatzüberdachung aufgeständert und teils in Dächer und einen Lärmschutzwall integriert wurden (Abbildung 28 und Abbildung 27). Es wurde ein Erdsondenspeicher mit 63 000 m³ Speichervolumen und 1300 jeweils 30 m langen Sonden installiert.



Abbildung 28: Blick auf Kollektordächer vom Kamin der Heizzentrale in Neckarsulm-Amorbach

- Friedrichshafen-Wiggenhausen mit derzeit 2 700 m² Kollektorfläche (geplant sind im Endausbau 5 600 m²), welche auf Mehrfamilienhausblocks aufgeständert wurden. Der mit Edelstahl ausgekleidete Betonspeicher fasst 12 000 m³ heißes Wasser. Er ist zur Hälfte in der Erde versenkt und wird winters als Schlittenbahn und im Sommer für Mountainbikes benutzt (Abbildung 29).



Abbildung 29: Saisonaler Speicher (12 000 m³) in Friedrichshafen-Wiggenhausen

- Hamburg-Bramfeld mit 3 000 m² Kollektorfläche, welche in die Dächer von 124 Einfamilienhäusern integriert sind. Der 4 500 m³ fassende Heißwasserspeicher ist, um eine etwaige Wanderung von Kröten nicht zu behindern, weitgehend in der Erde versenkt.
- Hannover-Kronsberg mit 1 350 m² Kollektorfläche auf Mehrfamilienhäusern. Der 2 750 m³ fassende Wärmespeicher wurde in Hochleistungsbeton mit geringem Dampfdiffusionskoeffizient ausgeführt, sodass eine wasser- und dampfdichte Auskleidung des Speichers eingespart werden konnte.
- In Steinfurt-Borghorst wurde als eine von 50 Solarsiedlungen in Nordrhein-Westfalen ein kleines Solares Nahwärmesystem für 11 Reihenhäuser im Passivhausstandard errichtet. Die Wärme aus 510 m² Kollektoren von den Dächern der Häuser wird in einen 1 500 m³ fassenden Kies-Wasserspeicher geleitet. Das Projekt dient vor allem Demonstrationszwecken. Aus wirtschaftlicher Sicht interessant können für diese Technologie nur größere Systeme sein, die eine entsprechend größere Anzahl von Gebäuden versorgen.
- In Rostock-Brinkmannshöhe wurden als Wärmespeicher 20 000 m³ eines Aquifers genutzt, welcher sich 15 bis 30 m unter einem neu errichteten Mehrfamilienhaus mit 108 Wohnungen befindet. Das architektonisch anspruchsvolle Kollektorfeld umfasst insgesamt 1 000 m² und ist in 10 Teilfelder auf dem Dach des Mehrfamilienhauses unterteilt. Die Wärme wird bei einem relativ geringen Temperaturniveau von maximal 50°C (also ca. 40 °C weniger als bei wärmegeämmten Speichern) eingespeist. Bei der nachfolgenden Nutzung der Sonnenwärme wird eine Wärmepumpe mit hoher Leistungsziffer zur Unterstützung herangezogen.

- Noch im Bau befindet sich das Solare Nahwärmesystem in Crailsheim- Hirtenwiesen II. Nach Fertigstellung im Jahr 2007 wird die Anlage aus 7 300 m² Kollektorfläche, deren größter Teil in einem Lärmschutzwall integriert ist, Sonnenwärme in einen Erdsondenwärmespeicher (40 500 m³) einspeisen. Die Be- und Entladung dieses Speichers wird durch zwei Heißwasser-Pufferspeicher mit einem Volumen von zusammen 550 m³ unterstützt. In das System ist auch eine Wärmepumpe integriert.

Das Land Nordrhein-Westfalen initiierte 1997 das Projekt „Mit der Sonne bauen - 50 Solar-siedlungen in Nordrhein-Westfalen“. Solare Nahwärme wurde innerhalb dieses Projektes bisher nur in Steinfurt-Borghorst realisiert (s.o). Interessant in diesem Zusammenhang ist in NRW das ökologische Siedlungsprojekt „Bielefeld-Waldquelle“, welches bereits 1997 fertig gestellt wurde. Hier konnten u.a durch Kellerverlegung sehr günstige Kosten von 90 €/m_{Trasse} (176 DM/m_{Trasse}) für das Nahwärmenetz bei einer Trassenlänge von insgesamt 1 136 m erreicht werden /Graw, 1995/. Mit Wärme versorgt werden die 130 Wohneinheiten der Siedlung durch ein BHKW.

5.7 Optionen der netzgebundenen Wärmebereitstellung aus Biomasse

Die Optionen für eine Biomassenutzung zur netzgebundenen Wärmebereitstellung sind in ihrer Vielfalt eng verbunden mit den verschiedenen Produkten, die aus Biomasse gewonnen werden können. In Abhängigkeit von den vorangegangenen Aufbereitungs- bzw. Umwandlungsstufen des Rohstoffs Biomasse kann Biomasse in seiner annähernd natürlichen Form (z.B. Holz) oder nach der Durchführung mehr oder weniger aufwendiger Umwandlungsprozesse (z.B. Biogas, Biokraftstoff) zur End- oder Nutzenergiebereitstellung eingesetzt werden (vgl. Abbildung 30). In der Regel kann davon ausgegangen werden: Je aufwendiger der Umwandlungsprozess, um so vielseitiger sind die Einsatzmöglichkeiten und somit auch die Nutzungsoptionen für die Biomasse. Entsprechend kann für die netzgebundene Wärmebereitstellung zwischen zwei grundsätzlichen technologischen Einsatzoptionen unterschieden werden:

- Anlagentechnologien, die eine direkte Biomassenutzung ohne große Aufbereitungs- und Umwandlungsprozesse ermöglichen wie zum Beispiel Holzhackschnitzelkessel und
- Anlagentechnologien, die nicht speziell auf eine Biomassenutzung ausgelegt sind und bisher für den Einsatz fossiler Brennstoffe konzipiert wurden (z.B. Blockheizkraftwerke) und nach mehr oder weniger aufwendigen Aufbereitungs- und Umwandlungsprozessen des Rohstoffs Biomasse aber als Einsatztechnologien genutzt werden können.

Neben diesen beiden grundsätzlichen technologischen Optionen für die Biomassenutzung ist zudem mit Blick auf die Wärmebereitstellung zu unterscheiden zwischen

- einer ergänzenden Brennstoffzuführung der Biomasse (Mitverbrennung) in Verbrennungsanlagen und von dem Energieträger Biomasse unabhängigen Gestaltung der Wärmenetze und

-
- einer ausschließlichen Biomassenutzung zur Versorgung von Wärmenetzen und ggf. auf die besonderen Nutzungsbedingungen der Biomasse ausgerichteten standort-spezifischen Wärmeversorgung.

Aufgrund dieser generellen technologischen Optionen für die Biomassenutzung in Wärmenetzen werden nachfolgend zunächst die Biomassepotenziale und anschließend die konkreten Einsatzooptionen nach der Art der Biomasse (fest, gasförmig, flüssig) beschrieben und hinsichtlich ihrer Chancen und Grenzen für die netzgebundene Wärmebereitstellung bewertet.

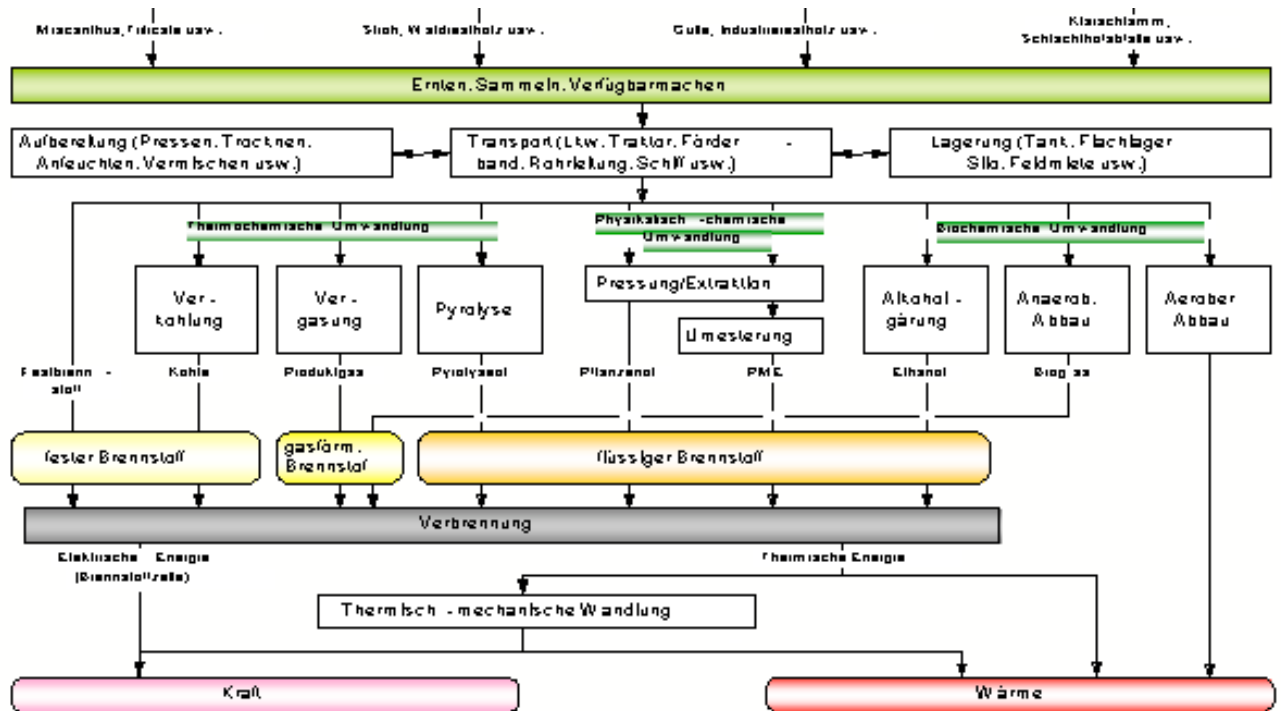


Abbildung 30: Nutzungsmöglichkeiten von Biomasse zur End- und Nutzenergiebereitstellung [Hartmann, Kaltschmitt 2002]

5.7.1 Biomassepotenziale

Bei der Bestimmung der Ressourcen der Bioenergieträger wird zwischen theoretischen, technischen, wirtschaftlichen und erschließbaren Potenzialen unterschieden. Nachfolgend werden hier die technisch einsetzbaren Potenziale der biogenen Ausgangsstoffe betrachtet, die entweder durch den Anbau von Energiepflanzen bereit gestellt werden könnten oder als Rückstände, Nebenprodukte bzw. Abfälle (zusammengefasst als Reststoffe bezeichnet) regelmäßig anfallen.

Um das Gesamtpotenzial zu bestimmen, können die betrachteten Reststoffe addiert werden, da diese unabhängig voneinander anfallen. Beim Anbau von Energiepflanzen kann das Potenzial jedoch jeweils nur als Alternative angegeben werden, da die für den Anbau von Energiepflanzen vorhandenen Ackerflächen nur für eine Energiepflanzenart zugleich nutzbar sind. Mischkulturen werden nicht betrachtet.

Potenziale durch den Anbau von Energiepflanzen

Bei der Bestimmung der Potenziale aus Energiepflanzen wird der Ansatz verfolgt, dass ein bestimmter Anteil der verfügbaren Ackerfläche nicht für die Nahrungsmittelerzeugung benötigt wird und daher für den Anbau von Energiepflanzen bereit steht. Dies entspricht auch der gegenwärtigen Agrarpolitik der Europäischen Union (EU), die eine Stilllegung von ca. 8 bis 9 % aller Ackerflächen zur Vermeidung von Überproduktion vorschreibt [BMVEL 2005].

Gegenwärtig werden bevorzugt die jeweils unfruchtbarsten Flächen stillgelegt. Unter der Annahme, dass der Markt für Bioenergieträger wirtschaftlich gleich gute Erlöse wie der Markt für Nahrungsmittel erbringt, kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die Flächen in gewissem Umfang austauschbar sind. Damit können im Rahmen der Fruchtfolge alle Flächen zeitweise für Energiepflanzen und zeitweise für die Nahrungsmittelproduktion genutzt werden. Unter der weiteren Annahme, dass 15 bis 20 % der Flächen für den Energiepflanzenanbau genutzt werden können, ist es theoretisch möglich, diesen Flächenanteil durchweg mit den gleichen Energiepflanzen zu bebauen, da eine Fruchtfolge mit den übrigen Feldfrüchten erfolgt und der Energiepflanzenanbau somit jährlich auf einem anderen Acker erfolgt. Es werden daher die Potenziale unter der Annahme errechnet, dass ca. 17 % aller Ackerflächen für Energiepflanzen genutzt werden könnten, dies entspricht in Deutschland rund 2 Mio. Hektar. Von dieser Anbaufläche kann zumindest mit einem Zeithorizont bis 2010 ausgegangen werden. Für den längerfristigen Zeithorizont bis 2020 könnte eine Fläche von bis zu 4 bis 6 Mio. ha zur Verfügung stehen /IE 2005/. Dauergrünland, Wald und andere Flächen werden nicht berücksichtigt.

Unter der hypothetischen Annahme, dass diese Fläche jeweils mit dem Anbau nur einer Energiepflanze genutzt wird, lassen sich aus den verschiedenen Energiepflanzen unterschiedliche Energieträger bereitstellen: Festbrennstoffe (Holz und Getreideganzpflanzen), flüssige Brennstoffe (Bioethanol auf der Basis stärke- und zuckerhaltiger Pflanzen sowie Pflanzenöl aus Ölsaaten) sowie für Biogas (aus nachwachsenden Rohstoffen, hier Maissilage). Der aus dem Anbau von Energiepflanzen auf dieser Fläche zu erwartende Primärenergieertrag beträgt etwa 77 bis 340 PJ³⁵ im Jahr (vgl. Abbildung 30).

Potenziale durch Nutzung anfallender biogener Reststoffe

Die biogenen Reststoffe umfassen Rückstände, Nebenprodukte und Abfälle, die in der Landwirtschaft, der Holz- und Lebensmittelverarbeitung sowie am Ende der Nutzungskette anfallen. Es stehen die Biomassen zur Verfügung, die nicht zur stofflichen Nutzung (z. B. Möbelbau) vorgesehen sind oder aus dieser ausscheiden. Da für die folgende Untersuchung nur die in der Land- und Forstwirtschaft sowie der weiterverarbeitenden Holzindustrie anfallenden Rückstände, Nebenprodukte und Abfälle relevant sind, bleiben alle übrigen Reststoffe unberücksichtigt.³⁶ Folgende biogene Reststoffe stehen als Potenziale zur Verfügung:

- **Holzartige Reststoffe** Es wird für die einzelnen Fraktionen davon ausgegangen, dass jeweils 80 % der anfallenden Rinden energetisch genutzt werden können. Folgende drei Holzfraktionen sind für die energetische Nutzung von Bedeutung:
- Industrieresthholz

³⁵ Sonnenblume nicht berücksichtigt.

³⁶ Dies sind anfallende Schwarzlauge (Black Liquor) aus der Zellstoffindustrie, Rückstände aus der Getränke- und Genussmittelherstellung sowie der Zuckerherstellung, Schlachtabfälle und Rückstände aus der Fleischverarbeitung, Abwässer, Klärschlamm und Deponiegas. Darüber hinaus bleiben Rübenblatt und Kartoffelkraut als Biogassubstrat unberücksichtigt, da bei ihrer Abfuhr vom Feld ein starker Nährstoffentzug durch erhöhte Düngung ausgeglichen werden müsste [KTBL 2002].

-
- **Sägenebenprodukte**
Das Potenzial wird unter Berücksichtigung des spezifischen Restholzfaktors bzw. der Schnittholzausbeute abgeleitet. Der Potenzialableitung zugrunde liegt die Schnittholzproduktion im Jahr 2000 [UN 2004].
 - **Holzwerkstoffindustrie**
Für den spezifischen Restholzanfall wurden die für Deutschland im Rahmen einer Ökobilanzierung ermittelten Ergebnisse angesetzt [Frühwald 2000].
 - **Zellstoff- und Holzschliffindustrie**
Es fallen nur Rinden als energetisch nutzbare Reststoffe an.
 - **Altholz**
Zum Altholzvorkommen bestehen keine detaillierten Statistiken. Daher wird nach [IE 2003] von etwa 73 kg Altholz je Einwohner und Jahr ausgegangen, die für eine energetische Verwertung zur Verfügung stehen.
 - **Gehölzschnitt aus landwirtschaftlicher Produktion**
Für die einzelnen Gehölzschnittfraktionen wird unterstellt, dass rund 80 % des anfallenden Holzes energetisch genutzt werden kann.
 - **Halmgutartige Reststoffe** Für das bei der Produktion von Weizen, Gerste, Roggen, Hafer, Körnermais, Raps, Sonnenblumen, Erbsen und Bohnen anfallende Stroh wird ein energetisch nutzbarer Anteil von 30 % angenommen. Der überwiegende Anteil des Strohaufkommens wird somit weiterhin zur Erhaltung der Bodengüte untergepflügt oder auch anderweitig zum Beispiel im Rahmen der Tierhaltung genutzt. Für die zur Verfügung stehende Strohmenge wird der Mittelwert aus den Jahren 1998 bis 2002 verwendet. [FAO 2000].
 - **Sonstige Reststoffe** zur Bestimmung des energetisch nutzbaren Biogaspotenzials aus Exkrementen (Gülle) werden die Nutztierarten Rinder, Schweine und Hühner berücksichtigt. Das Aufkommen an Exkrementen wird aus dem Tierbestand ermittelt. Aufgrund einer überwiegenden Freilandhaltung bzw. eines ohnehin sehr geringen Anfalls von Exkrementen bleiben andere Nutztierarten wie Schafe, Ziegen, Pferde, Gänse und Enten bei der Potenzialbestimmung unberücksichtigt. Datenbasis für den Tierbestand ist [Wilfert, Schattauer 2002].

Die technischen Potenziale der zuvor beschriebenen biogenen Rückstände, Nebenprodukte und Abfälle (zusammengefasst als „Reststoffe“ bezeichnet) ergeben einen möglichen Primärenergieertrag zwischen etwa 2 und fast 200 PJ im Jahr. In Summe steht ein biogenes Reststoffpotenzial von ca. 480 PJ zur Verfügung.

Der zusammenfassende Überblick des durch Anbau von Energiepflanzen und biogene Reststoffe in Deutschland vorhandenen Biomassepotenzials ist in Abbildung 31 dargestellt. Bezogen auf die Einzelpotenziale können mit Energiepflanzen die größten Erträge erzielt werden. Allerdings können diese Potenziale aus Energiepflanzen – wie bereits erläutert – nicht addiert werden, sondern stehen nur als Nutzungsalternativen zur Verfügung. Die Summe der biogenen Reststoffe mit annähernd 500 PJ und das größte Potenzial der Energiepflanzen

(Weizen als Ganzpflanze) führt zusammengenommen zu einem Bioenergieträgerpotenzial von fast 820 PJ. Aufgrund von Flächen- und Nutzungskonkurrenz steht die Biomasse allerdings nicht vollständig zur Wärme- bzw. Strom-/Wärmeerzeugung zur Verfügung, sondern wird zum Beispiel auch zur Kraftstoffgewinnung genutzt.

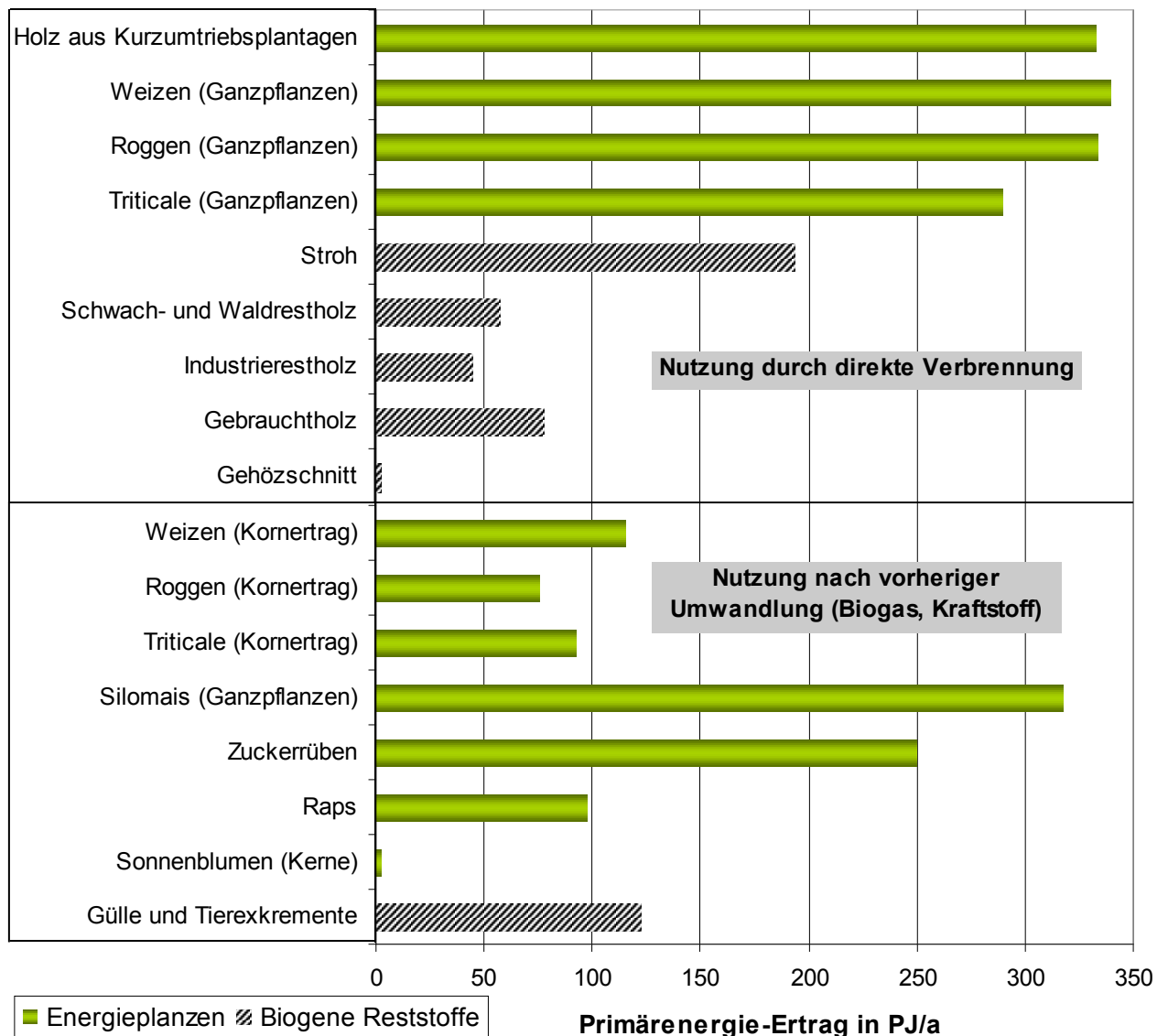


Abbildung 31: Bioenergieträgerpotenzial in Deutschland Energiepflanzen: Anbau auf jeweils 2 Mio ha, außer Sonnenblumen nur auf 80.000 ha angenommen, Potenziale alternativ Reststoffe: Potenziale adaptierbar [IE 2004/,/FAO 2000]

5.7.2 □ Nutzungsoptionen für Biomasse

Die Nutzungsoptionen für Biomasse zur netzgebundenen Wärmebereitstellung werden nachfolgend unter dem Blickwinkel

- fester,
- gasförmiger und
- flüssiger

Brennstoffe dargestellt, da sich mit dem jeweiligen Endprodukt aus Biomasse auch unterschiedliche Nutzungsoptionen verbinden.

Optionen fester Brennstoffe aus Biomasse

Zu den festen Brennstoffen aus Biomasse gehören sowohl der speziell zur energetischen Nutzung betriebene Pflanzenanbau³⁷ als auch anfallende Reststoffe vorwiegend aus industrieller und landwirtschaftlicher Produktion³⁸. Für die Nutzung als Energieträger sind in der Regel nur geringe Aufbereitungsmaßnahmen erforderlich.

- Bei der Aufbereitung von Holz oder Stroh erfolgt vor allem die Zerkleinerung und gegebenenfalls die Herstellung von Presslingen aus Sägespänen und Mahlgut. Im Falle landwirtschaftlicher Produkte wird z. B. Getreide oder Mais als Ganzpflanze siliert.
- Zur Zerkleinerung der Biomasse werden Holzspalter, Hacker oder Mühlen verwendet. Zur Auflösung von Strohballen werden maschinelle Ballenauflöser eingesetzt.
- Das nach der Getreideernte auf dem Feld abgelegte Stroh kann aufgesammelt und durch Pressen zum leichteren Transport und zur Lagerung verdichtet werden. Hierzu werden vor allem Quaderballenpressen und Rundballenpressen eingesetzt.

Bei der klassischen Verbrennung fester Biomasse in entsprechenden Feuerungsanlagen ist die Wärmebereitstellung in allen Leistungsbereichen seit Jahrzehnten im praktischen Einsatz. Die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung in Anlagen im Leistungsbereich größer 1 MW_{el} über konventionelle Dampfprozesse (Turbine) ist ebenfalls Stand der Technik und hat in Deutschland infolge des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) erheblich an Bedeutung gewonnen. Demgegenüber ist die gekoppelte Strom-/Wärmeerzeugung im kleinen Leistungsbereich (kleiner 1 MW) mit hohen Stromwirkungsgraden erst am Anfang der Entwicklung. Für Anlagen ab 500 kW_{el} bestehen bereits gute Erfahrungen (ca. 2 Jahre Erprobungszeitraum). Weiterhin gibt es erste Praxiserfahrungen mit Anlagen ab 250 kW_{el}, in denen mittels Vergasung der festen Biomasse eine energetische Nutzung in Blockheizkraftwerken ermöglicht wird. Unterhalb der Leistungsklasse von 250 kW_{el} befinden sich Anlagen mit KWK-Nutzung noch im Erprobungsstadium.

³⁷ Holz aus Kurzumtriebsplantagen, Getreideganzpflanzen

³⁸ Stroh, Schwach- und Waldrestholz, Industrieholz, Gebrauchtholz, Gehölzschnitt

BEST PRACTICE: Größte Holzpellettheizung in NRW
--

Im April 2006 wurde in Alsdorf bei Aachen die mit 830 Kilowatt größte Holzpellettheizung NRWs eingeweiht. Die Anlage versorgt 123 Wohneinheiten. Der jährliche Verbrauch der Anlage von rund 500 Tonnen Pellets entspricht 250.000 Litern Heizöl. Durch den Umstieg auf den umweltfreundlichen Brennstoff lassen sich jährlich 720 Tonnen CO ₂ einsparen.
--

BEST PRACTICE: Passivhäuser im Gewerbepark Karlsbad
--

Versorgt werden 12 Häuser in je einer Dreier-, Vierer- und Fünfergruppe. Neben einem Holzpellet-Kessel mit 32 kW Leistung wurde ein Gasbrennwertkessel zur Spitzenlastabdeckung eingesetzt. Eingebunden in das Nahwärmekonzept wurde die Dachfläche der angrenzenden Druckerei. Auf dem Dach des Unternehmens befinden sich 50 Quadratmeter Vakuumröhrenkollektoren (bis 35 kW Leistung, ca. 25.000 kWh pro Jahr). Der Gesamtverbrauch der 12 Häuser liegt bei 9,7 Tonnen Holzpellets im Jahr mit 5.000 kWh pro Tonne.
--

Vorhandene Feuerungsanlagen zur Holznutzung sind prinzipiell auch zur Verbrennung von Stroh oder Getreideganzpflanzen geeignet. Damit auch Ballen verarbeitet werden können, muss das System der Brennstoffzufuhr dafür angepasst werden. Diese Anpassung erfordert neben dem Ballentransport und der automatischen Ballenauflösung auch den dosierbaren Weitertransport der Halmgüter in den Feuerraum. Bei der Verbrennung von Stroh und Halmgütern muss mit einem erhöhten Ascheanfall und korrosiverem Rauchgas gerechnet werden. Für die Stroh- und Getreideganzpflanzennutzung müssen noch weitere technologische Entwicklungen erfolgen, um einen problemlosen Anlagenbetrieb langfristig zu gewährleisten.

Hinsichtlich der Voraussetzungen für eine Nutzung fester Biomasse zur netzgebundenen Wärmebereitstellung ergeben sich grundsätzlich keine anderen Anforderungen als bei anderen Energieträgern. Hinsichtlich des Anlagenstandortes sind ausreichende Flächen für die Brennstofflagerung vorzuhalten. Im Wettbewerb mit anderen Energieträgern kann jedoch unter Kostenaspekten eine Diskrepanz zwischen Anfall der Biomasse und Ort des Wärmebedarfs bestehen. Während ein Holztransport auch über längere Distanzen bereits heute praktiziert wird, ist der Transportaufwand von Pflanzen mit geringem Energieinhalt oder von Stroh wirtschaftlich nur eingeschränkt wettbewerbsfähig. Insbesondere im Hinblick auf kleinere Wärmenetze bietet sich eine Nutzung in der Nähe des Biomasseanfalls an, so dass hierfür insbesondere – aber nicht ausschließlich – ländliche Regionen besonders in Betracht kommen.

Optionen gasförmiger Brennstoffe aus Biomasse

BEST PRACTICE: Biomasse-Kraftwerk Sellessen

Das im April 2006 eingeweihte Kraftwerk versorgt einen, wegen des Braunkohletagebaus, umgesiedelten Ort mit 3,5 MW_{th} Nahwärme über ein 15 Kilometer langes Leitungsnetz. Der Rohstoffbedarf wird zu 85 Prozent aus bisher ungenutztem Holz gedeckt, das bei der Tagebau-Beräumung anfällt. Später soll das Kraftwerk seinen Rohstoff aus den im Rahmen eines Forschungsprojektes in Kooperation mit der BTU Cottbus und der Lausitzer und Mitteldeutschen Bergbauverwertungsgesellschaft entwickelten sog. Energiewälder beziehen, die auf dem Gelände der Tagebaue kultiviert werden. Auf dem rund 170 Hektar großen Rekultivierungsgelände sollen schnell wachsende Bäume angepflanzt werden, die zu Hackschnitzeln verarbeitet werden können. Die anfallende Roh-Biomasse wird auf 1.500 Tonnen pro Jahr geschätzt.

BEST PRACTICE: Nahwärme Obsteig (Tirol)

42 Wohneinheiten, eine Schule und ein Einzelhandelsgeschäft werden derzeit ganzjährig mit Wärme für Heizung und Warmwasserbereitung aus einem Biomasseheizwerk und einer Solaranlage über ein Nahwärmenetz versorgt.

Der Biomassekessel wird mit Wald- und Industriebiomasse beheizt. Der Betrieb läuft vollautomatisch und der Brennstoff wird nach Bedarf angeliefert, d.h. das Heizwerk hat nur ein unterirdisches 2-3 Wochenlager und keine Langzeit-Lagerhalle. Die zentrale Solaranlage deckt während der Sommermonate den Großteil des Wärmebedarfes ab, der Biomassekessel kann im Sommer daher stillgelegt werden. Eine Ölkesselanlage ergänzt den Biomassekessel und wird bei Bedarf automatisch in Betrieb genommen. Die Anlage liefert nur **Wärme**.

thermische Leistung: 440 kW

jährlicher Rohstoffbedarf für das Holzheizwerk: 1.600 Schüttraummeter

Solaranlage: 300m²

Quelle:

http://www.nahwaerme.net/html/nahwaerme_at_-_projekt_obsteig.html

<http://obsteigaktuell.heim.at/dorf/biomasse/>

BEST PRACTICE: Biomasse-Heizkraftwerk Pfaffenhofen (Bayern)

Eine exakte Bedarfsanalyse ermittelte den Bedarf an Prozessdampf (durch das Unternehmen HIPP), Fernwärme- und Kälte (HIPP, Ilmtalklinik, Brauerei, lokale Bevölkerung), welcher mit einem Biomasse-Heizkraftwerk und einem Fernwärmenetz optimal gedeckt werden konnte. Zur Reserve- und Spitzenlastdampferzeugung kommen zwei zweistoffbefeuerte Dampfkessel (Gas und Öl) zum Einsatz.

Mit dem Hochtemperatur-Fernwärmentz werden Prozesswärmeabnehmer und Abnehmer für Heizwärme versorgt, des Weiteren werden Absorptionskältemaschinen betrieben, um drei Großkunden mit Kälte zu versorgen.

Durch die Rauchkondensation kann die im Rauchgas enthaltene Abwärme nutzbar gemacht werden. Diese wird in das Mitteltemperatur-Fernwärmenetz eingespeist und versorgt die Abnehmer mit Raumwärme und Brauchwarmwasser.

Die Anlage liefert **Strom, Prozessdampf, Fernwärme** und **Kälte**.

thermische Leistung: 23,5 MW bzw. 28 MW

elektrische Leistung: 6,1 MW

jährlicher Rohstoffbedarf für das Holzheizwerk: 300.000 Schüttraummeter

Quelle:

Abschlussbericht; Biomasse-Heizkraftwerk Pfaffenhofen, Nov. 2003

BEST PRACTICE: Energiepark KonWerl

Seit Mai 2003 versorgt im westfälischen Werl ein Biomasse-Heizkraftwerk 100 Haushalte, Gewerbebetriebe und öffentliche Gebäude mit Heizwärme und Strom. Das dezentrale Energie-Management-System der Firma Siemens liefert Prognosen für elektrische und thermische Lasten in Abhängigkeit von Tagestyp, Uhrzeit und Wettereinflüssen und ermöglicht dadurch eine optimale Anpassung und Auslastung entsprechend der schwankenden Nachfrage.

Beim anaeroben Abbau organischer Stoffe, d. h. dem Abbau unter Sauerstoffabschluss, entsteht ein Mischgas (Biogas), das zu 55 bis 70 % aus Methan besteht. Es kann in Motoren zur Wärme-, Strom- und Kraftbereitstellung genutzt werden. Anlagen zur anaeroben Fermentation werden beispielsweise in Kläranlagen zur Klärschlammstabilisation eingesetzt (Faultürme). Für die Vergärung von Gülle und die anschließende Gasnutzung in Motoren mit gekoppelter Erzeugung von Strom und Wärme wurden in den letzten Jahren eine Vielzahl von Anlagen errichtet (Biogasanlagen). Die Gaserzeugung und -nutzung aus Gülle kann somit als Stand der Technik betrachtet werden. Neben der Nutzung von Gülle gewinnt die Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen (Nawaro) vor allem durch den Einsatz von Maissilage für die Biogasproduktion zunehmend an Bedeutung.

Der Standort von Biogasanlagen ist eng gekoppelt an den Ort des Biomasseanfalls. Der landwirtschaftliche Reststoff Gülle kann nicht über große Distanzen transportiert werden, so dass ein Anlagenstandort in unmittelbarer Nähe zum Landwirtschaftsbetrieb in der Regel notwendig ist. Mit Blick auf Nawaro zum Einsatz in Biogasanlagen ist die mögliche Transportentfernung abhängig vom Preis für die Einsatzstoffe. Hier können Transportentfernungen von 20 bis 50 km in Betracht kommen, so dass ein Anlagenstandort durchaus auch am Ran-

de von Siedlungsgebieten gewählt werden kann. Die Errichtung in Siedlungsgebieten ist aber nicht möglich.

BEST PRACTICE: Biogasanlage und Orchideenzucht Strullendorf

Die Biogasanlage im bayrischen Strullendorf mit einer elektrischen Leistung von 660 kW setzt pro Jahr 12.000 Tonnen Bioabfall sowie 5.000 Tonnen Maissilage ein und produziert daraus Strom und Wärme. Der Strom wird in das öffentliche Netz eingespeist, ein angrenzender Betrieb zur Orchideenzucht nutzt die Wärme und setzt das bei der Verbrennung des Biogases entstehende Kohlendioxid zur Düngung der Kulturen ein.

BEST PRACTICE: Ökoenergie Recke GmbH

Zusammenschluss von 19 Landwirten zur Gründung einer Biogasgemeinschaftsanlage. Die Anlage besteht aus vier Fermentern mit einem Volumen von 1.250 Kubikmetern und zwei Endlagern mit jeweils 3.000 Kubikmetern. Der Betrieb der Anlage erfolgt ausschließlich auf Basis nachwachsender Rohstoffe. Täglich werden insgesamt etwa 130 Kubikmeter Mais, Mist, Schweine- und Rindergülle eingespeist aus denen Biogas für zwei BHKW mit einer Leistung von jeweils 511 kWel gewonnen wird. Die Gärreste werden von den Landwirten als Dünger verwertet. Geplant ist, die entstehende Abwärme zur Wärmeversorgung für benachbarte Gewerbebetriebe und Gemeindegebäude zu nutzen.

In Bezug auf die netzgebundene Wärmebereitstellung ergeben sich für die Nutzung von Biogas folgende Optionen:

- Aufbau und Versorgung kleinerer Wärmenetze in ländlichen Regionen.
- Versorgung bestehender oder neuer Wärmenetze in Siedlungsgebieten, wenn Anlagenstandorte an den Siedlungsrändern zur Verfügung stehen. In diesem Fall kommen eher nachwachsende Rohstoffe als Bioenergieträger in Betracht als landwirtschaftliche Reststoffe wie Gülle.
- Perspektivisch ist auch die Einspeisung von Biogas – nach entsprechenden zusätzlichen Aufbereitungsmaßnahmen – ins das Erdgasnetz denkbar, um dann in bestehenden oder neuen Heizzentralen – mit oder ohne KWK – als Brennstoff genutzt zu werden. Hierdurch würde eine weitgehende Unabhängigkeit von Biomasseanfall und Ort des Wärmebedarf ermöglicht.

Neben der zuvor dargestellten Biogasproduktion kann mittels thermo-chemischer Veredlungsverfahren die Umwandlung biogener Festbrennstoffe in gasförmige, flüssige oder feste Sekundärenergieträger erfolgen. Dabei kann unterschieden werden zwischen der Vergasung, der Verkohlung und der Pyrolyse. Bei der Vergasung wird Biomasse bei hohen Temperaturen möglichst vollständig in brennbare Gase umgewandelt. Dazu wird dem Prozess weniger Sauerstoff zugeführt, als zu einer vollständigen Verbrennung erforderlich wäre. Dieser Sauerstoff wird benötigt, um den in der Biomasse enthaltenen Kohlenstoff über diverse Zwischenstufen zu Kohlenstoffmonoxid (CO) zu vergasen. Dazu wird durch eine teilweise Verbrennung des Einsatzmaterials die erforderliche Prozesswärme bereitgestellt. Das produzierte Brenngas kann anschließend in Motoren, Turbinen oder ggf. in Brennstoffzellen zur Stromerzeugung oder Strom-/Wärmeerzeugung eingesetzt werden (dies ist der gegenwärtig

präferierte Umwandlungspfad) oder – und das ist in der letzten Zeit vermehrt in die Diskussion gekommen – zu flüssigen Bioenergieträgern umgewandelt werden (BTL = Biomass to Liquid Kraftstoffe: z. B. Methanol, Fischer-Tropsch-Diesel, so genannte Sunfuels).

Eine großtechnische Strom-/Wärmeerzeugung aus Biomasse über die Vergasung ist derzeit noch nicht verfügbar, obwohl insbesondere dies das Ziel einiger laufender Entwicklungsbemühungen ist (z. B. Anlagen in Güssing oder der Stadtwerke Aachen, letztere in Lizenz der Choren Industries gebaut). Ausgehend davon können aus gegenwärtiger Sicht folgende Perspektiven für die Vergasung abgeleitet werden:

- Die Vergasung erscheint aufgrund der grundsätzlich erreichbaren hohen Wirkungsgrade als eine wesentliche Zukunftsoption zur Strom-/Wärmeerzeugung aus nahezu allen Fraktionen an biogenen Festbrennstoffen (hierzu zählen auch Anbaubiomasse wie Kurzumtriebsplantagen oder Silage). Dies gilt – mit bestimmten Einschränkungen – auch für die viel versprechende Option der Bereitstellung von flüssigen Bioenergieträgern. Für letztere sind insbesondere Konzepte in der Diskussion, welche eine dezentrale Vergasung der Biomasse und zentrale Weiterverarbeitung eines Zwischenproduktes (z. B. Pyrolyseöl) zum Inhalt haben. Damit könnten Transportaufwendungen reduziert (ein Produkt mit einem höheren Heizwert im Vergleich zur Biomasse wird transportiert) und die verfahrenstechnisch komplizierten Aufbereitungsschritte in größer dimensionierten Anlagen realisiert werden (dadurch werden Verfahrensschritte effizienter und kostengünstiger).
- Die teilweise sehr erfolgreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten der letzten Jahre insbesondere in Schweden, Österreich und z. T. Deutschland lassen die Hoffnung zu, dass die Anlagentechnik zur Stromerzeugung in Form von Pilotanlagen mittelfristig verfügbar sein könnte. In der nahen Zukunft ist aber aufgrund erheblicher technischer und ökonomischer Defizite nicht zu erwarten, dass die Vergasung einen energiewirtschaftlich relevanten Beitrag zur Stromerzeugung leisten kann.
- Bezüglich der politisch gewollten Bereitstellung von flüssigen Bioenergieträgern für den Verkehrssektor erscheint die Vergasung viel versprechend; aber aufgrund der noch zu überwindenden technischen und ökonomischen Probleme wird die dafür benötigte Technologie mit hoher Wahrscheinlichkeit auch mittelfristig noch nicht großtechnisch zur Verfügung stehen.

Würden die dargestellten Perspektiven realisiert, werden wohl eher großtechnische Lösungen zur Anwendung kommen, so dass dann allenfalls die Wärmeversorgung bestehender Fernwärmenetze in Betracht kommt.

Optionen flüssiger Brennstoffe aus Biomasse

Als flüssige Brennstoffe aus Biomasse kommen für die Nutzung zur Wärmebereitstellung in der Regel in Verbindung mit einer gekoppelten Stromproduktion in einem BHKW biogene Kraftstoffe (Biodiesel, Bioethanol) und Pflanzenöle (Raps- oder Sonnenblumenöl) in Betracht. Auf dem deutschen Markt etablieren sich zunehmend auch importierte Palmöle aus Asien zur Strom- und Wärmeerzeugung.

Die Nutzungsvoraussetzungen für die flüssigen Bioenergieträger zur netzgebundenen Wärmebereitstellung unterscheiden sich grundsätzlich nicht von den Anforderungen an bereits

heute existierende Anlagen zur Versorgung von Wärmenetzen. Im Vergleich zu Anlagen mit Erdgaseinsatz ist zusätzlich lediglich ein Tanklager vorzusehen. Die Nutzung flüssiger Bioenergieträger besitzt die größte Flexibilität hinsichtlich Anlagenstandort und Anlagengröße und kann auf erprobte und etablierte Technologien aufbauen. Aus technischer Sicht bietet sich somit ein großes Einsatzpotenzial für die netzgebundene Wärmebereitstellung.

Einschränkungen für die Nutzung flüssiger Bioenergieträger ergeben sich eher aufgrund der Nachfragekonkurrenz zwischen dem Strom-/Wärmemarkt einerseits und dem Kraftstoffmarkt andererseits. Aufgrund einer EU-Direktive wird ein Anteil biogener Kraftstoffe von 5,75 % am gesamten Kraftstoffeinsatz bis 2010 fordert. Diese, von der EU geforderten, aber nicht rechtlich bindenden Absatzzahlen für Biokraftstoffe, werden in Deutschland voraussichtlich schon im Jahr 2006 oder 2007 erreicht, was nicht zuletzt auf die bisherige Steuerbefreiung für Biokraftstoffe zurückzuführen ist. Auf Grund des nunmehr vorliegenden Biokraftstoffquotengesetzes wird in Deutschland ein verpflichtender Mindestanteil von Biokraftstoffen an der Gesamtmenge von Otto- und Dieselmotorkraftstoffen von 6,25 % im Jahr 2009 und ansteigend auf 8 % im Jahr 2015 festgelegt.

Es kann derzeit nur schwer eingeschätzt werden, inwieweit sich aus dieser Konkurrenzsituation auf der Nachfrageseite ein begrenztes Einsatzpotenzial von flüssigen Bioenergieträgern für die Wärmebereitstellung ergibt.

6 Räumlich-strukturelle Entwicklungsmöglichkeiten der Wärmenetze

6.1 Abgrenzung zu bestehenden Regionalisierungsansätzen

Im Folgenden sollen die Perspektiven der Nah- und Fernwärmeentwicklung auf räumlicher Ebene konkret verortet werden. Szenariovorgaben und die Regionalisierungsmethodik sind an dieser Stelle bestimmend für das Resultat der Analyse. Um die Ergebnisse in den Zusammenhang anderer, vorhergehender Forschungsarbeiten stellen zu können, erscheint es sinnvoll, an dieser Stelle die Abgrenzungsmerkmale herauszustellen.

Als wesentliche bestehende Forschungsarbeit müssen in diesem Zusammenhang die Untersuchungen der AGFW-Studie „Pluralistische Wärmeversorgung. Perspektiven der Fernwärme und der Kraft-Wärme-Kopplung“ aus dem Jahr 2004 genannt werden [AGFW 2004]. Eine inhaltliche Schnittmenge besteht dabei vor allem zu den Teilberichten

- Verbrauchskennzahlen und Fernwärmepotenziale für Wohn- und Nichtwohngebäude in Städten. (FZ Jülich, STE)
- Aufbereitung, Konvertierung und Ergänzungen von Gebäude- und Siedlungsdaten durch ein auf Statistik und örtliche Daten beruhendes Verfahren. Methodisches Vorgehen und Ergebnisse. (bei)
- Die Rolle der KWK und der Fernwärme in der deutschen Energieversorgung bis 2020. (IER)

Im Kapitel zum Ausbau der Fern- und Nahwärme als strategisches Klimaschutzelement wurde bereits auf die Unterschiede in den Szenarien der AGFW-Studie und des BMU/UBA-Nachhaltigkeitsszenarios hingewiesen. Neben dem grundsätzlich unterschiedlichen Zeithorizont (AGFW: 2020, BMU/UBA: 2050), muss auch auf die, bei BMU/UBA stärker hervorgehobenen, Rolle der dezentralen KWK und Objektversorgung hingewiesen werden.

Neben den differierenden Szenariovorgaben, stellt auch die Methodik der räumlichen Verortung von Entwicklungsmöglichkeiten der Wärmenetze ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal der verschiedenen Arbeiten dar. So beschränkt sich die Analyse im AGFW-Teilbericht zu den Verbrauchskennzahlen und Fernwärmepotenzialen auf Gemeinden mit mehr als 20.000 Einwohnern und nimmt die Betrachtung zusätzlich nur für ausgewählte Referenz-Modell-Städte vor. Im Ergebnis steht eine Ermittlung der technischen Potenziale. Auch die Ausführungen zur Aufbereitung, Konvertierung und Ergänzung von Gebäude- und Siedlungsdaten, beruht, wie der Titel sagt, auf einem Statistik und örtlichen Daten basierendem Verfahren. Auch hier findet sich eine Abgrenzung der so genannten fernwärmewürdigen Städte mit mehr als 20.000 Einwohnern und gleichzeitig mehr als 2.000 Bewohnern von Mehrfamilienhäusern.

Derartige Einschränkungen auf bestimmte Stadtgrößen, bzw. die Betrachtung auf der Ebene von Modellstädten wurde in der vorliegenden Untersuchung durch eine umfassende Auswertung von Satellitendaten und ihrer Verschneidung mit Zahlen aus der amtlichen Statistik umgangen. Auf diese Weise konnte erreicht werden, dass die Ergebnisse der Regionalisierung flächendeckend für das gesamte Bundesgebiet vorliegen. Notwendigerweise muss dabei für

die Gemeindeebene von einem, gegenüber der Modellstadtanalyse, geringeren Detaillierungsgrad ausgegangen werden.

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal stellt die spezifische Betrachtung der regenerativen Energiequellen dar. Während diese in den AGFW-Arbeiten keine Berücksichtigung fand, nimmt sie in der vorliegenden Regionalisierungsstudie eine zentrale Rolle ein.

Das genaue methodische Vorgehen der Regionalisierung der Entwicklungsmöglichkeiten der Wärmenetze wird in den folgenden Abschnitten dargelegt.

6.2 Dezentrale Nahwärme und regenerative Nahwärmeversorgung; Ziele und Übersicht

Gegenstand des Kapitels ist die Umsetzung von Zielvorgaben für die Nahwärmeversorgung aus dem BMU-Langfristszenario „Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland“ [DLR 2004] in eine regionalisierte Darstellung. Durch diese Regionalisierung wird ein Lückenschluss zwischen den vorliegenden Langfristszenarien und der räumlichen Detaillierung/Unterfütterung hergestellt.

Zur Regionalisierung wird eine einfache Methode zur Abschätzung der Umsetzungsmöglichkeiten der Szenariovorgaben auf räumlich disaggregierter Ebene für die unterschiedlichen Sektoren Fernwärme sowie regenerative und fossile Nahwärme entwickelt.

Im Rahmen der Betrachtung der regenerativen Nahwärmeversorgung, der in den BMU Langfristszenarien eine hohe Bedeutung beigemessen wird, wird wie folgt vorgegangen:

- (i) Aufbau eines einfachen Modells zur Bestimmung der regionalen Wärmebedarfsstruktur unter Zuhilfenahme spezifischer für die Landkreise Deutschlands vorliegender Indikatoren (z.B. Einwohnerdichte, Haushaltsdichte, Gebäudeanzahl, Flächenbelegungsdichte nach Unterscheidung Wohngebäude, gewerbliche und industrielle Nutzung) und Kopplung mit der Gebäudetypologie (Gebäudetyp und Gebäudealter) zur Bestimmung der Wärmenachfrage. Spiegelung der Bedarfsstruktur an den verfügbaren regionalen Potenzialen und technischen Möglichkeiten (Biomasse, solare Nahwärme, Geothermie).
- (ii) Aufbauend auf einen satellitengestützten Landnutzungsdatensatz sowie den vom Stat. Bundesamt vorliegenden Einflussgrößen zur Berechnung der Wärmebedarfsstruktur wird das unter (i) entwickelte Modell mit einer gemeindescharfen Auflösung für ganz Deutschland umgesetzt.
- (iii) Prüfen der Ergebnisse an Hand von vorliegenden regionalen Nahwärmestudien.

Die Analyse zur Regionalisierung erfolgt für jede Gemeinde, welche noch in vier Siedlungstypen untergliedert wird. Nachfolgend sind als grober Überblick bezüglich der Herangehensweise die fünf wichtigsten Arbeitsschritte aufgelistet:

1.) Bestimmen des Wärmebedarfs:

- Ermitteln der Fläche unterschiedlicher Siedlungstypen je Gemeinde
- Ermitteln der Anzahl Gebäude je Hektar für jeden Siedlungstyp in jeder Gemeinde (Gebäudedichte)
- Ermitteln des Wärmebedarfs in Abhängigkeit von Gebäudetyp und Gebäudealter
- Ermitteln der Wärmeverluste (Netzverluste)

2.) Vergleichen der Wirtschaftlichkeit:

- Investitionskosten für konventionelle Wärmebereitstellung (Heizkessel)
- Investitionskosten für Nahwärme

3.) Bestimmen der Verfügbarkeit von Biomasse, Geothermie und solarer Wärme

4.) Erstellen eines Rankings der Gemeinden bezüglich der Nutzung von Nahwärme und bezüglich des Potenzials erneuerbarer Energien.

5.) Regionalisieren der Vorgaben des BMU-Langfristszenarios

Da Daten aus mehreren Quellen ausgewertet wurden, welche in unterschiedlichen Formaten dargestellt waren, musste eine größere Anzahl Anpassungen vorgenommen werden. Im Folgenden werden die einzelnen Arbeitsschritte prozessorientiert beschrieben.

6.3 Wärmebedarf

6.3.1 □ Aufbereiten der Daten zu Landnutzung bzw. Siedlungstyp

6.3.1.1 Allgemein

Informationen zu Siedlungstyp und Landnutzung liefert der Datensatz „LaND25 – Landnutzungskartierung Deutschland 1:25.000“ der Firma „Infoterra“ [© Copyright by Infoterra GmbH, 2001], die den Datensatz freundlicherweise für diese Studie zur Verfügung gestellt hat. Auf Basis von Landsat-7 Daten des Jahres 2002 und weiteren Informationen aus topografischen Karten 1:25.000, dem NAVSTREETS digitalem Straßennetz und einem digitalen Höhenmodell, werden 21 Landnutzungsklassen in einer geometrischen Auflösung von 25 m zur Verfügung gestellt. Mit Hilfe eines Geo-Information-Systems (GIS) können diese Informationen räumlich abgefragt werden. Abbildung 32 zeigt beispielhaft diesen Datensatz für die Stadt Stuttgart.

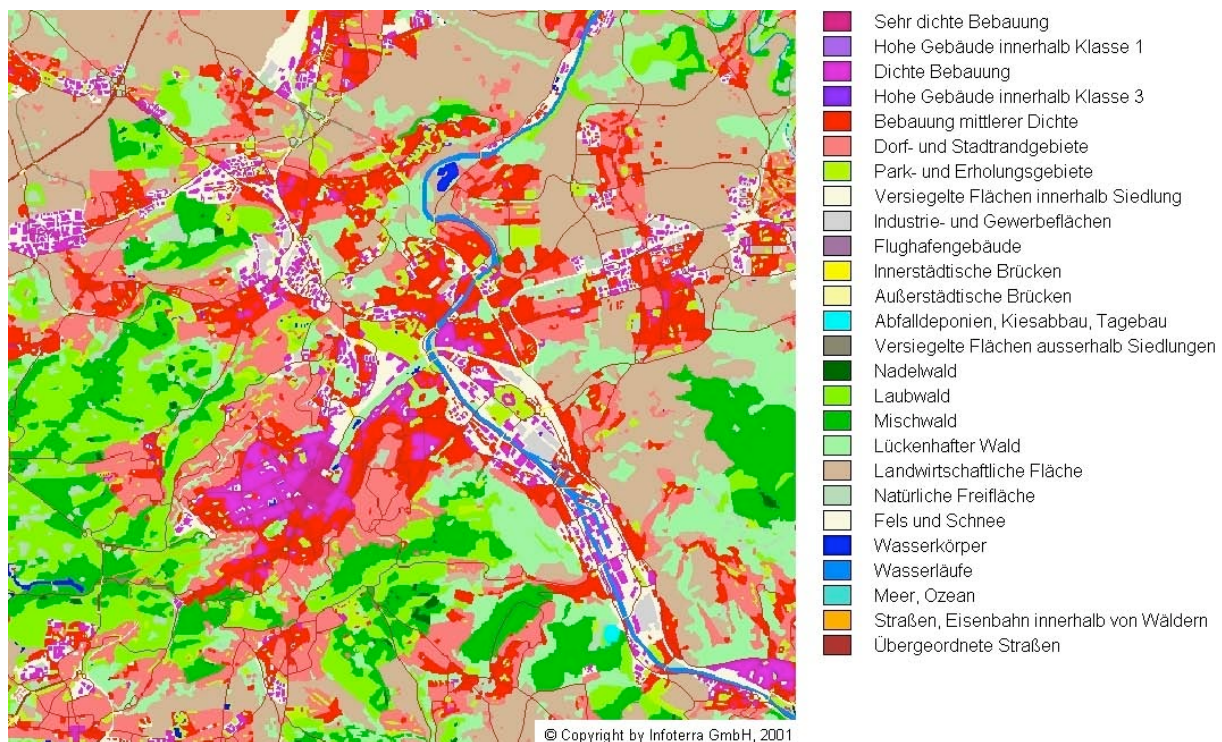


Abbildung 32: Der Datensatz LaND25 am Beispiel Stuttgart. (© Copyright by Infoterra GmbH, 2001)

6.3.1.2 □ □ Technische und geografische Anpassung

Die LanND25-Daten von Infoterra liegen im ERDAS Format in der Gauß-Krüger-Projektion vor und beinhalten eine 30 km breite Pufferzone um das gesamte Bundesgebiet. Da der Datensatz sehr groß ist, wird nach vergleichenden Tests beschlossen, die Auflösung von 25m x 25m auf 50m x 50m zu reduzieren. Dadurch wird die Genauigkeit kaum beeinträchtigt, die Datenverarbeitung erleichtert sich jedoch stark. Im weiteren Verlauf wird der Landnutzungsdatensatz daher LaND50 genannt, entsprechend der 50m x 50m –Auflösung.

Beim Vergleich der Geometrie des LaND50-Datensatzes mit der Geometrie der Gemeindegrenzen des Datensatzes von „infas-Geodaten“ (siehe Abschnitt 6.3.2) wird eine Verschiebung der Grenzen erkennbar. Deutlich wird dies am Verlauf der Küsten, im Bereich des Bodensees und an markanten Gemeindegrenzen, die z.B. an Flüssen liegen.

Zur Korrektur wird die Geometrie der Gemeindegrenzen als Referenzgeometrie herangezogen. Mittels der GIS-Software werden ca. 110 Passpunkte festgelegt, deren geografische Breite bekannt ist, bzw. die anhand von Gemeindegrenzen und dem Landnutzungsdatensatz eindeutig geografisch zugeordnet werden können. Mit Hilfe einer GIS-Korrekturfunktion³⁹ wird der LaND50-Datensatz an die Geometrie der Gemeindegrenzen angeglichen (georeferenziert). Mit einer Ländermaske für das Bundesgebiet wird der 30 km breite Pufferbereich ausmarkiert.

³⁹ Das Modul RESAMPLE der GIS-Software IDRISI stellt eine kubische Übertragungsfunktion zur Verfügung, die das gesamte Bild unter Berücksichtigung der gewählten Passpunkte georeferenziert.

6.3.1.3 Inhaltliche Anpassung

Für eine einfachere Verarbeitung werden die Klassen der Landnutzung und Siedlungstypen aus LaND50 zuerst zu 9 Klassen zusammengefasst, die für dieses Projekt relevant sind. In Tabelle 13 sind die alten und neuen Klassen und deren jeweilige Bezeichnung dargestellt. Zusätzlich werden für die spätere Analyse der Siedlungsflächen in Anlehnung an eine vorherige Studie [DLR 1997] die neuen Siedlungsklassen im Verlauf der Prozessierung in die Klassen ST II, ST IIIa, ST IIIb und ST IV umbenannt⁴⁰. Dabei steht ST II für Dorf- und Stadtrandgebiete, ST IIIa für städtische Bebauung mittlerer Dichte, ST IIIb für dichte städtische Bebauung und ST IV für Industrie- und Gewerbeflächen.

Tabelle 13: Klassifizierung der LaND25-Klassen zur einfacheren Verarbeitung.

Neue Klasse	Alte Klasse	alte Bezeichnung
2 (ST II)	6	Dorf- und Stadtrandgebiete
3 (ST IIIa)	5	Bebauung mittlere Dichte
4 (ST IIIb)	3, 4	Dichte Bebauung und hohe Gebäude innerhalb dichter Bebauung
5 (ST IIIb)	1, 2	Sehr dichte Bebauung und hohe Gebäude innerhalb sehr dichter Bebauung
6 (ST IV)	6	Industrie- und Gewerbeflächen
7	7	Versiegelte Flächen innerhalb Siedlungen
10	15, 16, 17	Nadel-, Laub- und Mischwald
11	19	Landwirtschaftliche Fläche
12	20	Natürliche Freifläche

6.3.2 □ Daten zu Gemeindegeometrie und Gebäudeinformation

Die benötigten Informationen zu Gebäudetypen und Gebäudealter je Gemeinde werden aus einem Datensatz der Firma „infas-Geodaten“ entnommen. Folgende Wohngebäudetypen

⁴⁰ Die Bezeichnung der Siedlungstypen erfolgt in Anlehnung an die klassischen Untersuchungen von Winkens [Winkens 1985] und Roth [Roth 1980]. Die dort definierten 8 bis 9 Siedlungstypen allein für Wohnbebauung wurde hier zu einem Siedlungstyp für Einfamilienhäuser (ST II) und zwei Siedlungstypen für städtische Bebauung (ST III) zusammengefasst. Eine höhere Auflösung der Siedlungstypen ist auf Grundlage von Satellitendaten nicht möglich und für die Zielerreichung der vorliegenden Studie auch nicht erforderlich.

werden in diesem Datensatz dargestellt: 1- / 2-Familienhäuser, Reihen-/Doppelhäuser, Mehrfamilienhäuser, Wohnblöcke, Wohn-/Hochhäuser, Terrassenhäuser und Bauernhäuser. Für jeden Gebäudetyp wird die absolute Anzahl je Gemeinde angegeben, untergliedert in neun Gebäudealtersklassen. Die Altersklassen sind für jeden Gebäudetyp gleich.

Tabelle 14 zeigt beispielhaft die Klassen des Gebäudealters für das 1-/2-Familienhaus.

Tabelle 14: Altersklassen je Gebäudetyp am Beispiel 1-/2-Familienhaus

Gebäudetyp	Gebäudealter
1- / 2-Familien-häuser	Baujahr < 1900
	Baujahr 1900 – 1945
	Baujahr 1946 – 1960
	Baujahr 1961 – 1970
	Baujahr 1971 - 1980
	Baujahr 1981 - 1985
	Baujahr 1986 - 1995
	Baujahr 1996 - 2000
	Baujahr 2000 - 2005

Die Informationen zu Nichtwohngebäuden werden für diese Analyse nicht herangezogen (siehe Abschnitt 6.3.6). Zusätzlich zu den Gebäudedaten sind in diesem Datensatz auch Geometriedaten der Gemeindegrenzen abgelegt.

6.3.3 ☐ Ermitteln der Fläche der einzelnen Siedlungstypen je Gemeinde

6.3.3.1 Allgemein

Für Verwaltungszwecke besitzt jede Gemeinde eine offizielle Nummer, den sog. Amtlichen Gemeindeschlüssel (AGS). Die niedrigste Nummer ist 1001000 für Flensburg, die höchste Nummer ist 16077056 für Saara. Zur einfacheren internen Verarbeitung wird eine weitere interne Nummer vergeben (IDR_ID), Diese Nummern beginnen mit 1 für die Gemeinde Flensburg und enden mit 12504 für Saara. Somit werden 12504 Gemeinden analysiert. Durch die andauernde Neustrukturierung der Gemeinden, werden immer wieder Gemeinden zusammengelegt bzw. umbenannt. Der hier verwendete Datensatz der Gemeindegeometrien bezieht sich auf den Gebietsstand vom 31.12.2004.

Für jede Gemeinde wird die Fläche der definierten Siedlungstypen 2 bis 7 und 10 bis 12 ermittelt. Das methodische Vorgehen zur Flächenbestimmung wird im Anhang zu diesem Kapitel erläutert.

6.3.4 □ Korrektur der Flächenangaben zu den Siedlungstypen

6.3.4.1 Allgemein

Ein Vergleich der ermittelten Flächengrößen mit den Werten des Statistischen Bundesamts zeigt, dass besonders für die Klasse 6 „Industrie- und Gewerbegebiet“ größere Abweichungen vorliegen. Der Datensatz LaND50 gibt für diesen Siedlungstyp eine um mindestens den Faktor 10 zu kleine Fläche gegenüber den Angaben des Statistischen Bundesamtes an. So weist z.B. das Statistische Jahrbuch für Baden-Württemberg eine Fläche von 398 km² für Gewerbe und Industrie aus. Die Industrie- und Gewerbefläche aus LaND50 wird hingegen nur mit einer Fläche von knapp 14 km² angegeben. Zwei entscheidende Gründe wurden hierfür gefunden:

- Erstens werden im LaND50-Datensatz nur Industrie- und Gewerbeflächen als solche klassifiziert, die eine Fläche größer 30.000m² besitzen. Flächen unterhalb dieser Grenze werden den Klassen „sehr dichte Bebauung“ und „dichte Bebauung“ zugewiesen.
- Zweitens wurde durch eine Vor-Ort Analyse mehrerer Gemeinden (Herrenberg, Mannheim, Stuttgart-Vaihingen und Wiernsheim) erkannt, dass die Klasse 7 „versiegelte Fläche innerhalb Siedlungen“ größtenteils der Klasse 6 „Industrie- und Gewerbegebiet“ zugeordnet werden kann. Außerdem sind die tatsächlich vorhandenen Gewerbegebiete wenigstens teilweise im Datensatz LaND50 als Gebiete mit dichtere Bebauung (Klassen 3 bis 5) ausgewiesen.

6.3.4.2 Korrekturmaßnahme

Als Referenzwert für die Korrektur dienen die Angaben des Statistischen Bundesamtes über die „Bodenfläche 2001 nach Nutzungsarten“ [StJB 2005]. In der genannten Tabelle werden für jedes Bundesland u.a. die Flächen für Gewerbe und Industrie ausgewiesen. Fehlende Angaben der Bundesländer Sachsen-Anhalt, Schleswig- Holstein und Thüringen wurden ergänzt, indem das Verhältnis von der gesamten „Fläche von Gebäude und Freifläche“ gegenüber der Fläche „Gewerbe und Industrie“ des Bundeslandes Sachsen übernommen wurde [StJB 2005].

Tabelle 15: Bodenfläche 2001 nach Nutzungsarten [StJB 2005]. * Die Werte für Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein und Thüringen sind ergänzt, entsprechend dem Flächenverhältnis von Sachsen. Für die Korrektur des LaND50-Datensatzes sind die grau unterlegten Daten relevant.

Bundesland	Gebäude und Freifläche gesamt (km ²)	darunter Wohnen (km ²)	darunter Gewerbe und Industrie (km ²)
Baden-Württemberg	2.500	1.278	398
Bayern	3.663	1.689	356
Berlin	892	359	180
Brandenburg	1.253	446	313
Bremen	136	62	24
Hamburg	269	151	34
Hessen	1.518	764	158
Mecklenburg-Vorpommern	817	219	249
Niedersachsen	3.191	1.691	377
Nordrhein-Westfalen	4.171	2.052	558
Rheinland-Pfalz	1.083	526	125
Saarland	301	183	38
Sachsen	1.191	183	131
Sachsen-Anhalt *	978	150	107
Schleswig-Holstein *	972	150	107
Thüringen *	678	104	74
	23.613	10.007	3.229

Die Flächenangaben für Gewerbe und Industrie dienen als Referenz. Die ermittelten Flächenangaben aus LaND50 müssen nun so angepasst werden, dass für jedes Bundesland der Wert aus dem Statistischen Jahrbuch 2005 erreicht wird. Da die Korrektur auf Gemeindeebene erfolgen soll, müssen zuerst die für jedes Bundesland vorgesehenen Industrie- und Gewerbefläche auf die Gemeinden verteilt werden. Dies geschieht mit Hilfe der Anzahl Erwerbstätiger, die in den amtlichen Statistiken für jeden Kreis ausgewiesen sind. Die Gesamtflächen werden für jedes Bundesland entsprechend der prozentualen Verteilung der Erwerbstätigen des produzierenden Gewerbes (einschl. Baugewerbe) je Kreis auf die einzelnen Kreise verteilt. [destatis 2006]

Diese Flächen je Kreise werden dann entsprechend den sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten am Arbeitsort je Gemeinde auf die Gemeinden verteilt [Bundesagentur für Arbeit 2004]. Als Ergebnis stehen nun die - gemäß destatis - korrigierten Flächen für Gewerbe und Industrie, für jede Gemeinde zur Verfügung.

Da die aus LaND50 ermittelten Flächenwerte zu Industrie- und Gewerbefläche (Klasse 6) zu gering gegenüber dem Referenzwert aus destatis ausfallen, müssen den übrigen Siedlungsflächen (Klassen 2 bis 5 und 7) Flächen abgezogen und der Klasse 6 hinzugerechnet werden. Folgendes Vorgehen wird hierfür angesetzt:

Bis maximal 80% der Fläche der Klasse 7 „versiegelte Fläche innerhalb Siedlungen“ wird auf Klasse 6 übertragen. Eine Restfläche bleibt für z.B. Gleisanlagen, Plätze etc. erhalten.

Ist der Referenzwert von destatis noch nicht erreicht, werden weitere Flächen den Klassen 2 „Dorf und Stadtrandgebiete“ bis 5 „sehr dichte Bebauung“ entnommen. Wenn nötig, wird zuerst die gesamte Fläche der Klasse 5, dann die Fläche der Klasse 4, 3 und 2 auf die Klasse 6 übertragen, solange, bis der Wert der Referenzfläche erreicht ist.

Als Ergebnis liegen für jede Gemeinde die korrigierten Flächenangaben der neun Klassen vor.

In Einzelfällen liefert auch dieser Korrekturansatz noch keine befriedigenden Ergebnisse (z.B. im Sonderfall Wolfsburg mit einem sehr hohen Anteil Erwerbstätigen im produzierenden Gewerbe). Für das Gesamtergebnis der Studie bleiben diese Sonderfälle aber ohne merkliche Auswirkung.

Tabelle 16 zeigt die über alle Gemeinden aufsummierte Siedlungsfläche untergliedert nach den vier Siedlungstypen.

Tabelle 16: Siedlungsflächen⁴¹ in Deutschland [1000 ha]

	ST II	ST IIIa	ST IIIb	ST IV	Gesamt
Siedlungsfläche	1656	401	93	308	2459
davon in Landgemeinden	1120	154	10	122	1406

6.3.5 ☐ Aufbereiten der Daten zur Wohngebäudeverteilung (Wohn-Gebäudedichte)

6.3.5.1 Auswertung statistischer Daten zum Wohngebäudebestand

Um die Gebäudedichte je Siedlungstyp ermitteln zu können, muss die absolute Anzahl an Gebäuden je Gemeinden bekannt sein. Der Datensatz infas-Geodaten hält für jede Gemeinde die Anzahl verschiedener Wohngebäudetypen vor. Die Summe über alle Gemeinden weicht jedoch von der in den amtlichen Statistiken, welche als verlässlicher eingeschätzt werden, ausgewiesenen Gesamtanzahl der Wohngebäude ab. Daher wird als Referenz der Wohngebäudebestand laut Statistischem Jahrbuch 2005 herangezogen. Der Gebäudedatensatz von infas-Geodaten wird für die Aufteilung der amtlichen Gebäudeanzahl auf die

⁴¹ Unter Siedlungsflächen werden hier die gemäß der Satellitendaten ausgewiesenen bebauten Flächen verstanden. Andere Flächen, wie z.B. außerörtliche Straßen, werden hier – anders als in amtlichen Statistiken zur Flächennutzung – nicht zur Siedlungsfläche gerechnet.

Gemeinden und für die Einteilung in Baualtersklassen benötigt. Für den Wohngebäudebestand werden im Statistischen Jahrbuchs für alle Bundesländer die Anzahl der Einfamilienhäuser (EFH), Zweifamilienhäuser (ZFH) und Mehrfamilienhäuser (MFH) für das Jahr 2003 angegeben, wie Tabelle 17 zeigt.

Tabelle 17: Wohngebäudebestand in der BRD 2003 [StJB 2005] und Aufteilung in kleine (KMH) und große Mehrfamilienhäuser (GMH), graue Spalten).

Bundesland	EFH	ZFH	MFH	KMH	GMH
Baden-Württemberg	1.280.433	549.026	393.33	274.976	118.354
Bayern	1.827.308	582.787	366.561	256.262	110.299
Berlin	139.622	21.17	142.077	76.421	65.656
Brandenburg	410.179	79.215	90.24	48.539	41.701
Bremen	76.837	20.516	33.568	23.467	10.101
Hamburg	127.044	26.166	76.778	53.675	23.103
Hessen	750.042	319.429	209.898	146.739	63.159
Mecklenburg-Vorpommern	239.805	44.625	67.665	36.396	31.269
Niedersachsen	1.384.594	365.473	239.392	167.358	72.034
Nordrhein-Westfalen	2.023.535	727.235	771.08	539.06	232.02
Rheinland-Pfalz	739.234	221.276	115.437	80.702	34.735
Saarland	183.218	80.797	28.289	19.777	8.512
Sachsen	397.078	156.745	213.018	114.579	98.439
Sachsen-Anhalt	363.234	87.12	105.749	56.881	48.868
Schleswig-Holstein	532.723	92.479	84.863	59.328	25.535
Thüringen	304.52	113.26	89.008	47.876	41.132
Gesamt	10.779.406	3.487.319	3.026.953	2.002.035	1.024.918

In Anlehnung an die Saarland-Studie [DLR 1997] wird für die spätere Zuordnung der einzelnen Gebäudetypen zu den Siedlungsflächen der Gebäudetyp MFH in große und kleine MFH unterteilt. Dazu wird die Gebäude- und Wohnungsstichprobe des Jahres 1993 herangezogen, in der die Aufteilung in kleines MFH (KMH) und großes MFH (GMH) vorgenommen wurde. Tabelle 18 zeigt die Werte für 1993 mit den relativen Anteilen KMH zu GMH, nach neuen und alten Bundesländern separiert.

Tabelle 18: Wohngebäudebestand in der BRD 1993.

	GESAMT	EFH	ZFH	KMH	GMH	KMH [%]	GMH [%]
ABL	12.784.800	7.966.700	2.657.600	1.510.400	650.100	70	30
NBL	2.295.500	1.298.200	424.400	308.100	264.700	54	46

Die prozentuale Aufteilung aus Tabelle 18 wird für das entsprechende Bundesland angesetzt. Berlin wird hier den neuen Bundesländern zugeteilt und die MFH werden daher entsprechend zu 54% in kleine MFH und zu 46% in große MFH unterteilt. Nach dieser Zuordnung liegt die Gesamtanzahl der Wohngebäude, differenziert nach Gebäudetyp für jedes Bundesland vor. Die grau markierten Spalten in Tabelle 17 zeigen die ermittelten Werte für KMH und GMH.

6.3.5.2 Verteilung der Wohngebäude auf die Gemeinden entsprechend der Verteilung nach infas-Geodaten

Um eine Verteilung der Wohngebäude auf die einzelnen Gemeinden zu erreichen, wird die Gesamtgebäudeanzahl der Bundesländer mittels der prozentualen Verteilung basierend auf dem Gebäudedatensatz von infas-Geodaten auf die einzelnen Gemeinden verteilt. Wegen der unterschiedlichen Klassifizierung der Gebäudetypen erfolgt zuvor eine gegenseitige Anpassung der Daten:

Erstens werden die EFH und ZFH aus dem Statistischen Jahrbuch zusammengefasst, da die Gebäudetypologie der infas-Geodaten die Klasse 1-/2-Familienhäuser aufweist und die Energiekennwerte für 1 und 2-Familienhäuser identisch sind.

Zweitens werden im infas-Geodatensatz die Gebäudeklassen „Reihenhäuser“ und „Mehrfamilienhäuser“ zu der Kategorie KMH, die Klassen „Blockwohnhaus“, „Hochhaus“ und „Terrassenhäuser“ zu GMH zusammengefasst.

Als Ergebnis liegt für jede Gemeinde die Anzahl an 1-/2-FH, KMH und GMH, jeweils untergliedert nach Baualtersklassen vor.

6.3.5.3 Verteilung der Wohngebäude auf die einzelnen Siedlungstypen

Bei der Verteilung der Wohngebäude auf die bis zu 4 Siedlungstypen innerhalb einer Gemeinde wird zunächst ein Mittelwert für die Gebäudedichte in Deutschland errechnet (Tabelle 19). Tabelle 19 ist so angelegt, dass sich aus der Multiplikation der dort ausgewiesenen Gebäudedichten mit den jeweiligen Siedlungsflächen nach Tabelle 16 die in Tabelle 17 ausgewiesene Anzahl von Gebäuden ergibt. Bei der Verteilung der Gesamtsumme des jeweiligen Gebäudetyps auf die vier Siedlungstypen ist zu beachten, dass beispielsweise die Dichte der Ein- und Zwei-Familienhäuser im Siedlungstyp II am höchsten ist. Innerhalb des für Stadtzentren charakteristischen Siedlungstyps ST IIIb sind diese dagegen kaum vertreten. Dort überwiegen – neben Nichtwohngebäuden – die großen Mehrfamilienhäuser, welche dafür innerhalb von ST II praktisch überhaupt nicht vorkommen. Die genaue Aufteilung der Gebäudetypen auf die vier Siedlungstypen erfolgte in Anlehnung an detaillierte Untersuchungen für das Saarland [DLR 1997]. Dabei ergaben sich für die gesamtdeutschen Mittelwerte gegenüber dem Saarland bei Ein- und Zwei-Familienhäusern insgesamt geringere Gebäudedichten und bei Mehrfamilienhäusern höhere Gebäudedichten.

Tabelle 19: Gebäudedichtematrix für Wohngebäude [Geb/ha], mittlere Werte für Deutschland

	ST II	ST IIIa	ST IIIb	ST IV
EFH und ZFH	7,86	2,83	0,37	0,27
KMH	0,30	2,42	5,80	0,00
GMH	0,00	1,29	4,93	0,00

Die Gebäudedichten in den einzelnen Gemeinden können nach oben oder unten von dem deutschen Mittelwert abweichen. Um die – u.a. für die Kosten der Nahwärmeverteilung relevanten - Gebäudedichten in einer speziellen Gemeinde zu erhalten, sind die Mittelwerte der deutschen Gebäudedichtematrix mit geeigneten Korrekturfaktoren an die jeweilige Gemeinde anzupassen. Für 1-2FH, für KMH und für GMH wird jeweils ein Korrekturfaktor benötigt, welcher die jeweilige Anzahl der Gebäude mit den für diese Gemeinde ausgewiesenen Siedlungsflächen in Übereinstimmung bringt.

Das Ergebnis ist eine gemeindespezifische Verteilung der Wohngebäudetypen auf die Siedlungstypen.

6.3.6 ☐ Aufbereiten der Daten zur Nicht-Wohngebäudeverteilung

6.3.6.1 Auswertung statistischer Daten zum Nicht-Wohngebäudebestand

Als Referenz für die Anzahl der Nichtwohngebäude werden die Angaben einer Studie des Wirtschaftsministeriums zum nationalen Potenzial der Kraft-Wärme-Kopplung herangezogen [DLR 2005] (siehe Tabelle 20).

Tabelle 20: Anzahl der Nichtwohngebäude für die gesamte Bundesrepublik Deutschland nach /DLR 2005/

Klasse	Anzahl Gebäude
kleine NWG	2.123.000
mittlere NWG	254.000
große NWG	196.000

6.3.6.2 Verteilung der Nicht-Wohngebäude auf die Gemeinden

Zur Verteilung der Nichtwohngebäude auf die einzelnen Gemeinden wird nicht der Gebäudedatensatz von infas-Geodaten verwendet, da dieser eine sehr hohe Abweichung gegenüber den statistischen Angaben aufweist, sondern statistische Angaben über Anzahl der sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten am Arbeitsort. Diese liegen gemeindeweise vor [Statistisches Bundesamt 2004] und werden zur prozentualen Verteilung der Nichtwohngebäude auf die Gemeinden herangezogen.

6.3.6.3 Verteilung der Nicht-Wohngebäude auf die einzelnen Siedlungstypen

Wie schon bei den Wohngebäuden in Abschnitt 6.3.5.3 wird aus der mittleren Gebäudedichte gemäß Tabelle 21 für jede einzelne Gemeinde die Gebäudedichte der Nichtwohngebäude (NWG) abgeleitet. Das Vorgehen erfolgt analog dem in Abschnitt 6.3.5.3 beschriebenen Verfahren. Als Ergebnis liegt für jeden Siedlungstyp in jeder Gemeinde die Dichte der NWG vor. Zusammen mit der Dichte der Wohngebäude ergibt sich für jeden Siedlungstyp in jeder Gemeinde die gesamte Dichte der beheizten Gebäude. Dieser Wert ist für die Berechnung der Investitionskosten der Nahwärme und der Netzverluste wesentlich.

Tabelle 21: Gebäudedichtematrix für Nichtwohngebäude [Geb/ha], mittlere Werte für Deutschland.

	ST II	ST IIIa	ST IIIb	ST IV
Kleine NWG	0,17	2,20	4,08	1,89
Mittlere NWG	0,03	0,25	0,35	0,24
Große NWG	0,03	0,17	0,25	0,18

6.3.7 □ Bestimmen des Wärmebedarfs

6.3.7.1 Bestimmen der prozentualen Altersverteilung für Wohngebäude

Je Gemeinde und Siedlungstyp liegt die absolute Anzahl der 1-2FH, KMH und GMH vor. Für die Bestimmung des Wärmebedarfs ist eine Unterteilung in Baualterklassen notwendig, da mit zunehmenden Gebäudealter der Wärmebedarf zunimmt (keine Sanierungsmaßnahmen vorausgesetzt).

Mit Hilfe der Altersangaben von infas-Geodaten wird eine Aufteilung der Gebäude entsprechend der prozentualen Verteilung dieser Altersangaben vorgenommen. Dazu werden die Angaben über die verschiedenen Alterklassen der Wohngebäude in den Gebäudetypen 1-2FH, KMH und GMH zusammengefasst und der prozentuale Anteil je Gemeinde ermittelt.

Als Ergebnis liegt für jede Gemeinde die Anzahl der Wohngebäude nach 3 Gebäudetypen und nach 9 Baualterklassen vor.

Für die vier verschiedenen Siedlungstypen, in die die gesamte Siedlungsfläche der Gemeinde unterteilt wird, wird jeweils die gleiche Altersstruktur wie für die gesamte Gemeinde angesetzt.

6.3.7.2 Berechnung des Wärmebedarfs für Wohngebäude

Die Berechnung des Wärmebedarfs für jeden Siedlungstyp in jeder Gemeinde erfolgt gebäudeweise unter Berücksichtigung der Baualterklassen. Bei den Ansätzen wurde darauf geachtet, dass der über alle Gemeinden aufsummierte Wärmebedarf mit den Vorgaben der (temperaturbereinigten) deutschen Energiebilanz für den Bedarf an Raumwärme (ca. 510 TWh/a, Nutzwärme) und Warmwasser (ca. 70 TWh/a, Nutzwärme) übereinstimmt. Auch bei den Wohnflächen, welche als Zwischenschritt bei der Berechnung des Wärmebedarfs benö-

tigt werden, wurde darauf geachtet, dass sich in der Summe die von der amtlichen Statistik [StJB 2005] ausgewiesenen Werte ergeben (3 272 Mio. m²). Für den spezifischen Raumwärmebedarf (Nutzwärme) in den alten Bundesländern wurden für die Baualtersklassen vor 1990 die Ergebnisse der detaillierten Arbeiten des Instituts „Wohnen und Umwelt“ [IWU 1992] angesetzt⁴². Für den Warmwasserbedarf wurde ein für alle Gebäude konstanter, auf die Wohnfläche bezogener spezifischer Wert von jährlich 20 kWh/m² angesetzt.

Als Beispiel ist in Tabelle 22 der Wärmebedarf für Ein- und Zweifamilienhäuser (EFH/ZFH) in den alten Bundesländern angegeben.

⁴² Angesetzt wird der Raumwärmebedarf gemäß den Ausgangswerten der TREND-Maßnahmenkette der IWU-Studie.

Tabelle 22: Wärmebedarf von Wohngebäuden. Beispiel alte Bundesländer, Einfamilienhaus

Wärmebedarf ABL-EFH/ZFH				
Baualtersklasse	Anzahl Häuser	Wohnfläche	spezifischer Raumwärmebedarf	Wärmebedarf (inkl. Ww)
	in Tsd	m ² /Haus	kWh/m ² ,a	kWh/Haus,a
<1900	607	142	220	31.923
1900-1945	2.890	135	209	29.063
1946-1960	2.053	144	300	43.345
1961-1970	2.294	144	160	24.382
1971-1980	1.541	148	147	23.232
1981-1985	706	164	119	21.372
1986-1995	1.223	166	70	14.058
1996-2000	424	172	70	14.497
2000-2005	171	172	70	14.497
Warmwasserbedarf			20	

In den neuen Bundesländern werden geringere Wohnflächen, ein um 15% höherer spezifischer Raumwärmebedarf und daraus resultierend ein insgesamt etwas geringerer Wärmebedarf je Haus angesetzt.

Als Ergebnis der Berechnungen liegt für jede Gemeinde der Wärmebedarf je Siedlungstyp vor.

6.3.7.3 Berechnung des Wärmebedarfs für Nichtwohngebäude

Bei den Nichtwohngebäuden werden keine unterschiedlichen Altersklassen herangezogen sondern die zuvor bestimmte absolute Anzahl der Nichtwohngebäude mit dem Wärmebedarf entsprechend der KWK-Potenzialstudie [DLR 2005] multipliziert. Die verwendeten Werte sind in Tabelle 23 dargestellt.

Tabelle 23: Wärmebedarf je Gebäude (Nutzwärme einschl. Warmwasser)

Nichtwohngebäude	MWh/a
kleines NWG	48
mittleres NWG	138
großes NWG	432

Ingesamt liegt der Bedarf für Raumwärme und Warmwasser in NWG bei rund 220 TWh/a.

6.3.7.4 Gesamter Wärmebedarf

Addiert man den Wärmebedarf der Wohngebäude und Nichtwohngebäude über alle in dieser Gemeinde vorkommenden Siedlungstypen, so erhält man den gesamten Wärmebedarf dieser Gemeinde. Mit der Information über die Fläche des jeweiligen Siedlungstyps (in Hektar) kann jetzt die Wärmedichtekarte in [MWh/ha,a] dargestellt werden (siehe Abbildung 33). Sehr deutlich sind man in dieser Karte die Ballungsgebiete (z.B. Ruhrgebiete, Rhein-Main-Gebiet), da dort der Siedlungstyp IIIb (sehr dichte Bebauung) stark vertreten ist. Der sehr hohe Wärmebedarf dieser Ballungsgebiete ist in der Karte lila eingefärbt.

Tabelle 24 zeigt eine Aufteilung des gesamten Nutzwärmebedarfs für Raumheizung und Warmwasser von 796 TWh/a auf die vier Siedlungstypen. Über die Hälfte des Wärmebedarfs fällt im Siedlungstyp ST II bei vergleichsweise geringen Wärmedichten an. Auf ländlich strukturierte Gemeinden entfallen gut 40% des Wärmebedarfs. Allein auf den Siedlungstyp ST II in ländlichen Gemeinden entfällt fast ein Drittel des gesamten Wärmebedarfs. Dies ist besonders für den Aufbau von Nahwärmenetzen auf der Basis von Bio-Brennstoffen von Bedeutung.

Tabelle 24: Wärmebedarf (TWh/a) nach Siedlungstypen

	ST II	ST IIIa	ST IIIb	ST IV	Gesamt
Nutzwärmebedarf	414	207	111	64	796
davon in Landgemeinden	256	58	7	20	341

Der Wärmebedarf in Städten mit vorhandenen größeren Fernwärmenetzen (Mindestnetzlänge 10 km) liegt bei 235 TWh/a. Diese Städte werden in den auf Fernwärme bezogenen Ab-

schnitten behandelt. In den nachfolgenden Abschnitten zu Nahwärmenetzen werden sie nicht berücksichtigt.

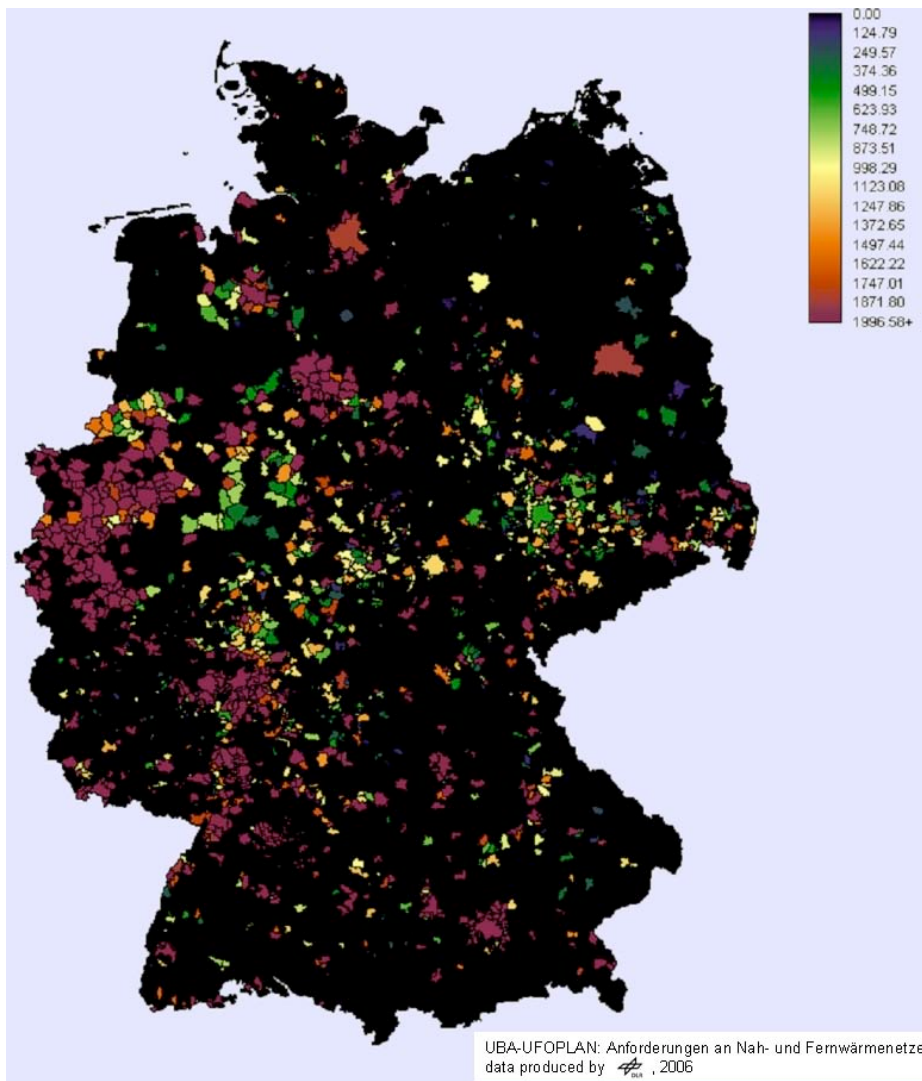


Abbildung 33: Jährlicher Wärmebedarf in [MWh/ha] je Gemeinde für den Siedlungstyp ST IIIb (sehr dichte Bebauung). Netzverluste sind im Wärmebedarf nicht enthalten.

6.3.7.5 Netzverluste

Die Netzverluste hängen von den Netzlängen, von der Wärmedämmung der Fernwärmerohre und von den Netztemperaturen ab.

Für die Bestimmung der Netzlängen wurde von den Werten der AGFW-Studie „Pluralistische Wärmeversorgung“ [AGFW 2004] ausgegangen. Die dort ausgewiesenen Netzlängen wurden für die vorliegende Studie angepasst, da die in Tabelle 19 und Tabelle 21 angegebenen mittleren deutschen Werte für die Gebäudedichten von den Ansätzen der AGFW-Studie ab-

weichen⁴³. Eine Zusammenfassung der Ausgangsparameter für die Berechnung der Netzverluste zeigt Tabelle 25. Für die Wärmeverluste der Leitungen werden je nach Leitungsdurchmesser Werte zwischen 0,15 und 0,21 W/K,m (bezogen auf die jeweilige Rohrlänge des Vor- bzw. Rücklaufs) angesetzt. Als Mittelwert aus Vor- und Rücklauf wird eine mittlere Netztemperatur von 65°C angesetzt. Für die Berechnung der Netzverluste wird ein Anschluss aller Gebäude an das Nahwärmenetz vorausgesetzt.

Tabelle 25: Netzverluste und zugehörige Ausgangsparameter (mittlere Werte für Deutschland)

	Einheit	ST II	ST IIIa	ST IIIb	ST IV
Gebäudedichte (beheizt)	1/ha	8,4	9,2	15,8	2,6
Wärmebedarf je Geb.	MWh/Geb., a	30	56	76	80
Länge UV-Netz	m/ha	123	129	177	58
Länge Hausanschluss	m/Geb.	8,4	9,7	9,0	25,7
Netzverluste	MWh/ha,a	33	39	56	23
dito, bezogen auf die Netzeinspeisung	%	12	7	5	10

UV = Unterverteilung

Aufgrund der verschiedenen Gebäudedichten weichen die Netzverluste in den einzelnen Gemeinden von den in Tabelle 25 ausgewiesenen deutschen Mittelwerten ab. Die Netzverluste sind proportional zur Netzlänge. Diese wiederum verhält sich näherungsweise proportional zu der quadratischen Wurzel aus der Gebäudedichte. Damit lassen sich für jede Gemeinde die dort zu erwartenden Netzverluste näherungsweise aus den dort angetroffenen Gebäudedichten berechnen.

6.3.7.6 Fernwärme

Die in Kapitel 6.8 bereitgestellte Information über Fernwärme wird für die spätere Analyse wie folgt aufgegriffen:

In jeder Gemeinde, in dem laut Fernwärme-Datensatz eine Trassenlänge des Fernwärmenetzes ≤ 10 km vorhanden ist, besteht grundsätzlich die Möglichkeit für den Aufbau eines Nahwärmenetzes. Auf der anderen Seite heißt das, dass alle Gemeinden, in denen das Fernwärmenetz eine Trassenlänge > 10 km aufweist, für die weitere Analyse ausgeschlossen wird und keine Nahwärmeversorgung dort aufgebaut werden kann. Abbildung 34 zeigt die räumliche Verteilung des Fernwärmenetzes, basierend auf der Analyse in Kapitel 6.8. In rot markiert sind die Gemeinden mit Fernwärmenetz, welches eine Netzlänge größer 10km auf-

⁴³ Diese AGFW-Studie stützt sich wiederum auf detaillierte Arbeiten ab, die schon 1984 für den Rhein-Neckar-Raum durchgeführt wurden /Winkens 1985/.

weist, in grün markiert sind die Gemeinden mit einem Fernwärmenetz kleiner als 10km. Die restliche weiße Fläche gibt die Gemeinden ohne Fernwärmenetz wieder.

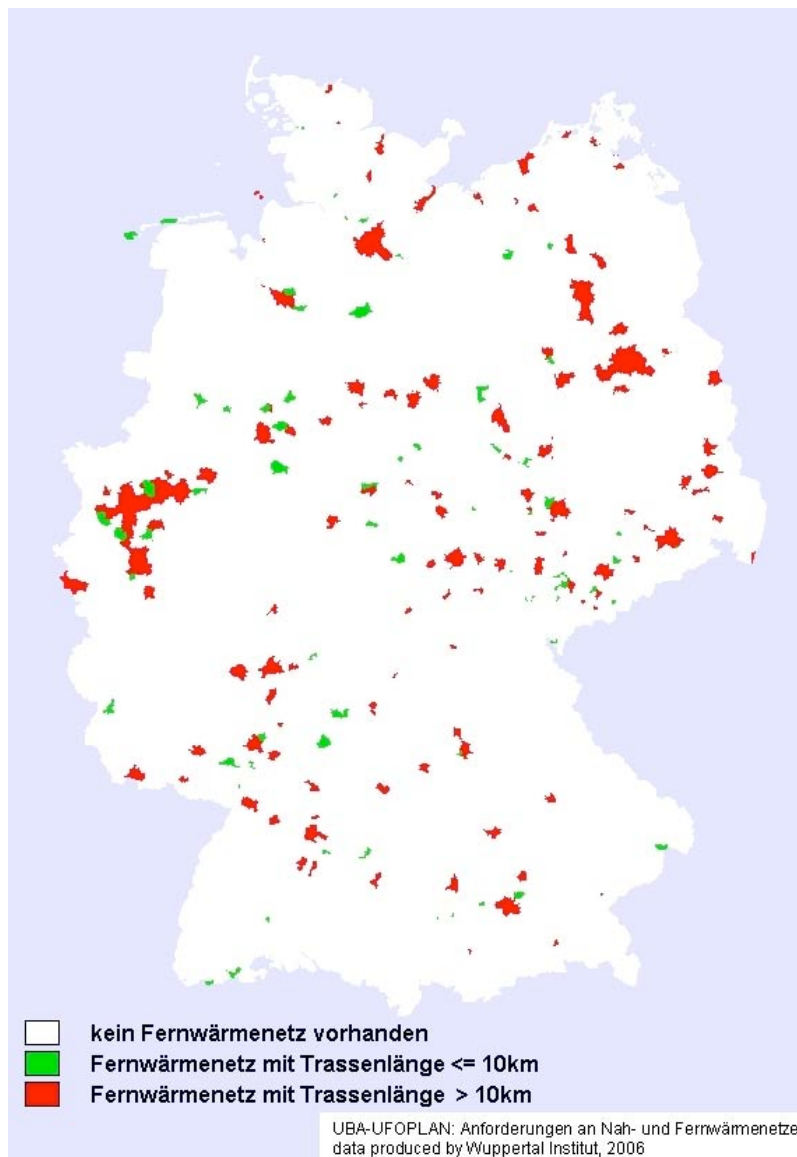


Abbildung 34: Darstellung der Gemeinden mit einem Fernwärmenetz, unterteilt in Trassenlänge >10km und ≤10km.

6.4 Wirtschaftlicher Vergleich

Um Gebiete, welche aus siedlungsstrukturellen Gründen für die Installation von Nahwärmenetzen als vergleichsweise günstig erscheinen, herauszufiltern, werden die Investitionskosten für Nahwärmeleitungen mit denen für die konventionelle Wärmebereitstellung verglichen. Das Ergebnis dieses Vergleichs ist ein Ranking zwischen den Siedlungsflächen. Es ist zu erwarten, dass Siedlungsflächen mit hohen Gebäudedichten die vorderen Plätze in diesem Ranking einnehmen.

Eine Aussage, ob auf einer bestimmten Siedlungsfläche eine Nahwärmeversorgung wirtschaftlicher ist als die bisherige konventionelle Wärmebereitstellung mit Öl- oder Gaskesseln wird nicht angestrebt. Annahmen zur zeitlichen Entwicklung des Anschlussgrades an das Nahwärmenetz sind daher unnötig.

6.4.1 □ Investitionskosten für konventionelle Wärmebereitstellung (Heizkessel)

Unter den konventionellen Investitionskosten werden hier die Kosten verstanden, die zur Bereitstellung eines konventionellen Heizkessels (Gas, Öl) entstehen. Die Investitionskosten je Gemeinde hängen ab von der Anzahl aller Gebäude einer Gemeinde. Dabei werden folgende Kosten je Gebäudetyp veranschlagt (siehe Tabelle 26), angelehnt an eine Expertise für das Umweltministerium des Landes Baden-Württemberg [DLR 2003].

Tabelle 26: Konventionelle Investitionskosten je Gebäudetyp in €.

Gebäudetyp	Investitionskosten [€]
1-/2-FH	6.207
KMH	8.966
GMH	10.647
kNWG	11.500
mNWG	19.500
gNWG	34.500

Die Kosten je Gebäudetyp werden mit der entsprechenden Anzahl des Gebäudetyps in der Gemeinde multipliziert. Dadurch ergeben sich für jede Gemeinde die konventionellen Investitionskosten. Diese werden später herangezogen, um zu vergleichen, in welchem Verhältnis die konventionellen Investitionskosten zu den Investitionskosten für die Nahwärmenetze stehen.

6.4.2 □ Investitionskosten für Nahwärme

Die Investitionskosten für Nahwärme werden unterteilt in Kosten, die von der Netzlänge (und damit von der Gebäudedichte) abhängen und Kosten, die jedem Gebäude (Hausstation, Mauerdurchbruch) zugerechnet werden. Für mittlere Gebäudedichten ergeben sich aus den Netzlängen nach Tabelle 25 und spezifischen Verlegekosten zwischen 186 €/m_{Trasse} (Hausanschluss in ST IV) und 316 €/m_{Trasse} (Verteilleitung in ST IIIb) die in Tabelle 27 dargestellten mittleren Kosten für die Nahwärmeleitungen. Die Netzlänge und damit auch die Leitungskosten in jeder Gemeinde verhalten sich wie schon in Abschnitt 6.3.7.5 beschrieben proportional zu der quadratischen Wurzel aus der Gebäudedichte. Für die Fixkosten wird in jeder Gemeinde der gleiche Wert angesetzt.

Tabelle 27: Mittlere Leitungskosten für die vier Siedlungstypen.

Siedlungstyp	mittlere	Fixkosten
	Leitungskosten [€/ha]	[€/Gebäude]
ST II	48.260	2.602
ST IIIa	64.090	4.163
ST IIIb	95.420	4.290
ST IV	28.970	4.400

Um die gesamten Investitionskosten zu berechnen, werden für jede Gemeinde und jeden Siedlungstyp die Fixkosten je Gebäude mit der Gesamtzahl der Gebäude und die Leitungskosten mit der Fläche des Siedlungstyps multipliziert. Als Summe ergeben sich die gesamten Investitionskosten für die Nahwärmeverteilung für diesen Siedlungstyp in der betroffenen Gemeinde.

6.5 Verfügbarkeit von Geothermie, solarer Wärme und Biomasse

6.5.1 □ Geothermie

Als Grundlage zur Information über Geothermie wird der Geothermie Report 98-1 des GFZ Potsdam [Kayser und Kaltschmitt 1998] herangezogen. Auf einer Karte werden dort Gebiete mit möglichen hydrothermalen Energievorräten in Deutschland dargestellt (siehe Abbildung 35).

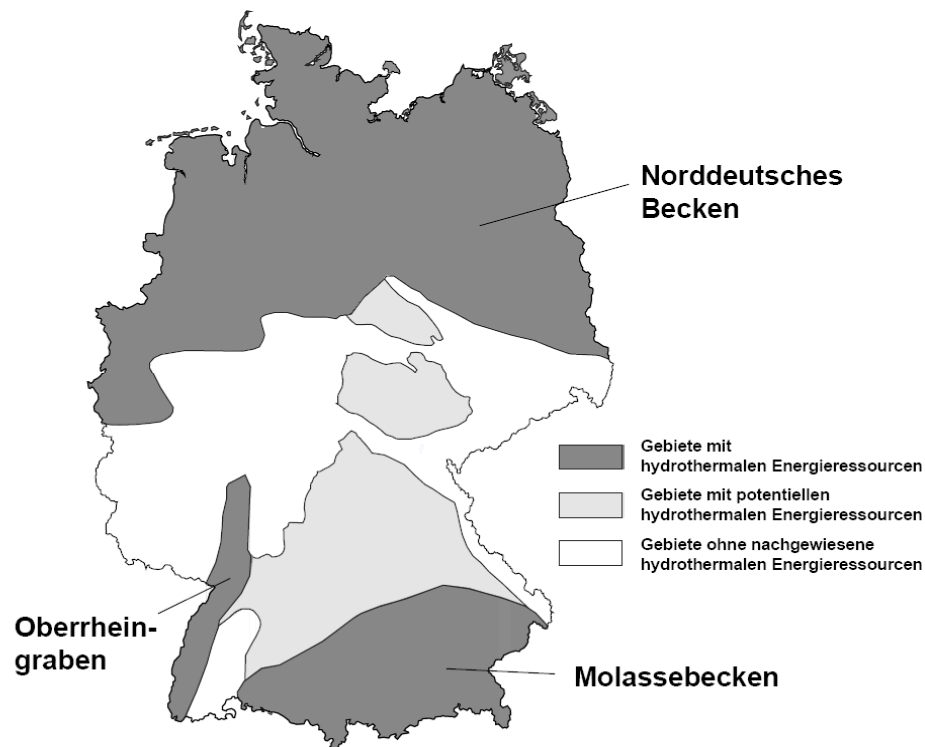


Abbildung 35: Gebiet mit möglichen hydrothermalen Energievorräten in Deutschland [Kayser und Kaltschmitt 1998].

Um die Karte für die GIS-Analyse zu nutzen, wird diese digitalisiert und georeferenziert. Anschließend wird jeder Gemeinde entsprechend dem hydrothermalen Potenzial ein Wert zwischen 0 (ohne nachgewiesenem Potenzial) und 2 (mit nachgewiesenem Potenzial) zugewiesen, welcher in das Ranking eingang findet.

6.5.2 ☐ Solare Wärme

Datengrundlage liefern satellitengestützte Strahlungsberechnungen, die am DLR durchgeführt werden. Als Bewertungsparameter wird die Jahressumme der Globalstrahlung auf die horizontale Fläche (GHI) für das Jahr 2004 verwendet. Die Daten liegen digital vor und können leicht in das GIS integriert werden. Entsprechend der Analyse der hydrothermalen Energieressourcen wird für jede Gemeinde die Jahressumme der Globalstrahlung bestimmt. Die Klassifizierung der Jahressumme ist in Tabelle 28 dargestellt.

Tabelle 28: Klassifizierung der Jahressumme der Globalstrahlung für die Bewertung.

Klasse	Jahressumme GHI	
	[kWh/m²a]	
1	< 1000	
2	> 1000 und < 1100	
3	> 1100	

Abbildung 36 zeigt das Ergebnis der Strahlungsanalyse entsprechend der verwendeten drei Klassen.

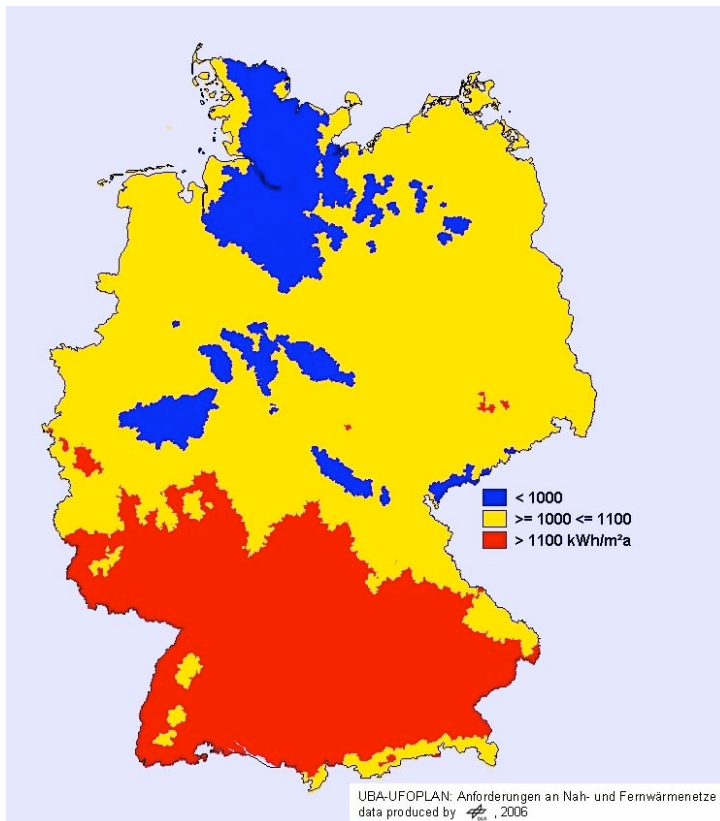


Abbildung 36: Darstellung der Gemeinden und deren Jahressumme der Globalstrahlung (GHI) in kWh/m²a für das Jahr 2004

6.5.3 ☐ Biomasse

Grundlage sind die in der Studie „Ökologische Optimierung der Nutzung erneuerbarer Energien“ ausgewiesenen energetischen Potenziale für Holz, Stroh und Biogas (Gülle) sowie die hiermit korrelierenden amtlichen Daten [StJB 2005] zu Wald, Acker- und Dauergrünlandfläche.

Diese sind je Bundesland vorhanden. Für die räumliche Verteilung werden die Flächenangaben je Gemeinde aus LaND50 herangezogen. Da im Datensatz LaND50 nur die Klassen 10 (Wald) und 11 (landw. genutzte Fläche) verwendet werden, muss die landwirtschaftlich genutzte Fläche in Acker und Dauergrünland aufgeteilt werden, um die Verteilung an das Statistische Jahrbuch anzupassen. Dabei wird das Verhältnis von Acker zu Grünland der einzelnen Bundesländer des Statistischen Jahrbuchs angesetzt und auf die einzelnen Gemeinden im Datensatz von LaND50 übertragen.

6.6 Ranking

Aus oben zusammengestellter Datenbasis lassen sich Kennwerte bestimmen, mit deren Hilfe eine Aussage über die Standortbedingungen für Nahwärme aus erneuerbaren Energien getroffen werden können.

Mittels dieser Kennwerte werden für jeden Siedlungstyp in jeder Gemeinde Punkte vergeben. Anhand dieser Punkte lässt sich ableiten, ob günstige oder ungünstige Bedingungen für Nahwärme vorherrschen.

Folgende Kennwerte stehen zur Verfügung:

- | | |
|---|---|
| 1.) Wirtschaftlichkeit (je Siedlungstyp): | $\frac{\text{Investitionskosten für konventionelle Heizung [€]}}{\text{Investitionskosten für Nahwärmeverteilung [€]}}$ |
| 2.) Demografische Prozesse (je Kreis, wird für jede Gemeinde innerhalb des Kreises gleichgesetzt): Prognose 2020 des Berlin-Institut für Bevölkerung und Entwicklung | |
| 3.) Netzverluste (je Siedlungstyp): | Prozentualer Netzverlust [%] |
| 4.) Biomassepotenzial – Holz: | $\frac{\text{Holzpotenzial in Gemeinde}}{\text{Wärmebedarf in Gemeinde}}$ |
| 5.) Biomassepotenzial – Stroh: | $\frac{\text{Strohpotenzial}}{\text{Wärmebedarf in Gemeinde}}$ |
| 6.) Biomassepotenzial – Gülle: | $\frac{\text{Güllepotenzial}}{\text{Wärmebedarf in Gemeinde}}$ |
| 7.) Solare Einstrahlung: | Jahres-Einstrahlung [kWh/m²a] |
| 8.) Geothermie: | Klassifizierung nach Kayser |

Jedem Kennwert wird eine Punktzahl zugeordnet. Die Höhe der maximalen Punktzahl lässt die Gewichtung erkennen, welche hier angenommen wurde. Tabelle 29 gibt die Kennwerte und die maximale Punktzahl, welche vergeben werden kann, wieder.

Tabelle 29: Definition der Grenzen für das Ranking und die Punktevergabe

Kennwert	Werte / Grenzen	Punktzahl
Wirtschaftlichkeit ¹	$\leq 0,75$	0 (min)
	≥ 1	10 (max)
Demografische Prognose ²	6	0 (min)
	1	5 (max)
Netzverlust ¹	$\geq 20\%$	0 (min)
	$\leq 8\%$	5 (max)
Verfügbarkeit von Holz ¹	die 2000 schlechtesten Werte	0 (min)
	≥ 1	7 (max)
Verfügbarkeit von Stroh ¹	die 2000 schlechtesten Werte	0 (min)
	$\geq 0,1$	3 (max)
Verfügbarkeit von Gülle ¹	die 2000 schlechtesten Werte	0 (min)
	$\geq 0,8$	3 (max)
Einstrahlung	$\leq 1000 \text{ kWh/m}^2\text{a}$	1
	$> 1000 \text{ und } < 1100$	2
	≥ 1100	3
Verfügbarkeit von Geothermie	0	0
	1	2
	2	4

¹ Punktevergabe für die Werte innerhalb der aufgezeigten Grenzen erfolgt so, dass jede Punktzahl gleich oft vertreten ist.

² Punktevergabe für die Werte innerhalb der aufgezeigten Grenzen erfolgt entsprechend der zugrunde liegenden Datenbasis.

6.7 Regionalisierung der Vorgaben

6.7.1 ☐ Wärmebereitstellung aus Nahwärme gemäß dem BMU-Langfristszenario (Ökologisch optimierter Ausbau).

Eines der Hauptziele dieses Kapitels besteht in der Regionalisierung der Vorgaben des in [DLR 2004] dargestellten BMU-Langfristszenarios für eine nachhaltige Entwicklung. In Tabelle 30 werden für das Jahr 2020 die Wärmemengen dargestellt, welche laut dem Szenario aus den verschiedenen Energiequellen (REG und fossile BHKW) stammen. Die grau-markierten Bereiche der Tabelle sind die Vorgaben, welche zu regionalisieren sind.

Tabelle 30: Wärmebereitstellung aus Nahwärme laut Szenario „Ökologisch optimierter Ausbau“ [DLR 2004]. Die grau-markierten Felder sind für die Analyse relevant.

	Nutzwärme			
	2000 [GWh/a]	2020 [GWh/a] *	2020 [%] *	2050 [GWh/a]
Solar	6	9.910	1,3	56.545
Biomasse	8.967	53.340	7,0	96.173
Geothermie	440	8.380	1,1	75.015
fossile BHKW (einschl. Spitzen- kessel)	28.000	31.240	4,1	29.400
Summe	37.413	102.870	13,5	257.133

*Ohne Beiträge zur Prozesswärme. Prozentangaben beziehen sich auf die gesamte Nutzwärme (RW+WW) in Wohn- und Nichtwohngebäuden von 762 TWh im Jahr 2020

In den vorangegangenen Kapiteln wurde dargestellt, welche Kriterien verwendet werden, um die Gemeinden zu identifizieren, welche besonders günstige Bedingungen für die Nutzung von Nahwärme aufweisen.

Alle Gemeinden werden entsprechend ihrer erreichten Punktzahl sortiert und der Wärmebedarf der einzelnen Gemeinde (in sortierter Reihenfolge) so lange aufaddiert, bis die Angaben zur Nutzwärme aus Tabelle 30 erreicht sind. Da entsprechend dem Ranking addiert wird, werden zuerst die für Nahwärme günstigen Gemeinden berücksichtigt.

6.7.2 ☐ Zuweisung des ausgewiesenen Nahwärmeausbaus zu den Gemeinden

Vereinfachend wird folgender Ansatz gemacht:

Jeder der ca. 50.000 Siedlungsflächen wird entweder vollständig oder gar nicht mit Nahwärme versorgt. Bei der Zuordnung des im Szenario „Ökologisch optimierter Ausbau für die Nut-

zung erneuerbarer Energien in Deutschland“ ausgewiesenen Potenzials (siehe Tabelle 30) wird folgendermaßen vorgegangen:

1.) Alle Gemeinden, die ein Fernwärmenetz besitzen, dessen Trassenlänge >10km beträgt, werden ausgeschlossen. Es wird davon ausgegangen, dass in bestehenden großen Fernwärmenetzen kein zusätzliches Nahwärmenetz aufgebaut wird. Bei kleineren Fernwärmenetzen (Trassenlänge <10km) wird jedoch von einem möglichen Aufbau eines Nahwärmenetzes ausgegangen. Gemäß dieser Vorgaben werden 156 Gemeinden von der weiteren Analyse ausgeschlossen.

2.) Zuweisung des Ausbaupotenzials von Solar und Biomasse ($1,3 \% + 7,0 \% = 8,3 \%$, siehe Tabelle 30)⁴⁴ zu den einzelnen Siedlungsflächen in der Reihenfolge des Rankings. Bei diesem Ranking werden nur die 3 Grundkennwerte (Wirtschaftlichkeit, Demografische Prognose und Netzverlust) sowie die Verfügbarkeit von Solarer Wärme und Biomasse (Holz, Stroh und Gülle) angesetzt. Für diese Kennwerte werden die daraus resultierenden Punkte für jeden Siedlungstyp aufaddiert. Der Wärmebedarf der am besten geeigneten Siedlungstypen aller Gemeinden wird solange aufaddiert, bis die Vorgabe zur Wärmebereitstellung aus dem BMU-Szenario erreicht ist.

3.) Zuweisung des Ausbaupotenzials von Geothermie (1,1 %) wie zuvor für Solar+Biomasse beschrieben, allerdings wird statt der Verfügbarkeit von Solarer Wärme und Biomasse die Verfügbarkeit von Geothermie berücksichtigt. Die Siedlungsflächen, denen bereits Solare Wärme und Biomasse zugewiesen wurden, werden hierbei nicht mehr berücksichtigt.

4.) Entsprechend wird für fossile BHKW (4,1 %) vorgegangen. Hierzu werden nur noch die Grundkennwerte berücksichtigt.

6.7.3 □ Darstellung in digitalen Karten

Durch die Verknüpfung der Informationen zum Ranking je Gemeinde mit der Gemeindegeometrie lassen sich mit Hilfe des GIS die Ergebnisse räumlich darstellen.

Die folgenden Abbildungen zeigen exemplarisch einige Auswertungen, mit denen sich die Regionalisierung des Nahwärmepotenzials bewerten und diskutieren lässt.

Abbildung 37 zeigt alle Gemeinden, die aufgrund der Analyse günstig für Nahwärme eingestuft werden.

⁴⁴ Das Potenzial von Biomasse und Solarer Nahwärme wird gemeinsam ausgeschöpft, da sowohl eine kostengünstige solare Unterstützung von Biomasse-Nahwärmenetzen durch Kollektoren im Sommer als auch die Befeuerung des in einem Solaren Nahwärmenetz stets benötigten Spitzenkessels mit Biomasse sinnvolle Kombinationen sind.

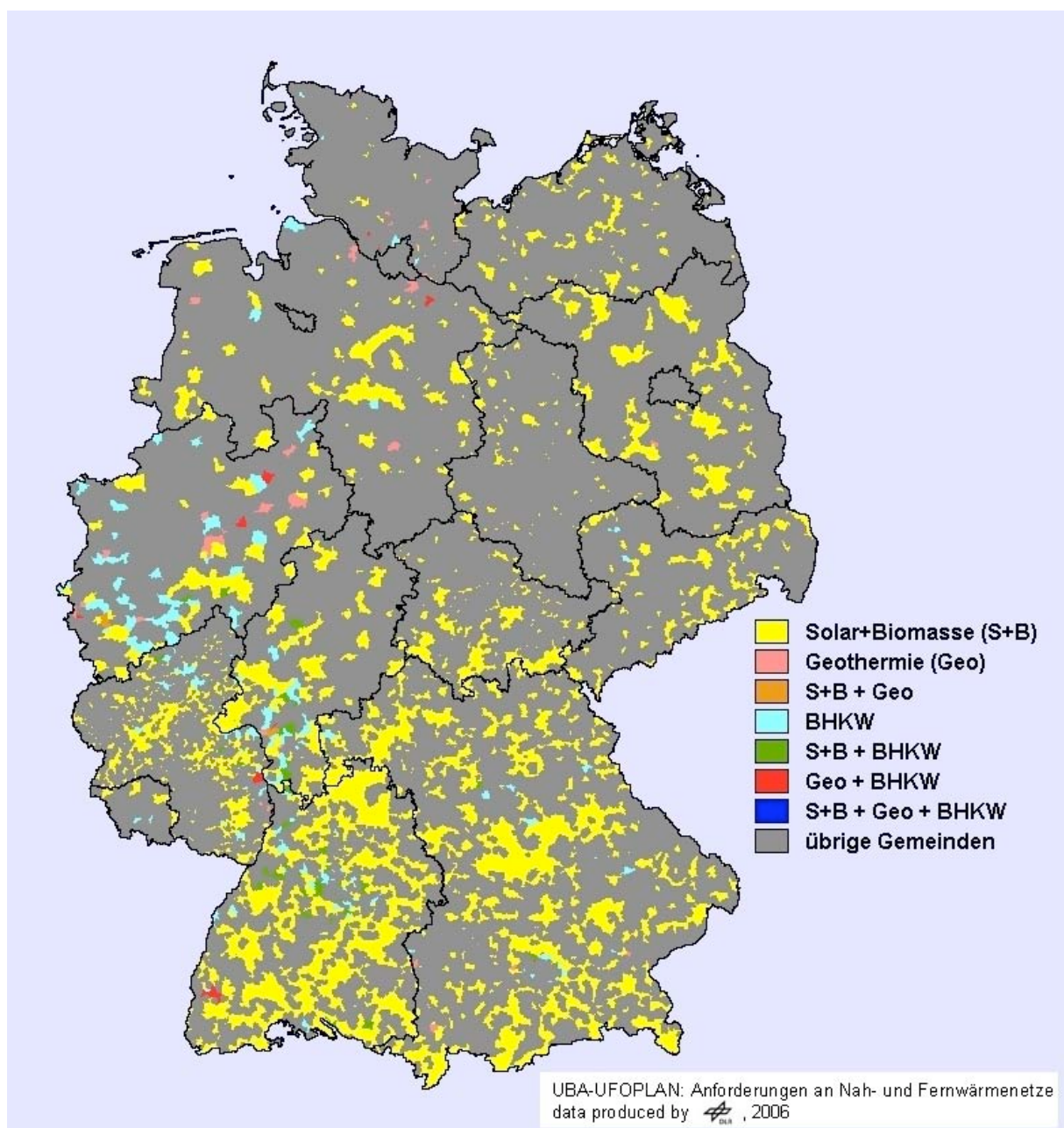


Abbildung 37: Gemeinden, die aufgrund der Analyse als geeignet erscheinen, die Gesamtvorgaben bezüglich der Nahwärmeversorgung aus dem BMU-Szenario zu erfüllen.

Da bei der Untersuchung jeder Siedlungstyp einzeln analysiert wurde (siehe vorheriges Kapitel) und in jeder Gemeinde bis zu 4 Siedlungstypen vorhanden sind, ist es durchaus möglich, dass alle drei Energieträger (Solar+Biomasse, Geothermie und fossile BHKW) für eine einzige Gemeinde als geeignet gewählt werden. Sichtbar ist das in der Abbildung durch die möglichen Kombinationen der Energieträger, die in der Legende aufgezeigt sind. In Abbildung 38 wurden die Gemeinden, die aufgrund des Siedlungstyps IV (Industrie- und Gewerbe) als geeignet ermittelt wurden, nicht mit einbezogen, da der Gesamtwärmebedarf dieses Siedlungstyps am Gesamtwärmebedarf sehr gering ist. Da große land- und forstwirtschaftliche Flächen zu einem günstigen Ranking führen, dominieren großflächige Gemeinden mit vergleichsweise geringem Wärmebedarf den optischen Eindruck der abgebildeten Karte.

Ergebnis der Analyse ist, dass rund 3300 Gemeinden wenigstens teilweise mit Nahwärme versorgt werden müssen, um die Vorgaben des Szenarios zu erfüllen. Der Aufwand für den hier zugrunde gelegten Ausbau von Nahwärme bis 2020 ist erheblich. Aus den hier vorgestellten Untersuchungen zur Regionalisierung des Potenzials von Nahwärmenetzen ergeben sich aber keine neuen Einschränkungen für dieses Ausbaupotenzial.

Prozentual gesehen kann in den meisten Gemeinden (89,2%) Solar+Biomasse als alleiniger Energieträger genutzt werden. Tabelle 31 zeigt die möglichen Kombinationen der Energieträger und die prozentuale Verteilung auf die potenziellen Gemeinden.

Tabelle 31: Prozentuale Verteilung der für Nahwärme günstig bewerteten Gemeinden (Gesamtzahl rund 3300) auf die einzelnen Energieträger und deren Kombinationen.

Anteil der Gemeinden [%]	Energieträger
89,2	Solar+Biomasse (S+B)
1,6	Geothermie (Geo)
0,2	S+B + Geo
6,6	fossile BHKW (BHKW)
1,8	S+B + BHKW
0,5	Geo + BHKW
0,1	S+B + Geo + BHKW

Eine weitere Untersuchung berücksichtigt die Information, ob eine Gemeinde im ländlichen Raum liegt oder nicht. Dazu wurde für jede Gemeinde das Verhältnis Einwohnerzahl zu landwirtschaftlich genutzter Fläche gebildet. 50% der Gemeinden mit dem niedrigsten Verhältnis wurde als „ländlich“ deklariert, die anderen 50% als städtisch. Darüber hinaus wurden alle ländlichen Gemeinden, deren Einwohnerzahl >20.000 beträgt wieder den städtischen Gemeinden zugewiesen. Anhand dieser Analyse sind 695 Gemeinden mit einem Wärmebedarf von 455 TWh/a städtisch und 11809 Gemeinden mit einem Wärmebedarf von 341 TWh/a ländlich. Abbildung 38 zeigt die geeigneten Gemeinden aus Abbildung 37 in Kombination mit der Information „ländlich“ (links) und „städtisch“ (rechts). Die rund 3300 geeigneten Gemeinden liegen zu ca. 92 % im ländlichen Raum mit einem Wärmebedarf von rund 50 TWh/a und zu ca. 8% im städtischen Raum mit einem Wärmebedarf von rund 53 TWh/a.

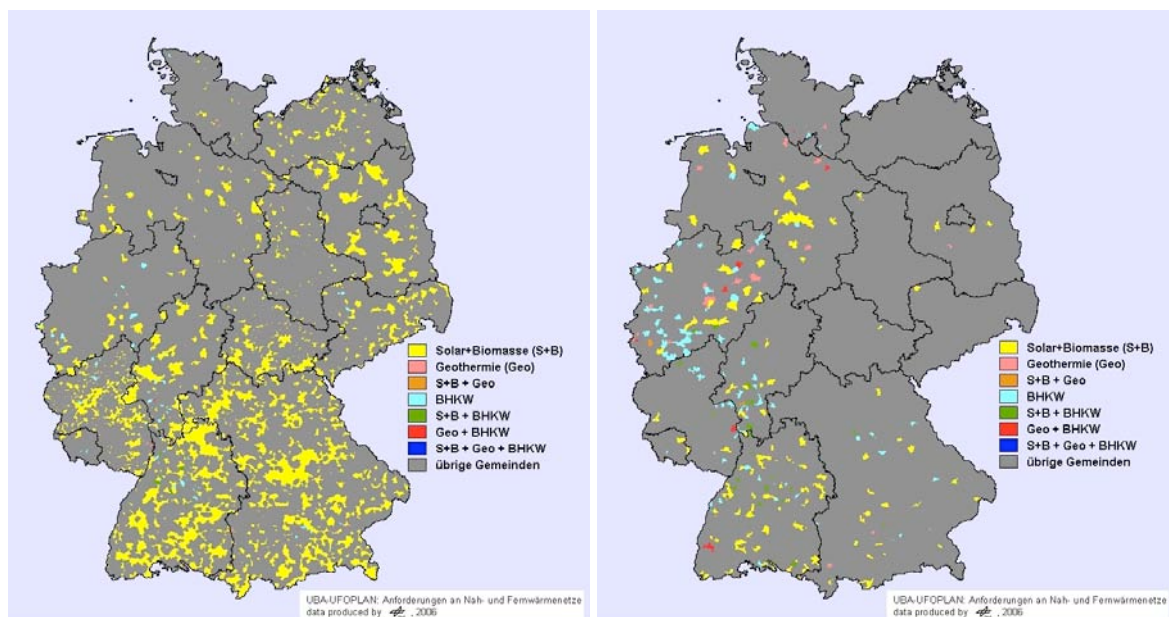


Abbildung 38 Geeignete Gemeinden nach Abbildung 37, die im ländlichen Raum (links) und im städtischen Raum (rechts) liegen.

Die folgenden Abbildungen zeigen die Auswertung für die einzelnen Siedlungstypen. Die Überlagerung der Abbildungen für ST II, ST IIIa und ST IIIb würde zur Gesamtkarte führen, die in Abbildung 37 dargestellt ist. ST IV wird der Vollständigkeit halber dargestellt.

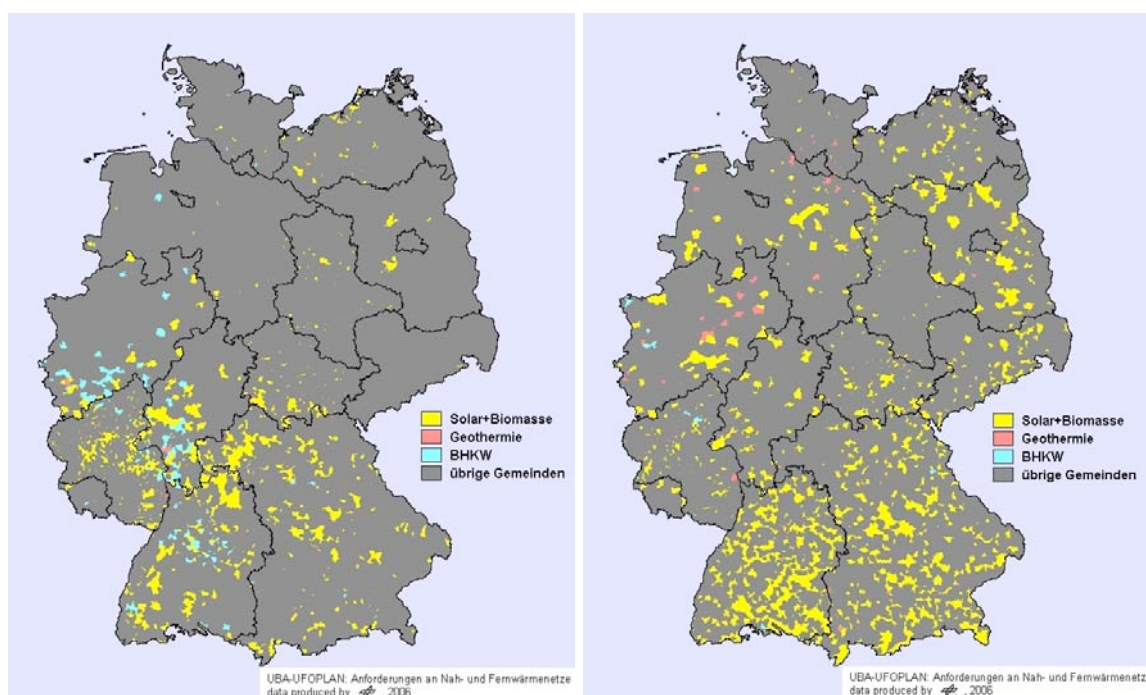


Abbildung 39: Geeignete Gemeinden nach Abbildung 37, die günstige Bedingungen für Nahwärme innerhalb des Siedlungstyps ST II (links) und ST IIIa (rechts) aufweisen.

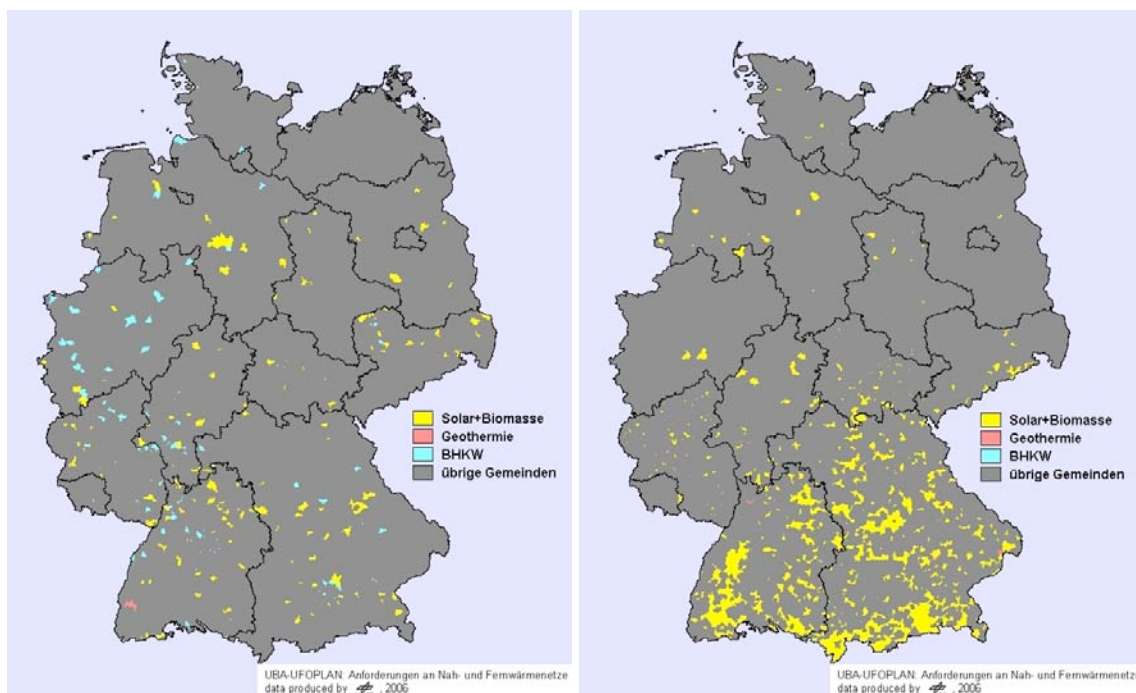


Abbildung 40: Geeignete Gemeinden nach Abbildung 37, die günstige Bedingungen für Nahwärme innerhalb des Siedlungstyps ST IIIb (links) und ST IV (rechts) aufweisen.

Entsprechend der Tabelle 30 werden für das Jahr 2020 folgende Anteile am Gesamtwärmebedarf der Nahwärmeversorgung zugewiesen:

Solar+Biomasse:	8,3%
Geothermie:	1,1%
fossile BHKW:	4,1%

Mit Hilfe der GIS-Analyse lässt sich nun feststellen, welchen Anteil die jeweiligen Siedlungstypen zum Erreichen der Vorgaben beitragen. Tabelle 32 zeigt die jeweiligen absoluten und prozentualen Anteile der Nahwärmeversorgung bezogen auf den Wärmebedarf der einzelnen Siedlungstypen, Tabelle 32 zeigt die absolute und relative Anzahl der geeigneten Siedlungstypen und die Verteilung auf die erneuerbaren Energien und fossiler BHKW.

Tabelle 32: Absoluter und prozentualer Wärmebedarf der verschiedenen Siedlungstypen an der Nahwärmeversorgung mit Solar+Biomasse, Geothermie und fossilen-BHKW zum Erreichen der Szenario-Vorgaben von 8,3% (Solar+Biomasse), 1,1% (Geothermie) und 4,1% (fossile BHKW) des Gesamt-wärmebedarfs in 2020.

Wärmebedarf	ST II	ST IIIa	ST IIIb	ST IV	
S+B	28.2	26.7	1.3	7.3	TWh/a
Geo	1.0	6.0	0.8	0.5	TWh/a
BHKW	24.2	1.8	5.2	0.0	TWh/a
S+B	44.4	42.0	2.1	11.5	%
Geo	12.2	71.9	9.7	6.3	%
BHKW	77.6	5.7	16.7	0.0	%

Tabelle 33: Absolute Anzahl und prozentuale Verteilung der verschiedenen Siedlungstypen an der Nahwärmeversorgung mit Solar+Biomasse, Geothermie und fossilen-BHKW zum Erreichen der Szenario-Vorgaben von 8,3% (Solar+Biomasse), 1,1% (Geothermie) und 4,1% (fossile BHKW) des Gesamt-wärmebedarfs in 2020

Anzahl Siedlungen	ST II	ST IIIa	ST IIIb	ST IV	
S+B	1471	1288	159	901	abs.
Geo	10	59	2	15	abs.
BHKW	199	11	117	0	abs.
S+B	38.5	33.7	4.2	23.6	%
Geo	11.6	68.6	2.3	17.4	%
BHKW	60.9	3.4	35.8	0.0	%

6.7.4 □ Mögliche Grenzen eines Nahwärmeausbaus

Der hier regionalisiert ausgewiesene Ausbau von Nahwärmenetzen bis 2020 erfordert einen erheblichen Aufwand. Um diesen Aufwand zu veranschaulichen, ist ein Vergleich mit dem heutigen jährlichen Zuwachs der Trassenlänge von Fern- und Nahwärmenetzen geeignet.

Bis 2020 ergibt sich gemäß dem hier zugrunde gelegten Szenario eine zusätzlich über Nahwärmenetze zu verteilende Wärmemenge von etwa 75 TWh/a. Da der größte Teil dieser Wärme in Gebieten mit relativ geringer Wärmedichte genutzt wird, wird von einer Trassenbelegung von 1,5 MWh/a ausgegangen. Es folgt eine bis 2020 neu zu installierende Trassenlänge von 50 000 km oder im Mittel jährlich 3 600 km.

Die Erdarbeiten, die hierzu notwendig sind, sind im Vergleich zu der Verlegung von Wasser- und Abwasserrohren, Gas- oder Telekommunikationsleitungen gering. Im Vergleich zu den heutigen Produktionskapazitäten der Hersteller von Fernwärmerohren bedeutet dies aber bereits ein erhebliches zusätzliches Produktionsvolumen. In den bzgl. des Ausbaus von

Fernwärmenetzen bei weitem am aktivsten europäischen Ländern Dänemark, Schweden, Finnland und Österreich werden jährlich zusammen etwa 2 000 km Trasse neu verlegt [EH&P 2005]. Um das dargestellte Ziel eines zusätzlichen jährlichen Ausbaus von 3 600 km zu erreichen, müssen daher die heutigen Produktionskapazitäten deutlich erweitert werden. Dies wird aber für die Industrie innerhalb des Zeitraums bis 2020 relativ leicht zu bewerkstelligen sein.

Weitaus problematischer ist die Überzeugungsarbeit einzuschätzen, die erforderlich ist, um die deutschen Bürger in ausreichendem Maße von der Notwendigkeit, ihre Heizungssysteme auf Nahwärme umzustellen, zu überzeugen. Hier gibt es in Deutschland noch erheblichen Nachholbedarf. In anderen Ländern ist diese Überzeugungsarbeit bereits erfolgreich geleistet worden. Pro Kopf der Bevölkerung wird in Dänemark heute bereits das 3-fache dessen verlegt, was jährlich von Deutschland bis zum Jahr 2020 zu fordern ist.

Aus der hier vorgestellten Untersuchung ergibt sich kein Korrekturbedarf für das in der Studie „Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien“ [DLR 2004] ausgewiesenen Potenzials. Sie macht aber deutlich, dass ein großer Teil der notwendigen Überzeugungsarbeit im ländlichen Raum und Stadtrandgebieten, also außerhalb der traditionellen Fernwärmegebiete, geleistet werden muss.

6.7.5 Ergebnisse und Diskussion

Die dargestellten digitalen Karten lassen erkennen, dass die vorteilhaftesten Standorte für Nahwärme tendenziell im Süden Deutschlands liegen. Die Aufteilung des bis 2020 ausschöpfbaren Potenzials für Nahwärmeversorgungen auf die Bundesländer zeigt Tabelle 34.

Tabelle 34: Aufteilung des bis 2020 ausschöpfbaren Potenzials für Nahwärmeversorgungen auf die Bundesländer [TWh/a]

Bundesland	Solar und Bio- masse	Geothermie	BHKW (fossile Brennstoffe))	Gesamt
Baden-Württemberg	21,1	1,0	6,4	28,5
Bayern	17,0	1,2	2,6	20,8
Berlin	-	-	-	-
Brandenburg	1,0	0,1	0,0	1,1
Bremen	-	-	-	-
Hamburg	-	-	-	-
Hessen	7,8	0,5	5,5	13,8
Mecklenburg-Vorpommern	0,8	0,0	0,0	0,8
Niedersachsen	1,2	1,0	1,2	3,4
Nordrhein-Westfalen	4,1	3,4	10,4	17,9
Rheinland-Pfalz	6,7	0,5	3,8	10,9
Saarland	0,5	0,0	0,5	1,0
Sachsen	0,8	0,0	0,1	0,9
Sachsen-Anhalt *	0,6	0,0	0,0	0,6
Schleswig-Holstein *	0,1	0,8	0,6	1,5
Thüringen *	1,8	0,0	0,0	1,8
Gesamt	63,5	8,4	31,2	103,1

Auf die beiden südlichen Bundesländer Baden-Württemberg und Bayern entfallen allein 48% dieses Potenzials. Diese Konzentration der vorteilhaftesten Standorte auf den Süden Deutschlands hat folgende Ursachen:

1. Relativ enge Bebauung der Siedlungsflächen im deutschen Süden im Vergleich zu einer eher aufgelockerten Bebauung im Norden und in den Neuen Bundesländern (NBL).
2. Die demografische Prognose ist in den nördlichen Ländern und besonders in den NBL im Mittel ungünstiger als im Süden.

-
3. Aufgrund der im Süden höheren Solarstrahlung ist das Ranking der Gemeinden mit Bezug auf die erneuerbaren Energien in den südlichen Ländern tendenziell etwas besser als in den nördlichen.

Das BHKW-Potenzial (fossile Brennstoffbasis) findet sich überwiegend in Gemeinden mit städtisch geprägtem Umfeld mit hohen Gebäudedichten und im Vergleich zum Wärmebedarf geringem Biomassepotenzial. Ein großer Teil davon in den fernwärmefreien Gemeinden Nordrhein-Westfalens.

Ein großer Teil des Nahwärmepotenzials wird innerhalb des aufgelockert bebauten Siedlungstyps ST II ausgewiesen, besonders im ländlichen Raum, da hier die Bedingungen für die Nutzung von Biomasse und solarer Wärme besonders günstig sind. Das vorgegebene Ausbaupotenzial der Biomasse-Nahwärme verteilt sich daher auf sehr viele kleine Gemeinden mit dementsprechend kleinen Nahwärmenetzen. Das Ausbaupotenzial von Geothermie und BHKW findet sich dagegen bevorzugt im städtisch geprägten Raum mit relativ wenigen großen Gemeinden und Netzen.

Durch die Berücksichtigung der erneuerbaren Energien kommt es zu einer gegenüber der AGFW-Fernwärmestudie [AGFW 2004] veränderten Schwerpunktsetzung. Ohne Berücksichtigung erneuerbarer Energien weist die AGFW-Studie die zusätzlichen netzgebundenen Wärmepotenziale ausschließlich in einwohnerreichen, städtischen Kommunen mit günstiger Siedlungsstruktur und hohen Gebäudedichten aus. Das Potenzial erneuerbarer Energien ist aber gerade in den kleinen Gemeinden am größten.

Den Vorteilen, die ländliche Gemeinden bei der Nutzung der lokalen Potenziale an erneuerbaren Energien aufweisen, stehen die Nachteile bei der Siedlungsstruktur entgegen. Die Gebäude- und Wärmedichten sind im ländlichen Raum geringer als in den städtisch geprägten Gebieten. Dies gilt auch für den von Einfamilienhäusern geprägten Siedlungstyp ST II. Dies führt in den für erneuerbare Energien besonders gut geeigneten Gebieten zu Trassenlängen, welche groß sind im Vergleich zu der über das Netz verteilten Wärmemenge. Selbst bei hohen Anschlussgraden von 75% kann im Mittel nur mit einer Trassenbelegung von 1000 kWh/a, m_{Trasse} gerechnet werden. Daher muss den Verlegekosten je Trassenmeter und den Leitungsverlusten noch größere Aufmerksamkeit als in den städtischen Fernwärmegebieten gewidmet werden. Da in den Siedlungsgebieten vom Typ ST II außerdem die angeschlossenen Gebäude (meist Einfamilienhäuser) einen geringen Wärmebedarf aufweisen, nimmt im Vergleich zu innerstädtischen Gebieten die Bedeutung von Leitungen mit kleinen Querschnitten zu. Daher können verstärkt flexible Leitungen und Duo-Rohre (vgl. Kapitel 5.1.2) eingesetzt werden. Diese mindern die Wärmeverluste und sind außerdem geeignet, die Verlegekosten zu senken. Hierdurch kann ein Teil der strukturellen Nachteile gegenüber innerstädtischen Gebieten wieder ausgeglichen werden. Die Alternative zu der hier unterstellten lokalen Nutzung liegt eigentlich nur für die Biomasse vor, die prinzipiell natürlich gesammelt, transportiert und dann in großräumigen Wärmeverbünden eingesetzt werden kann.

Das größte Hemmnis gegen einen zügigen Ausbau von Nahwärme liegt aber im Bereich der Akzeptanz. Viel Überzeugungsarbeit vor Ort ist unabdingbar, sowohl um Nahwärme überhaupt zu initiieren als auch um hohe Anschlussgrade, welche für einen wirtschaftlichen Betrieb unerlässlich sind, zu erreichen. Dabei sind gelungene Beispiele von besonderer Bedeu-

tung, die die Machbarkeit demonstrieren. In jüngster Zeit sind einige Anlagen entstanden oder noch im Bau, welche die BHKW-Abwärme aus Biogasanlagen⁴⁵ in ein dörfliches Nahwärmenetz einspeisen. Günstig für Planung und Bau waren dabei die verlässlichen Rahmenbedingungen des EEG, durch welches ein zusätzlicher Bonus für KWK-Strom aus erneuerbaren Energien garantiert ist. Auch ein mögliches zukünftiges Regeneratives Wärmegesetz kann günstige und sichere Randbedingungen für den Bau von Nahwärmenetzen liefern. Einschränkungen der Förderung auf Gebiete mit dichter Bebauung bzw. eine Untergrenze Trassenbelegungen von minimal 3 000 kWh/a, m_{Trasse}, wie sie in den Förderrichtlinien der KfW-Bank enthalten sind, wirken dagegen für die Ausschöpfung des bei weitem überwiegenden Teils des Nahwärmepotenzials nicht förderlich.

Ein weiteres wesentliches Hemmnis beim Aufbau von Nahwärmenetzen im ländlichen Raum sind die in Deutschland vergleichsweise hohen Kosten der Leitungsverlegung. Dass dies nicht so bleiben muss, wurde in Abschnitt 5.1.2 durch Vergleiche mit dem Ausland aufgezeigt. Auch innerhalb Deutschlands gibt es starke Schwankungen bei den Verlegekosten. Um hier zu Fortschritten zu kommen, ist ein offener Erfahrungsaustausch nützlich, besonders zwischen den Gemeinden bzw. Projektträgern, welche Nahwärmenetze planen, und den Projekten, welche bereits realisiert wurden. Dieser Erfahrungsaustausch wird noch effizienter, wenn er auch zwischen den Planern ermöglicht wird und außerdem einschlägige Erfahrungen aus dem benachbarten Ausland (Dänemark, Österreich) mit einbezogen werden.

6.7.6 □ Weiterer F&E-Bedarf

In den vorhergehenden Abschnitten des Kapitels 4 wurde eine Methode entwickelt und dargestellt, welche

- eine Regionalisierung des notwendigen Nahwärmeausbaus, der für einen ökologisch optimierten Ausbau der Nutzung von erneuerbaren Energien anzustreben ist, ermöglicht,
- als neue Datengrundlage und Methodik Satellitendaten und GIS nutzt,
- einen Datenabgleich mit den amtlichen Gebäude- und Energiestatistiken gewährleistet,
- die dynamisierenden Effekte der demografischen Entwicklung berücksichtigt,
- erste Ergebnisse zu den vielversprechendsten Standorten für Nahwärmesysteme liefert und differenziert nach der Art der Wärmebereitstellung (Solar, Biomasse, Geothermie, BHKW auf Basis fossiler Brennstoffe).

Obwohl die Darstellung der Ergebnisse in Karten gemeindescharf erfolgt, sind beim derzeitigen Stand der Entwicklung der Methodik nur auf Kreisebene verlässliche Aussagen möglich. In der Praxis wären Aussagen auf Gemeindeebene von besonderem Interesse, da hier die für die Initiierung, Genehmigung und Durchführung von Nahwärmeprojekten relevanten Ak-

⁴⁵ Die Verstromung von Biogas vor Ort und die Nutzung der Abwärme in einem lokalen Nahwärmenetz hat gegenüber der Einspeisung in das Gasnetz (soweit vorhanden) erstens den Vorteil, dass die aufwändige und energieintensive Abtrennung des CO₂ aus dem Biogas entfallen kann und zweitens der lokale Bezug zu den erneuerbaren Energien gestärkt wird.

teure konzentriert sind. Um den dafür notwendigen Zuwachs an Genauigkeit zu erzielen, sind folgende Verfeinerungen und Erweiterungen der Methodik erforderlich.

Verfeinerungen:

Relativ grobe Näherungen mussten bisher angesetzt werden für

- die Verteilung der Industrie- und Gewerbeflächen auf die Gemeinden
- die Verteilung der Nichtwohngebäude auf die Gemeinden
- die Verteilung der Gesamtanzahl der verschiedenen Gebäudetypen in einer Gemeinde auf die vier Siedlungstypen
- die siedlungstypischen Netzlängen. Diese stützen sich in dieser Studie - ebenso wie auch die AGFW-Studie - zu wesentlichen Teilen auf Untersuchungen im Rhein-Neckar-Raum aus dem Jahr 1984 ab.
- die Abschätzung des lokalen energetischen Potenzials der Biomasse

Erweiterungen

- Berücksichtigung von Klimazonen bei der Berechnung des Wärmebedarfs
- Berücksichtigung des Prozesswärmebedarfs
- Berücksichtigung des (evtl. vorhandenen) Gasnetzes als lokale Konkurrenz von Nahwärme
- Berücksichtigung der Topografie beim lokalen Kostenansatz für Nahwärme
- Regionalisierung der Kosten des Baus von Nahwärmenetzen
- Stärkere Kostenorientierung (z.B. wirtschaftliche Bewertung des lokalen Holzpotenzials oder der demografischen Entwicklung). Ergebnis kann der lokale Förderbedarf für den Ausbau von Nahwärmenetzen im Gebäudebestand sein.
- Berücksichtigung von Struktur und Dichte der örtlichen Erschließungsstraßen (Nutzung von digitalisierten Straßenkarten)
- Berücksichtigung von Streusiedlungen (ST I)
- Stärkere vergleichende Analyse der aggregierten Modellergebnisse vor Ort (Validierung der Modellergebnisse)

Allgemeiner F&E-Bedarf zum Thema Nahwärme

Unabhängig von der Weiterentwicklung der oben beschriebenen Methodik zur Regionalisierung des Nahwärmeausbaus ist die Bearbeitung folgender Forschungsthemen im Bereich der Nahwärme von Interesse:

- Systematische Untersuchungen zu den Ursachen für die großen Kostenunterschiede (Faktor drei!) beim Bau von Nahwärmenetzen in Deutschland und in den skandinavischen Ländern. In wie weit und auf welche Weise kann das skandinavische Beispiel auf Deutschland übertragen werden?

- Systematische Untersuchungen zu den Kostenunterschieden in der deutschen Praxis beim Bau von Nah- und Fernwärmeleitungen.
- Bedeutung der Netzverluste bei einer lokalen Abwägung zwischen konventionellen Zentralheizungen und Nahwärme. Beispiel für die in dieser Frage kontroversen Positionen sind die Förderbedingungen der KfW, welche ein Trassenbelegung von wenigsten 3 000 kWh/a, m_{Trasse} fordern, während die erfolgreiche dänische Praxis eine landesweite mittlere Trassenbelegung von nur 973 kWh/a, m_{Trasse} aufweist.
- Entwicklung von Instrumentenvorschlägen für die Einführung von Nahwärmenetzen unter besonderer Berücksichtigung der Rolle von Kommunen (andere ordnungsrechtlich oder finanziell orientierte Instrumente werden bereits in laufenden Projekten zu einem Regenerativen Wärmegesetz diskutiert).

6.8 Regionalisierung der bestehenden Fernwärmeversorgung in Deutschland

6.8.1 □ Ziel

Die räumliche Verortung der bestehenden Fernwärmeversorgung dient in Rahmen dieses Forschungsvorhabens erstens dem Ziel, mögliche Entwicklungswege innerhalb der vorhandenen Netze abzuschätzen. Basierend auf der Abbildung der fernwärmeversorgten Gebiete und einer Überlagerung dieser Gebiete mit Bevölkerungsprognosen für die nächsten Jahrzehnte, soll aufgezeigt werden, wo Verdichtungspotenziale innerhalb des bestehenden Netzes vorhanden sind und wo es auf der anderen Seite zu Problemen durch die abnehmende Wärmedichte kommt.

Zweitens soll der Fernwärmebestand als ein Korrekturfaktor für die Ausbaupotenziale der regenerativen dezentralen Energieversorgung verstanden werden. Die regenerativen Ausbaupotenziale werden räumlich differenziert dargestellt, eine Überlagerung mit dem Bestand an Fernwärme hilft, die Potenziale besser abschätzen zu können.

6.8.2 □ Datengrundlage

Eine exakte, kreis- oder gemeindescharfe Abbildung der bestehenden Fernwärmeversorgung wird durch das unzureichende und lückenhafte statistische Datenmaterial stark eingeschränkt. Die umfassendste Quelle stellt der Hauptbericht der Fernwärmeversorgung - aktuell für das Jahr 2004 - der Arbeitsgemeinschaft für Wärme und Heizkraftwirtschaft beim VDEW (AGFW) [AGFW 2005] dar.

In diesem Bericht werden die Erzeugungs- und die Netzdaten der Fernwärmeversorgungsunternehmen (FVU) abgebildet. Die Erzeugungsdaten enthalten Informationen zu der Wärmenetzeinspeisung (Arbeit, Wärmehöchstlast, Temperatur und gesicherte Engpassleistung), weisen die Anteile der in KWK-Anlagen erzeugten Wärme detailliert aus und geben Auskunft über den Bezug von fremden Unternehmen. Die Netzdaten beinhalten Angaben zu den Netzen selbst (Anzahl, Leistung, Wärmeabgabe, Trassenlänge und Hausübergabestationen), zu den Gradtagszahlen sowie der Wärmeabgabe an andere Fernwärmenetze von AGFW-Mitgliedsunternehmen.

Das Problem des AGFW-Hauptberichtes liegt in der Zahl der erfassten Versorgungsunternehmen und in dem geringen räumlichen Detaillierungsgrad.

Die Zahl der Unternehmen, die sich an der freiwilligen Erhebung durch die AGFW beteiligen, schwankt jährlich und lag im Jahr 2004 bei 234 Unternehmen, davon 149 aus den alten und 85 Unternehmen aus den neuen Bundesländern. Damit sind lediglich die Hälfte der deutschen Wärmeversorgungsunternehmen in der Erhebung erfasst, diese stellen jedoch - nach Angaben der AGFW - rund neunzig Prozent der in Deutschland bereitgestellten Fernwärme bereit.

6.8.3 □ Räumliche Verortung der Versorgung

Neben der unvollständigen Erfassung der FVUs stellt die räumliche Verortung der Fernwärme ein weiteres Problem dar. Die Unternehmen sind mit ihrem Firmensitz erfasst, ihre Erzeugungs- und Netzdaten liegen jedoch aggregiert auf Länderebene vor. Eine Verortung der Erzeugungs- und Netzdaten auf Ebene der Kommunen kann nur unter der Annahme „Firmensitz gleich Versorgungsgebiet“ erfolgen.

In vielen Fällen kann man davon ausgehen, dass der Sitz des Unternehmens in derselben Gemeinde liegt, wie das versorgte Gebiet. Dieses gilt insbesondere bei kleineren Gemeinden, in denen der Versorger den Begriff „Stadtwerk“ mit im Firmennamen trägt. Die Wahrscheinlichkeit, dass diese Unternehmen außerhalb der Grenzen der eigenen Kommune versorgen, ist relativ gering, ein Fehler ist allerdings nicht auszuschließen.

Anders verhält es sich bei den großen Energieversorgungsunternehmen, wie Vattenfall Europe Generation AG & Co. KG, RWE Westfalen-Weser-Ems AG, E.ON Fernwärme GmbH, FAVORIT GmbH Hamburg, E.ON Kraftwerke GmbH usw.. Bei diesen Unternehmen kann vermutet werden, dass sich ihr Versorgungsgebiet auf verschiedene Gemeindegebiete verteilt. Bestätigt wird diese Vermutung dadurch, dass eine Versorgung in unterschiedlichen Bundesländern für diese Unternehmen in der AGFW-Statistik ausgewiesen ist. Wo genau die Versorgung in den Ländern stattfindet, lässt sich den Statistiken nicht entnehmen.

In einem ersten Analyseschritt sollen daher Versorger, die in mehreren Bundesländern Netze betreiben, ausgeschlossen werden. Gleichzeitig wird für die übrigen Unternehmen angenommen, dass Firmensitz gleich Versorgungsgebiet ist. Ein Abgleich der Ländersummen, so wie sie im Hauptbericht der Fernwärmeversorgung ausgewiesen sind, mit den Ländersummen, die nach der hier beschriebenen Auswahl gebildet werden können, deckt die Fehler und Ungenauigkeiten auf. Sollten sich nach einem ersten Analyseschritt offensichtliche Fehler ergeben, beispielsweise, weil die tatsächlichen und die berechneten Ländersummen stark voneinander abweichen oder weil bekannte Fernwärmegebiete nicht in den untersuchten Gemeinden auftauchen, muss diesen Fehlern mittels genauer Analyse der großen Versorgungsunternehmen und ihrer Versorgungsgebiete nachgegangen werden.

6.8.4 □ Auswahl des Gliederungskriteriums

Nachdem die Gruppe der zu untersuchenden Unternehmen eingegrenzt ist und entsprechende Annahmen getroffen sind, stellt sich die Frage, welches Merkmal aus der Fernwärme

Statistik untersucht werden soll. Ziel soll es sein, ein Kriterium zu finden, dass den aktuellen Stand der Fernwärmeversorgung auf Gemeindeebene kennzeichnet und gleichzeitig eine Aussage über die zukünftigen Erweiterungspotenziale der Fernwärme beinhaltet. Notwendig ist diese Analyse, um die bereits errechneten lokalen REG-Potenziale zu „relativieren“. Es wird davon ausgegangen, dass dort, wo bereits mit Fernwärme versorgt wird, am ehesten eine Erweiterung bzw. Verdichtung des Netzes vorgenommen werden kann, welche die Ausbaupotenziale der regenerativen Energieträger schmälert.

Nahe liegend wäre die Betrachtung der bereitgestellten bzw. eingespeisten Wärmemengen durch die Versorgungsunternehmen. Hierbei stellt sich jedoch das Problem des Fremdbezugs von Wärme bzw. die Wärmeabgabe an andere Netze von AGFW-Mitgliedsunternehmen, welche die korrekte Analyse und Verortung der Fernwärmeversorgung verkomplizieren.

Bleiben die konkreten Angaben innerhalb der Netzdaten, wobei sich hier insbesondere die Wärmeabgabe in TJ, die Trassenlänge in km und die Hausübergabestationen anbieten.

Bei der Wärmeabgabe und den Übergabestationen treten jedoch definitorische Schwierigkeiten auf. So definiert die AGFW die Wärmeabgabe innerhalb der Netze als die Wärmeabgabe an den Endverbraucher, den Wärmebetriebsverbrauch für betriebseigene Einrichtungen, die nicht Eigenverbrauch der Wärmeerzeugung sind und die Wärmeabgabe an fremde Weiterverteiler. Eine eindeutige Zuordnung der Wärmeabgabe an private Haushalte und eine daraus abgeleitete Berechnung der Wärmedichte ist demnach nicht möglich. Ähnlich verhält es sich mit den Hausübergabestationen. Zu diesen zählen in der AGFW-Statistik zum einen auch die Übergabestationen für die Wärmeabgabe an Weiterverteiler darüber hinaus ist der Statistik nicht zu entnehmen, ob es sich um Übergabestationen an öffentliche Einrichtungen, Unternehmen im GHD-Sektor oder private Haushalte handelt. Weiterhin ist nicht klar, wie viele Endverbraucher (private Haushalte) an einer Übergabestation angeschlossen sind. Eine Betrachtung des Verhältnisses von abgegebener Wärmemenge und Anzahl der Übergabestationen, ergibt bei den erfassten Unternehmen eine starke Streuung, was die Unsicherheiten dieses Kriteriums bestätigt.

Als handhabbares Analyse Kriterium bleibt somit die in Kilometern ausgewiesene Trassenlänge.

Hier ist unerheblich, wer wie viel Wärme in die Netze einspeist und wie viele Verbraucher bereits angeschlossen sind, entscheidend ist, dass die Netze verlegt sind. Vorhandene Netze werden im Rahmen dieses Untersuchungsansatzes als entscheidender, wenn nicht ausschließlicher Faktor für Erweiterungspotenziale gesehen. Vereinfachend kann gesagt werden, dass ein bestehendes Netz die Möglichkeit bietet, in diesem Netz eine Verdichtung vorzunehmen. Wo diese Möglichkeit besteht, sinken die Ausbaupotenziale der regenerativen Energieträger.

6.8.5 □ Fehleranalyse

In der folgenden Tabelle sind die Energieversorgungsunternehmen aufgeführt, die sich nicht in das Schema „Firmensitz gleich Versorgungsgebiet“ fassen lassen. Ursächlich hierfür ist entweder die Versorgung in mehreren Bundesländern (Vattenfall, FAVORIT, E.ON, Dalkia

Energie Service GmbH, Saar Energie GmbH) oder eine aus der AGFW-Statistik ablesbare Abweichung des Firmensitzes vom Versorgungsgebiet (Kraftwerksbetriebsgesellschaft mbH Kirchlingern, Avacon AG, Gesellschaft für Montan- und Bautechnik, Biq GmbH).

Die E.ON Fernwärme GmbH mit Standort in Gelsenkirchen ist in der nachstehenden Tabelle aufgeführt, weil ein erster Plausibilitätscheck mittels einer Übersichtskarte zur „Fernwärme im Ruhrgebiet“ – herausgegeben vom Kommunalverband Ruhrgebiet – aufgezeigt hat, dass das Unternehmen zwar in Gelsenkirchen angesiedelt ist, die Versorgungsgebiete sich jedoch auf die Kommunen Datteln, Castrop-Rauxel, Recklinghausen, Wanne-Eickel und Gladbeck erstrecken.

Tabelle 35: Länderschlüssel für die nachfolgenden Tabellen

1	Schleswig-Holstein	5	Nordrhein-Westfalen	9	Bayern	13	Mecklenburg-Vorpommern
2	Hamburg	6	Hessen	10	Saarland	14	Sachsen
3	Niedersachsen	7	Rheinland-Pfalz	11	Berlin	15	Sachsen-Anhalt
4	Bremen	8	Baden-Württemberg	12	Brandenburg	16	Thüringen

Tabelle 36: Übersicht der Fernwärmeversorgern mit Versorgungsgebieten in mehreren Bundesländern

Firma	Länder-schlüssel	Wärmeab-gabe [TJ]	Trassen-länge [km]	Hausüber-gabestati-onen
Vattenfall Europe Generation AG & CO. KG, Cottbus	12	0,0	8,8	0
	13	0,0	0,2	1
	14	0,0	54,9	0
E.ON Fernwärme GmbH, Gelsenkirchen	5	6.304,2	655,8	11.407
FAVORIT GmbH, Hamburg	1	0,0	6,8	165
	4	0,0	0,2	1
	5	0,0	161,6	4.655
	6	0,0	35,6	1.449
	7	0,0	53,6	1.235
	8	0,0	5,1	238
	9	0,0	5,0	81
	11	0,0	3,7	33
	14	0,0	6,2	46
	16	0,0	7,3	75
E.ON Kraftwerke GmbH, Hannover	1	0,0	0,2	1
	5	0,0	10,0	20

	6	0,0	40,1	236
	9	0,0	0,5	1
	15	0,0	0,4	2
Kraftwerkbetriebsgesellschaft mbH, Kirchlengern	3	26,7	0,3	3
Dalkia Energie Service GmbH, Neu-Isenburg	1	92,0	9,0	91
	3	196,0	12,2	601
	4	47,2	4,3	718
	5	94,0	2,8	93
	6	59,0	3,8	125
	7	6,4	1,9	16
	8	30,0	1,5	85
	9	315,2	14,6	203
	11	18,0	0,5	2
	12	26,0	3,8	56
	13	90,0	4,9	46
	14	181,0	16,2	269
	15	14,0	1,1	30
Saar Energie AG, Saarbrücken	5	116,0	5,0	23
	7	181,0	2,7	16
Avacon AG, Sarstedt	15	644,0	61,3	779
Gesellschaft für Montan- und Bautechnik, Senftenberg	14	62,1	10,5	119
Biq GmbH, Vockerode	14	53,2	10,4	4

Stellt man die Ländersummen der Trassenlängen aus den eigenen Berechnungen, also ohne die nicht eindeutig zuzuordnenden Versorgungsunternehmen, den ausgewiesenen Ländersummen in der AGFW-Statistik gegenüber, so ergibt sich folgendes Bild.

Tabelle 37: Fehleranalyse

Land	errechnet		AGFW-Summe		Differenz	
	Trassenlänge [km]	Hausübergabestationen	Trassenlänge [km]	Hausübergabestationen	Trassenlänge [km]	Hausübergabestationen
1	1.206,3	27.341	1.243	27.959	36,7	618
2	840,5	12.109	841	12.109	0,5	0
3	1.491,9	23.613	1.504	24.217	12,1	604
4	353,3	9.945	358	10.664	4,7	719
5	3.461,8	73.872	4.295	90.071	833,2	16.199
6	770,8	13.175	841	14.870	70,2	1695
7	168,7	2.656	229	3.930	60,3	1274
8	1.628,3	34.245	1.635	34.568	6,7	323
9	1.442,8	22.159	1.472	22.559	29,2	400
10	138,3	830	138	830	-0,3	0
11	1.467,5	16.089	1.472	16.124	4,5	35
12	715,2	5.879	728	5.945	12,8	66
13	635,5	8.551	641	8.598	5,5	47
14	1.604,9	20.846	1.703	21.284	98,1	438
15	837,9	7.206	901	8.017	63,1	811
16	572,3	5.599	580	5.674	7,7	75

In fast allen Fällen ist der Fehler (Abweichung der Berechnungen von den tatsächlich ausgewiesenen Werten), der durch die Ausklammerung der kritischen Fälle produziert wird, marginal. In elf von sechzehn Fällen liegt die ausgeklammerte und damit nicht eindeutig zugeordnete Trassenlänge unter vierzig Kilometer. In weiteren vier Fällen liegt die Abweichung zwischen vierzig und hundert Kilometern. Lediglich in Nordrhein-Westfalen ist mit rund 833 Kilometern eine erhebliche Differenz zwischen der ausgewiesenen und der errechneten Trassenlänge festzustellen. Diesem Fehler muss im Rahmen einer tiefer gehenden Untersuchung der Fernwärmeversorgung in NRW nachgegangen werden.

Die Aufstellung in Tabelle 36 zeigt weiterhin, dass die E.ON Fernwärme GmbH in Gelsenkirchen und die FAVORIT GmbH aus Hamburg einen Großteil der Abweichungen verursachen. Eine telefonische Rückfrage bei der FAVORIT GmbH ergab, dass diese nicht bereit ist, detaillierte Daten zu den Versorgungsgebieten, die über die Ländersummen hinausgehen, zu geben.

Die Abgrenzungsschwierigkeiten bei den Versorgungsgebieten der E.ON Fernwärme GmbH wurden bereits angesprochen. Es ist zwar bekannt, in welchen Gemeinden des Ruhrgebietes das Unternehmen als Fernwärmeversorger auftritt, unklar ist jedoch, zu welchen Teilen sich die Ländersumme auf die einzelnen Kommunen verteilt. Ebenso ist nicht zu klären, ob noch weitere Versorgungsgebiete des Unternehmens in NRW außerhalb des in der Karte dargestellten Bereiches liegen.

Auf eine genauere Untersuchung wie viel der insgesamt 655,8 Kilometer Trassenlänge der E.ON Fernwärme GmbH auf die einzelnen Versorgungsgebiete entfallen, muss im Rahmen dieser Studie verzichtet werden. Die Netzkilometer werden daher gleichmäßig auf die fünf Gemeinden verteilt. Die Tatsache, dass die Untersuchung der bestehenden Fernwärmeversorgung einen eher qualitativen Charakter haben soll, rechtfertigt dieses Vorgehen. Auf die Gemeinden Datteln, Castrop-Rauxel, Recklinghausen, Wanne-Eickel und Gladbeck entfallen nach dieser Verteilung jeweils rund 131 Kilometer Fernwärmenetz.

Die Summe der nicht eindeutig zugeordneten Trassenlängen sinkt damit von 833 auf 178 Kilometer, von denen wiederum 161 auf die FAVORIT GmbH entfallen und sich somit nicht eindeutig verorten lassen. Die restlichen 17 Kilometer entfallen auf drei Versorgungsunternehmen und erscheinen aufgrund ihrer Größenordnung vernachlässigbar.

6.8.6 □ Darstellung der Fernwärmeversorgung⁴⁶

Die nachstehende Übersicht zeigt auf, wo sich die Fernwärmegebiete⁴⁷ in Deutschland befinden. Es zeigt sich, dass im Westen vor allem das Land Nordrhein-Westfalen in vielen Gebieten über ein Fernwärmenetz verfügt, im Osten weisen hingegen alle Länder, mit Ausnahme Mecklenburg-Vorpommerns, in den Ballungsgebieten eine Fernwärmeversorgung auf.

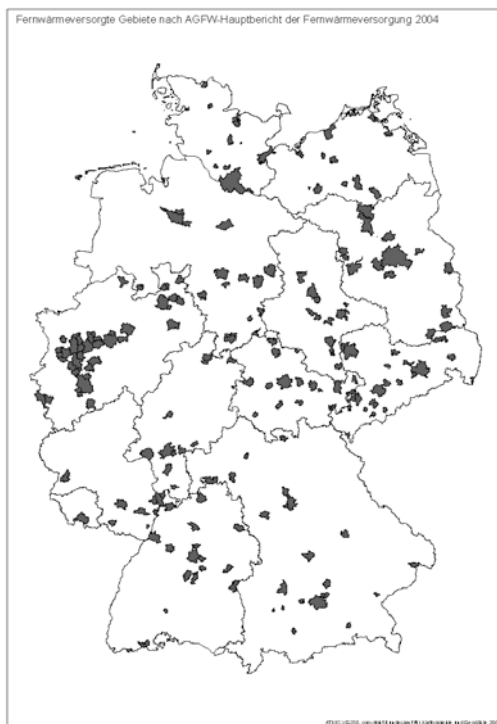


Abbildung 41: Übersicht über Fernwärmegebiete

⁴⁶ Die in den folgenden Abschnitten abgebildeten Karten sind aufgrund der besseren Lesbarkeit des Gesamttextes in verkleinerter Form dargestellt. Alle Karten finden sich im Anhang in vergrößerter Darstellung.

⁴⁷ Wenn im Folgenden von Fernwärmegebieten gesprochen wird, so sind damit stets die von der AGFW erfassten Gebiete unter Berücksichtigung der beschriebenen Fehler gemeint.

6.8.7 □ Gliederungskriterium Trassenlänge

In den vorangegangenen Ausführungen war die in Kilometern ausgedrückte Trassenlänge als handhabbares Gliederungskriterium abgeleitet worden. Betrachtet man hier die Verteilung, so fällt auf, dass die Schwerpunkte auf das Kerngebiet Nordrhein-Westfalens und die kreisfreien Städte der neuen Bundesländer entfallen. Vor dem Hintergrund einer Dynamisierung der Fernwärmeentwicklung auf Basis der demografischen Entwicklung, erscheint in diesem Zusammenhang beachtenswert, dass in den Gebieten mit besonders hohen absoluten Werten bei der Trassenlänge, die pro Kopf Werte sehr niedrig ausfallen.

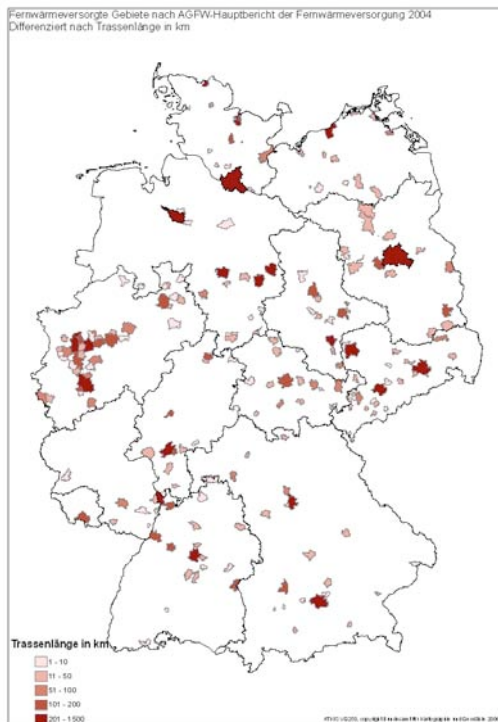


Abbildung 42: Fernwärmeversorgung nach Trassenlänge in km

6.8.8 □ Dynamisierung der Entwicklung der Fernwärme über den demografischen Wandel und die Wirtschaftlichkeit

Die Abbildung der Entwicklungsmöglichkeiten der Fernwärme soll über die Entwicklung der Bevölkerung in Deutschland und eine Betrachtung der Wirtschaftlichkeit geschehen.

Das Aufzeigen der Entwicklungsmöglichkeiten vor dem Hintergrund der demografischen Entwicklung geschieht auf Basis der Bevölkerungsprognose des Berlin Institutes für Weltbevölkerung für das Jahr 2020 [Berlin Institut 2006]. Anzumerken ist hier, dass das Berlin Institut eine Prognose für die Kreise der Bundesrepublik entwirft, in der neben dem Aspekt der Demografie noch weitere Einflussgrößen, wie Wirtschaft und Bildung eine Relevanz haben. Zudem setzt sich die Bewertung der demografischen Entwicklung aus mehreren Indikatoren (Kinderzahl, Frauenanteil, Wanderungen) zusammen. Einer dieser Indikatoren, die prozentuale Entwicklung der Bevölkerung bis 2020 im Vergleich zum Jahr 2004, wird für die hier vorgenommene Dynamisierung verwendet. In der folgenden Karte sind die Kreise mit einer

Bevölkerungszunahme denen mit einem Rückgang der Bevölkerung bis 2020 gegenübergestellt. Die Abnahme der Bevölkerung ist dabei etwas differenzierter dargestellt.

Ein irreführendes Bild ergibt sich aufgrund der Betrachtung auf Ebene der Landkreise und kreisfreien Städte. So gewinnt man den Eindruck, dass beispielsweise die Landkreise Brandenburgs nicht von einer negativen demografischen Entwicklung betroffen sind, dieses ist jedoch nur zum Teil richtig. Zwar profitieren alle Kreise des Landes von einer Bevölkerungsbewegung aus Berlin heraus in das Umland, es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass sich dieser positive Einfluss nur auf einen engeren Kreis um Berlin herum erstreckt, weite Teile der Landkreise jedoch mit starken Bevölkerungsverlusten zu kämpfen haben und auch zukünftig haben werden. Die amtliche Statistik des Landes Brandenburg ist aufgrund dieser Unterschiede dazu übergegangen von einem innerem (zwischen 10 und 20 Kilometer um die Stadgrenzen Berlins) und einem äußeren Verflechtungsraum um das Land Berlin zu sprechen.

Es zeigt sich, dass die Regionen der rückläufigen Bevölkerungszahlen vornehmlich in den neuen Bundesländern und darüber hinaus in der Mitte und im Westen der Bundesrepublik sowie im Saarland zu finden sind. Auffällig ist, dass insbesondere der Süden und weite Teile Nordwestdeutschlands kaum vom Bevölkerungsrückgang betroffen sind.

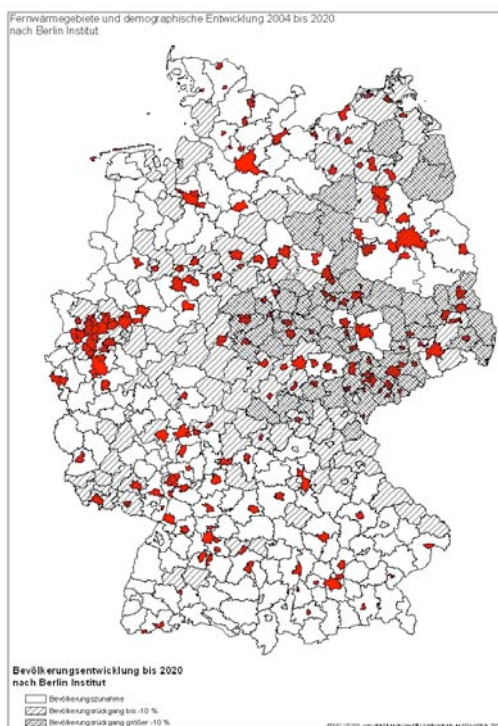


Abbildung 43: Demografische Entwicklung und Fernwärmegebiete

Als zweiter Indikator für die Entwicklungschancen der Fernwärme soll die Wirtschaftlichkeit betrachtet werden. In diesem Zusammenhang wird unter Wirtschaftlichkeit verstanden, ob die siedlungsstrukturellen Gegebenheiten in den Fernwärmegebieten eine Verdichtung oder den Ausbau an den Rändern bestehender Netze begünstigen oder nicht. Für diese Untersuchung soll der Wirtschaftlichkeitskennwert herangezogen werden, der in den Ausführungen zu den Nahwärmepotenzialen entwickelt wurde. Dieser Kennwert vergleicht die Kosten für

Dieser Wirtschaftlichkeitskennwert kann nicht ohne weiteres auf die Betrachtung der Fernwärme übertragen werden, da er sich auf den Vergleich der Investitionskosten für die unterschiedlichen Wärmeversorgungssysteme bezieht. Im Fall der Fernwärme sind diese Investitionen bereits getätigt, untersucht werden sollen hier die Potenziale einer Erweiterung bzw. Verdichtung, nicht jedoch der Aufbau neuer Netze. Eine Wirtschaftlichkeitsbewertung der Fernwärme auf Basis des genannten Kennwertes ist demzufolge lediglich als ein Fingerzeig und als erster Schritt einer Annäherung zu verstehen, der auf den weiteren Vertiefungsbedarf hinweist.

Erwärmungsgebiete nach Wirtschaftsklassenwert
Summe der Wirtschaftsklassenwerte für die einzelnen Siedlungstypen nach DLR

Wirtschaftsklassenwert

- 0 - 10
- 11 - 20
- 21 - 30
- 31 - 40

Die Karte zeigt, dass die Summe der Einzelwerte in vielen Fällen unter 20 bleibt und somit die Ausbaupotenziale für eine netzgebundene Versorgung eher zurückhaltend eingestuft werden müssen.

6.8.9 □ Abbildung der Entwicklungspotenziale durch Verschneidung von Demografie und Wirtschaftlichkeit

Um aus den Aussagen zur demografischen Entwicklung und der Analyse der Wirtschaftlichkeit einen zukünftigen Entwicklungsweg zu zeichnen, müssen die beiden Indikatoren miteinander verschnitten werden.

Angenommen wird in diesem Zusammenhang zum einen, dass ein Ausbau- und Verdichtungspotenzial bei der Fernwärme durch rückläufige Bevölkerungszahlen (und dadurch eine abnehmende Wärmedichte) geschmälert wird. Eine weitere Überlagerung mit dem Wirtschaftlichkeitskennwert ist, wie bereits ausgeführt, lediglich als ein qualitativer Richtungshinweis zu verstehen. Angezeigt werden nach der Überlagerung die Gemeinden, die in den nächsten rund 15 Jahren nicht von starkem Bevölkerungsrückgang betroffen sind und die aufgrund ihrer siedlungsstrukturellen Begebenheiten für eine netzgebundene Wärmeversorgung geeignet zu sein scheinen.

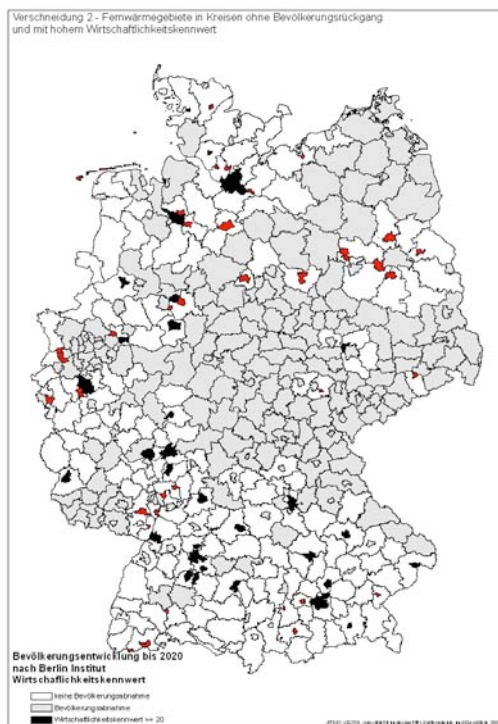


Abbildung 45: Verschneidung demografische Entwicklung und Wirtschaftlichkeit

Offensichtlich wird, dass im Großteil der Fälle den kommunalen Fernwärmenetzen das Verdichtungspotenzial durch die prognostizierte Bevölkerungsentwicklung genommen wird. Grau überlagert sind in der Karte die Kommunen, in denen von einem Bevölkerungsrückgang und damit einer rückläufigen Wärmenachfrage ausgegangen werden kann. Die Möglichkeit in diesen Kommunen Anschlussverdichtungen in bestehenden Fernwärmenetzen zu erreichen sind eher unwahrscheinlich. Lediglich in einem sichelförmigen Gebiet, das sich vom Nordwesten der Bundesrepublik, über Nordrhein-Westfalen, Rheinlandpfalz und Baden-Württemberg bis nach Bayern erstreckt, finden sich noch fernwärmeversorgte Gebiete (in der Hauptsache in den großen kreisfreien Städten), die nicht von rückläufigen Bevölkerungszahlen betroffen sind. Die Rolle der größeren Städte wird durch die Betrachtung der Wirtschaft-

lichkeit bestätigt. Aufgrund ihrer heterogenen Siedlungsstruktur scheinen sie mehr Potenziale, in diesem Fall Verdichtungs- und Ausbaupotenziale, für eine netzgebundene Wärmeversorgung zu bieten.

6.9 EXKURS: Demographische Entwicklung in Nordrhein-Westfalen und im Ruhrgebiet. Auswirkungen auf die Haushaltsstruktur, die Wohnungsnachfrage und die Fernwärmeversorgung

Am Beispiel Nordrhein-Westfalens (NRW) und speziell des Ruhrgebietes soll im Folgenden eine genauere Betrachtung erfolgen, welche die Analysen und Ergebnisse des vorangegangenen Kapitels vertieft. Die Region wurde ausgewählt, weil sie zum einen das größte fernwärmeversorgte Gebiet in den alten Bundesländern darstellt, zum anderen werden sich hier die entscheidenden dynamischen Entwicklungen in den nächsten Jahren mit besonderer Deutlichkeit zeigen. Die folgenden Karten zeigen die Situation der Fernwärme in NRW. Die größte Konzentration findet sich hier im Ruhrgebiet. Köln, Bielefeld und Aachen bilden weitere Schwerpunkte im Land.

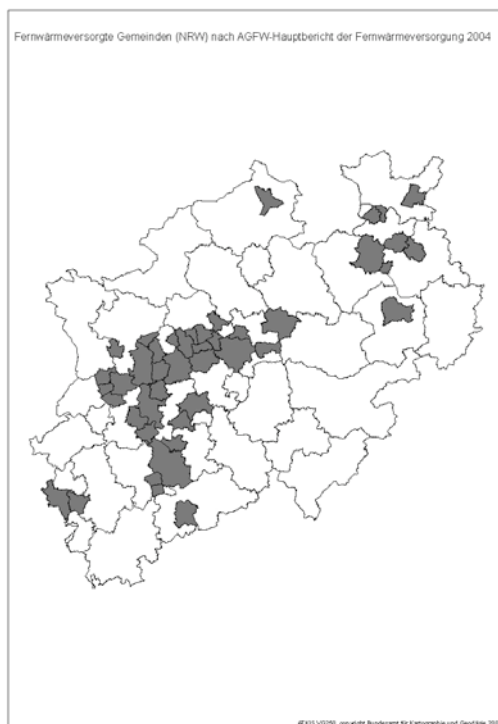


Abbildung 46: Fernwärmegebiete in NRW

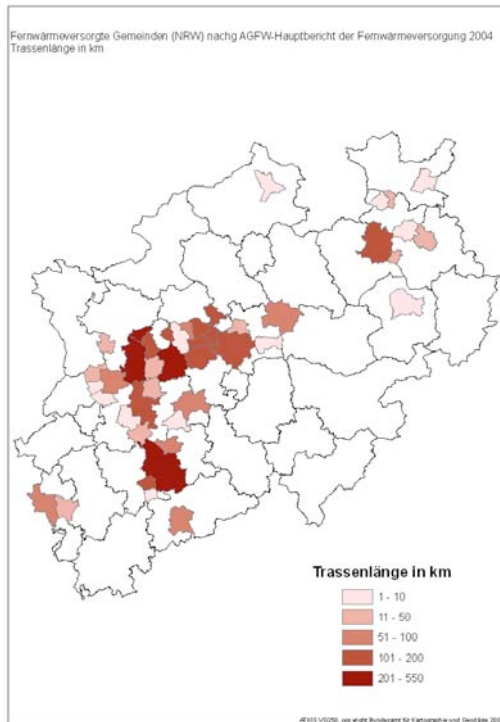


Abbildung 47: Fernwärmeversorgte Gebiete in NRW nach Trassenlänge in km

6.9.1 □ Die demografischen Zukunft in NRW

Die demografische Entwicklung in NRW in den nächsten Dekaden soll anhand der offiziellen Vorausberechnung des Landesamtes für Datenverarbeitung und Statistik (LDS) für die Kreise in NRW [LDS 2005, 2006] dargestellt werden. Das LDS prognostiziert auf dem Basisjahr 2005 die Bevölkerungsentwicklung bis 2025.

Im Jahr 2004 ging die Einwohnerzahl NRW erstmals seit etwa 20 Jahren zurück. Im Vergleich zum Vorjahr hat sich die Zahl der Einwohner Nordrhein-Westfalens auch im Jahr 2005 um rund 17.000 auf rund 18.058.000 reduziert. Verantwortlich hierfür war, dass die Zahl der Geburten 2005 auf ein Rekordtief mit rund 153.000 Geburten sank, die Sterbefälle mit rund 186.000 leicht über dem Vorjahr lagen und das der Wanderungsgewinn mit ca. 16.000 Personen nicht ausreichte um den „Sterbeüberschuss“ auszugleichen.

Es wird davon ausgegangen, dass sich diese Entwicklung in den nächsten Jahrzehnten fortsetzt. Für das Land Nordrhein-Westfalen bedeutet dieses einen Rückgang auf 17.608.000 Einwohner im Jahr 2025 (rund -2,6 Prozent). Nach diesem Zeitpunkt wird sich diese Entwicklung sogar noch beschleunigen, sodass die Zahl der Einwohner bis 2050 um weitere 11 Prozent auf 16.167.000 sinkt. Ursächlich hierfür sind zum einen die abnehmenden Geburtenzahlen, die zwischen sich 2005 und 2025 um vier Prozent bzw. bis 2050 um 20 Prozent verringern werden. Zum anderen steigen gleichzeitig die Sterbefälle bis 2025 um 11 Prozent, bis 2050 um 22 Prozent an. Aus diesen beiden Entwicklungen ergibt sich, dass die Geburtenbilanz, die derzeit bereits negative Werte aufweist, bis 2050 um das Dreifache abnehmen

wird. Die Wanderungen, als dritte Komponente der demografischen Entwicklung, können diese Bilanz in NRW zwar mildern, jedoch nicht umkehren.

Die hier für das Land Nordrhein-Westfalen skizzierte Entwicklung gestaltet sich auf der regionalen Ebene (23 kreisfreie Städte und 31 Kreise) sehr unterschiedlich. Die stärksten Abnahmen bis ins Jahr 2025 verzeichnen die kreisfreien Städte Gelsenkirchen (-16,3 %) und Hagen (-15,2 %) sowie der Hochsauerlandkreis mit -12,8 Prozent. Gleichzeitig können sechs kreisfreie Städte und zwölf Landkreise, aufgrund von Wanderungsgewinnen, im Gegensatz zum Land, bis 2025 eine positive Bevölkerungsentwicklung verzeichnen.

6.9.2 □ Demografische Besonderheiten im Ruhrgebiet

Es zeichnet sich ab, dass das Ruhrgebiet sich aus demografischer Sicht zur Problemregion in NRW entwickeln wird. Die Prognosen zeigen, dass sich die Region mit den kreisfreien Städten Duisburg, Essen, Mülheim an der Ruhr, Oberhausen, Bottrop, Gelsenkirchen, Bochum, Dortmund, Hamm und Herne sowie den Landkreisen Wesel, Recklinghausen und Unna zukünftig deutlich negativer als der Landesdurchschnitt entwickeln wird. Im Jahr 2005 hatte das Ruhrgebiet mit 4,8 Millionen Einwohnern einen Anteil an der Bevölkerung Nordrhein-Westfalens von 26,3 Prozent. Die Bevölkerung im Ruhrgebiet wird bis 2025 auf 4,3 Millionen sinken, was einem Rückgang um rund neun Prozent entspricht. Einige kreisfreie Städte erreichen sogar zweistellige negative Ergebnisse. Im Einzelnen sind dieses Gelsenkirchen (-16,3), Herne (-11,0), Duisburg (-10,8), Mülheim an der Ruhr (-10,1) sowie die Kreise Recklinghausen (-10,7) und Unna (-10,5). Im selben Zeitraum sinkt die Einwohnerzahl des gesamten Bundeslandes um lediglich 2,6 Prozent. Diese besonders negative Entwicklung setzt sich zusammen aus einer Geburtenbilanz, die deutlich unter dem Landesdurchschnitt liegt. Zusätzlich können bis 2025 nur der Kreis Wesel und die kreisfreien Städte Mülheim an der Ruhr, Bottrop, Bochum, Essen und Oberhausen Wanderungsgewinne verzeichnen.

Ebenso wie im Land, so werden auch im Ruhrgebiet diese beiden Trends durch eine starke Alterung der Bevölkerung begleitet. Erkennbar wird diese Veränderung durch die Analyse des so genannten Altenquotienten, welcher das Verhältnis der 65 Jahre und älteren je 100 Personen aus der Altersgruppe der 20 bis unter 65jährigen misst.

Auffällig ist, dass dieser Wert bereits in 2005 über dem Landesdurchschnitt liegt und diesen Wert auch bis 2025 übersteigen wird. Während der Quotient für NRW dann bei 40,3 liegen wird, weist das Ruhrgebiet mit 42,8 eine leichte Erhöhung auf. Lediglich Bochum, Duisburg, Dortmund und Hamm liegen im Jahr 2025 beim Altenquotient unter dem Durchschnitt des Bundeslandes.

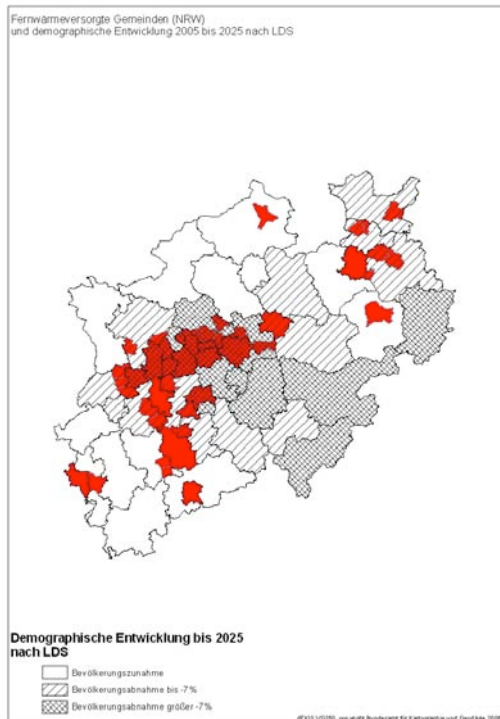


Abbildung 48: Fernwärmegebiete in NRW und demografische Entwicklung

Die Karte verdeutlicht, die vorangestellten Ausführungen und zeigt in welchem Ausmaß die Fernwärmegebiete von den Bevölkerungsrückgängen betroffen sind.

6.9.3 □ Prognose zur Haushaltsentwicklung in NRW

Bei der Prognose der Haushaltsentwicklung steht nicht nur ihre Gesamtzahl im Blickpunkt, von entscheidender Bedeutung ist auch die strukturelle Entwicklung der Haushalte, da sie einen nicht unwesentlichen Einfluss auf die Nachfrage nach Wohnraum, die Wohnflächen pro Kopf und damit auf die Energienachfrage hat.

Die Entwicklung der Haushalte bildet das LDS in einer konstanten und einer Trendvariante ab. In der konstanten Berechnungen wird die Schrumpfung der Bevölkerung, wie in den vorhergehenden Kapiteln beschrieben, als Grundlage genommen. In der Trendvariante werden zusätzlich andere gesellschaftliche Entwicklungen berücksichtigt. Zu nennen ist hier beispielsweise die zunehmende Individualisierung bzw. Singularisierung, die eine steigende Zahl allein Lebender mit sich bringt.

Bei beiden Varianten kommt es in NRW bis zum Jahr 2020 zu einem Anstieg der Haushaltszahlen um knapp fünf Prozent im Fall der Trendvariante und um knapp drei Prozent bei der konstanten Variante. Ebenfalls in beiden Berechnungen kommt es dann zu einem Rückgang, bei der Trendvariante liegt der Wert dann im Jahr 2040 auf dem Niveau des 2002er Wertes, im Fall der konstanten Berechnungen 2,2 Prozent unter diesem Wert.

Betroffen von diesem Rückgang sind ausschließlich die Haushalte mit drei oder mehr Personen. Der Rückgang beträgt bei diesem Haushaltstyp rund 16 Prozent, dem gegenüber steht ein Zuwachs bei den Ein- und Zweipersonenhaushalten von 4 Prozent bis zum Jahr 2040.

Berücksichtigt man die Annahmen der Trendberechnungen, ergäbe sich eine Steigerung bei den Einpersonenhaushalten von ca. 11 Prozent und bei den Zweipersonenhaushalten von rund sechs Prozent. Die Anzahl der Dreipersonenhaushalte sinkt in der Trendvariante um 16,5 Prozent, bei den Haushalten mit vier und mehr Personen wird mit einem Rückgang um 23 Prozent gerechnet. Die Gesamtzahl der Haushalte verringert sich in der Trendberechnung hingegen zwischen 2002 und 2040 lediglich um ca. 1.000 Haushalte.

Wie die Bevölkerungsentwicklung, so stellt sich auch die Entwicklung der Zahl und der Struktur der Haushalte regional sehr unterschiedlich dar.

Betrachtet man den Zeitraum bis 2020, so weisen 18 der 54 Kreise und kreisfreien Städte in Nordrhein-Westfalen einen Rückgang der Haushaltszahlen auf.

Besonders starke Zuwächse verzeichnen die fünf Kreise Borken, Coesfeld, Paderborn, Heinsberg und der Rhein-Sieg-Kreis mit einem Zuwachs der Zahl der Haushalte um mehr als 20 Prozent. Wiederum zeigt sich der deutliche Gegensatz zwischen den Landkreisen und den kreisfreien Städten. Während in den Kreisen bis ins Jahr 2020 noch mit einem Anstieg der Haushaltszahlen um 10 Prozent gerechnet werden kann, so hat der Rückgang in den kreisfreien Städten bereits begonnen. Die Prognose des LDS berechnet bis ins Jahr 2020 einen Rückgang in den Städten um 2,2 Prozent.

Das Ruhrgebiet, auf das hier ein besonderes Augenmerk gelegt werden soll, zeigt bis 2020 mit 0,5 Prozent nur leicht sinkende Haushaltszahlen und liegt damit unter dem Durchschnitt der kreisfreien Städte in NRW. Zu beachten ist hier allerdings, dass dieses Ergebnis eine positive Beeinflussung durch die Landkreise des Ruhrgebietes, wie beispielsweise Unna, erfährt, die bis 2020 noch mit starken Zuwächsen rechnen können.

Besonders betroffen vom Rückgang der Haushaltszahlen sind die kreisfreien Städte der Regierungsbezirke Düsseldorf, Münster (hier ausschließlich Gelsenkirchen) und Arnsberg. Für die Städte im Regierungsbezirk Düsseldorf liegen diese beispielsweise bei ca. 5 Prozent. Insbesondere Essen und Duisburg mit jeweils ca. 20.000 Haushalten weniger und Wuppertal mit einem Rückgang um 18.000 Haushalte bekommen dieses bis 2020 zu spüren. Aber auch die Ruhrgebietsstädte des Regierungsbezirks Arnsberg müssen deutliche Rückgänge der Haushaltszahlen hinnehmen.

Betrachtet man zusätzlich noch die Entwicklung der Haushaltsgrößen regional differenziert, so wird deutlich, dass vor allem die Landkreise von der Zunahme an Personen in Ein- und Zweipersonenhaushalten profitieren. Bis ins Jahr 2020 sogar mehr, als sie durch den Rückgang bei den Mehrpersonenhaushalten an Einbußen erdulden müssen. Die kreisfreien Städte hingegen verlieren sowohl an Personen aus großen Mehrpersonenhaushalten, als auch an Personen aus Ein- und Zweipersonenhaushalten.

6.9.4 □ Prognose zur Wohnungsnachfrage in NRW

Neben der Analyse der Bevölkerungs- und Haushaltsentwicklung erscheinen vor dem Hintergrund energetischer Fragestellungen vor allem die Auswirkungen der demografischen Entwicklung auf die Nachfrage nach Wohnraum von besonderer Bedeutung.

Das LDS geht in seiner Prognose davon aus, dass der Gesamtbedarf an Wohnungen ab dem Jahr 2020 sinken wird und rechnet mit einem Rückgang von 7,6 Millionen auf 7,4 Millionen Wohneinheiten bzw. 3,1 Prozent im Jahr 2040. Die maximale Zahl der Wohneinheiten wird für das Jahr 2020 mit 7,8 Millionen Wohneinheiten erwartet. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass spätestens ab 2025 aufgrund der demografischen Entwicklung der Wohnungsleerstand steigen wird. Abgeleitet aus der regional unterschiedlichen Verteilung des Bevölkerungsrückgangs und der Haushaltsveränderungen, zeigt sich auch die Entwicklung der Wohnraumnachfrage regional stark differenziert. Während für den Landesdurchschnitt bis 2020 beispielsweise noch von einer Steigerung des Wohnraumbedarfs um zwei Prozent ausgegangen wird, reicht die Spannweite auf Ebene der Kreise und der kreisfreien Städte von Rückgängen um 14 Prozent bis hin zu Steigerungen um 17 Prozent. Wiederum besonders betroffen von starken Rückgängen ist das Ruhrgebiet, hier insbesondere die Städte Duisburg, Essen, Mülheim an der Ruhr, Gelsenkirchen, Herne und Bochum. Für diese Städte werden Rückgänge bis 2020 um mehr als sechs Prozent prognostiziert; ebenso hohe Rückgänge werden für Hagen, Krefeld, Wuppertal und Remscheid erwartet. Auch für Köln, Düsseldorf, Leverkusen, Aachen, Hamm und Bielefeld werden rückläufige Zahlen erwartet, hier wird jedoch davon ausgegangen, dass sie weniger dramatisch ausfallen werden. Es zeigt sich demnach wieder der strukturelle Unterschied zwischen den Landkreisen und den kreisfreien Städten, wie er bereits für die anderen Prozesse skizziert wurde. So finden sich auch in den Regierungsbezirken Detmold, Münster und Köln noch Kreise, die Zuwächse von mehr als 12 Prozent bis 2020 aufweisen.

Die folgende Karte verdeutlicht, dass es insbesondere wieder die fernwärmeversorgten Gebiete sind, die von der rückläufigen Wohnungsnachfrage betroffen sind.

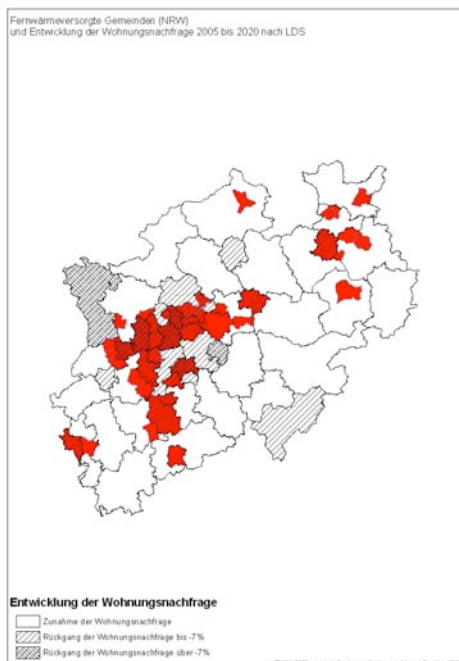


Abbildung 49: Fernwärmeversorgte Gebiete in NRW und Entwicklung der Wohnungsnachfrage

Legt man die beiden dynamischen Prozesse der Bevölkerungsentwicklung und der Wohnungsnachfrage übereinander, so ergibt sich das folgende Bild.

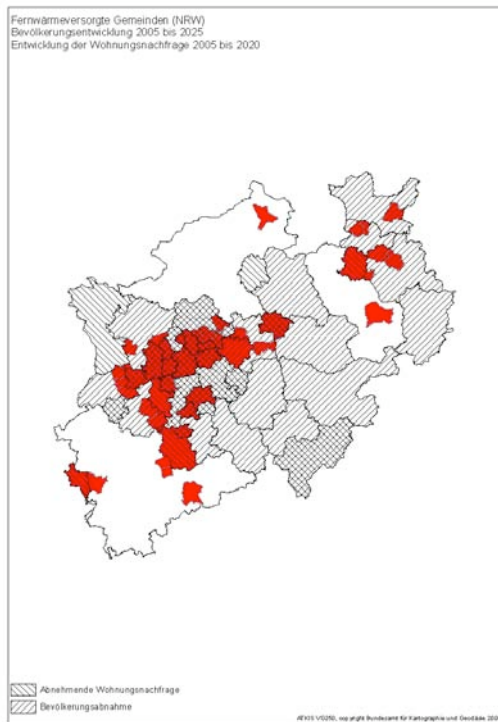


Abbildung 50: Verschneidung fernwärmeversorgte Gebiete in NRW, demografische Entwicklung und Entwicklung der Wohnungsnachfrage

Es zeigt sich, dass in vielen Gebieten, insbesondere im Ruhrgebiet, die fernwärmeversorgten Gemeinden von beiden Entwicklungen betroffen sind. Mit sehr wenigen Ausnahmen (Steinfurt, Paderborn, Stolberg, Hürth, Brühl und Bonn) sind alle fernwärmeversorgten Gebiete von mindestens einem der beiden Prozesse betroffen.

6.10 Ergebnisse Regionalisierung Fernwärme und weiterer Forschungsbedarf

Die vorhergehenden Analysen, sowohl für Gesamtdeutschland als auch für das Bundesland NRW im speziellen, haben verdeutlicht, dass aufgrund der demografischen Entwicklung ein erheblicher Anpassungsbedarf für die Fernwärmeversorgung entsteht. Es konnte gezeigt werden, dass sich der Großteil der fernwärmeversorgten Gebiete einer abnehmenden Wärmedichte stellen müssen.

Für die Entwicklungspotenziale der Fernwärme bedeutet dies, dass nur in wenigen Fällen jenseits der Anschlussverdichtung mit einer Erweiterung der bestehenden Netze zu rechnen sein wird.

Die hier vorgenommenen Analysen können jedoch nur einen Einstieg in eine kleinräumige, netzscharfe Untersuchung der Potenziale bzw. Anpassungsbedarfe sein und sind nicht als konkretes Planungsinstrument zu verstehen. Die Ausführungen zur Betrachtung der Wirtschaftlichkeit in Abhängigkeit von den siedlungsstrukturellen Begebenheiten können als ein Einstieg in eine solche vertiefende Untersuchung verstanden werden.

Auf Basis gemeinscharfer und langfristiger Bevölkerungs- und Wohnungsprognosen verbunden mit dem Wissen um die genaue Lage und den Umfang der Fernwärmenetze in Deutschland können die hier vorgenommen Betrachtungen weiter konkretisiert werden.

6.11 EXKURS: Dynamische Entwicklung in Ostdeutschland – Entwicklungsmöglichkeiten für die Wärmenetze bis 2020/2030

Wichtigste Einflussfaktoren für die Entwicklung der Nachfrage nach Raumwärme in Ostdeutschland (neue Bundesländer und Berlin) im Zeitraum bis 2020/2030 sind die Entwicklung der Wohnbevölkerung und deren Altersstruktur sowie daraus abgeleitet die Nachfrage nach Wohnraum. Mit dieser Entwicklung wird neben der Höhe des Wärmebedarfs auch die Struktur der künftigen Bereitstellung der Raumwärme (und des Warmwassers) beeinflusst. Auf diese Weise lassen sich mögliche Veränderungen gegenüber der Struktur ableiten, die sich seit 1990 herausgebildet hat.

6.11.1 Entwicklung der Einwohnerzahlen und Nachfrage nach Wohnraum in Ostdeutschland in der Zukunft

6.11.1.1 Entwicklung der Einwohnerzahlen und deren Altersstruktur

Nach Berechnungen des Statistischen Bundesamtes nimmt die Einwohnerzahl Ostdeutschlands im Zeitraum bis 2020/2030 dramatisch ab. Die zahlenmäßige Abnahme der Wohnbevölkerung ist zudem mit deutlichen Veränderungen in der Altersstruktur verbunden, dem so genannten demografischen Wandel. Bei den Betrachtungen wurde auf die Variante 5 der

10. Koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes zurückgegriffen.

Tabelle 38: Entwicklung der Einwohner in Ostdeutschland

	Einwohner in 1.000			
	2004	2010	2020	2030
Einwohner gesamt	16.821,2	16.282,2	15.484,5	14.661,0
davon: 0 bis 18 Jahre	2.500,4	2.162,2	2.203,8	1.936,7
25 bis 45 Jahre	4.798,8	4.254,4	3.701,6	3.112,7
über 65 Jahre	3.274,0	3.624,3	3.995,0	4.569,9
	Veränderungen gegenüber dem Jahre 2004 in 1.000 Einwohner			
	2010 zu 2004	2020 zu 2004	2030 zu 2004	
Einwohner gesamt	- 539,0	- 1.336,7	- 2.160,2	
davon: 0 bis 18 Jahre	- 338,2	- 296,6	- 563,7	
25 bis 45 Jahre	- 544,4	- 1.097,2	- 1.686,1	
über 65 Jahre	+ 350,3	+ 721,0	+ 1.295,9	

Quelle: Statistisches Bundesamt: 10. Koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung

Tabelle 39: Struktur der Bevölkerungsentwicklung in Ostdeutschland nach ausgewählten Altersgruppen (%)

	2004	2010	2020	2030
Einwohner gesamt	100	100	100	100
davon: 0 bis 18 Jahre	14,9	13,3	14,2	13,2
25 bis 45 Jahre	28,5	26,1	23,9	21,2
über 65 Jahre	19,5	22,3	25,8	31,2

Quelle: Statistisches Bundesamt: 10. Koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung

In Tabelle 38 und Tabelle 39 wurden drei Altersgruppen ausgewählt, die für die Nachfrage von Wohnraum bedeutsam sind. Dabei ist die Gruppe 25 bis 45 Jahre vor allem interessant für die Nachfrage nach EZFH.

Der Rückgang der Einwohnerzahl verteilt sich nahezu flächendeckend über Ostdeutschland, wobei der Rückgang in den rein ländlichen Gebieten höher ausfällt als in den städtischen Regionen. Von einigen Ausnahmestädten abgesehen (Berlin, Dresden, Leipzig, Potsdam) sinken aber auch die Einwohnerzahlen in den Mittel- und Großstädten.

Mit einem Rückgang der Bevölkerungszahl um rund 1,34 Millionen Einwohner im Zeitraum 2004 bis 2020 nimmt auch die Nachfrage nach Wohnraum ab. Im ersten Zwischenbericht wurde bereits darauf verwiesen, dass der Bestand an energieverbrauchswirksamen (bewohnten) WE für Ostdeutschland für den Zeitraum bis 2004 auf der Grundlage der Einwohnerzahl und einer Kenngröße „Einwohner je WE“ („Ew/WE“) ermittelt wurde (vgl. Abschnitt 1.2.3.1). Diese Verfahrensweise soll auch für die Abschätzung der im Zeitraum bis 2020 zu erwartenden Nachfrage nach Wohnraum gelten.

6.11.2 Entwicklung des Wohnungsbestandes und seiner Gebäudestruktur

6.11.2.1 Entwicklung der Nachfrage nach WE

Die Kenngröße „Ew/WE“ spiegelt die durchschnittliche Belegung einer WE für eine betrachtete Region (politischer Kreis, Bundesland) wider, unabhängig davon, ob es sich um WE in Ein- und Zweifamilienhäusern (EZFH) oder in Mehrfamilienhäusern (MFH) handelt. Für den Bestand an energieverbrauchswirksamen WE des Eckjahrs 2004 (Berechnungen des IE Leipzig) lag die Kenngröße „Ew/WE“ für Ostdeutschland

- für kreisfreie Städte: 2,002 Einwohner je WE,
- für Landkreise : 2,366 Einwohner je WE,
- insgesamt : 2,202 Einwohner je WE.

Die Werte für diese Kenngrößen beziehen sich auf die Altersstruktur der Einwohner, die Haushaltgröße nach den Ergebnissen des Mikrozensus und berücksichtigen den Umfang

der (geschätzten) Arbeitsplatz bedingten Zweitwohnungen. Nicht beachtet werden hierbei Ferienwohnungen.

Die für das Jahr 2004 genannten Durchschnittswerte „Ew/WE“ für Ostdeutschland basieren auf im IE vorliegenden Daten in einer Gliederung nach politischen Kreisen sowie einer bis zum Jahre 1990 zurückreichenden Zeitreihe. Für die zukünftige Nachfrage nach Wohnraum wird sich auf die Kenngrößen auf der Ebene eines Bundeslandes beschränkt, weil in einigen ostdeutschen Bundesländern umfangreiche und tief greifende Kreisreformen bevor stehen und bis 2008/2009 realisiert sein dürften. Einzelheiten über diese Veränderungen liegen bislang offiziell nicht vor.

Bei der Einschätzung der für den Umfang der Wohnungsnachfrage wichtigen Kenngröße „Ew/WE“ wird unterstellt, dass deren numerische Werte im Zeitraum bis 2020 und danach weitgehend konstant bleiben bzw. nur noch marginal sinken. Das bedeutet, dass ungeachtet einer noch möglichen Zunahme der statistisch erfassten Ein-Personen-Haushalte die durchschnittliche Belegung einer WE im Zeitraum bis 2020/2030 im Vergleich zu 2004 im Wesentlichen auf dem Niveau eben des Jahres 2004 bleibt. Dieser Ansatz wird mit einem insgesamt konstanten, eher aber sinkenden Umfang des konsumierbaren Einkommens der privaten Haushalte auf Grund höherer steuerlicher Belastungen, Mehraufwendungen für Sozialleistungen und sinkende Renteneinkünfte begründet. Der Umfang der gemeinsamen Nutzung einer WE durch zwei „statistisch erfasste“ Ein-Personen-Haushalte wird zukünftig zunehmen. Es wird erwartet, dass dies auch für die Bewohner der Altersgruppen 60 Jahre und älter gilt.

Ebenso erscheint in Analogie zu anderen europäischen Ländern ein Anstieg des Umfangs der gemeinsamen Nutzung einer WE (vornehmlich in EZFH) durch mehrere Generationen einer Familie aus gleichen (finanziellen) Gründen als wahrscheinlich.

Zusammengefasst wird unterstellt, dass die zunehmenden finanziellen Belastungen (z.B. Gesundheitskosten, Eigenanteil an der Rentenvorsorge), denen die privaten Haushalte ausgesetzt sind, zu Veränderungen in den Prioritäten der privaten Haushaltsführung und folglich zu keiner Ausweitung der Wohnraumnutzung führen werden.

Auf der Grundlage der getroffenen Ansätze sowie unter Verwendung der im IE vorliegenden Zeitreihe werden die Kenngrößen „Ew/WE“ für den Zeitraum bis 2020 gemäß Tabelle 40 eingeschätzt.

Aufbauend auf den Prognosen zur Bevölkerungsentwicklung ergibt sich daraus eine Nachfrage nach WE im Zeitraum bis 2020 in der Größenordnung gemäß Tabelle 41.

Tabelle 41 zeigt, dass die Nachfrage nach WE im Jahre 2020 um rund 490.000 WE unter der des Jahres 2004 liegt.

Tabelle 40: Durchschnittliche Belegung einer WE in Ostdeutschland (Ew/WE)

	2000	2004	2010	2020
kreisfreie Städte	2,022	2,002	1,99	1,99
Landkreise	2,404	2,366	2,34	2,32
Ostdeutschland gesamt	2,233	2,202	2,18	2,16

Quelle: Einschätzungen IE Leipzig

Tabelle 41: Entwicklung des Wohnungsbestandes in Ostdeutschland (1.000 WE)

	2000	2004	2010	2015	2020
kreisfreie Städte	3.448,03	3.451,46	3.419,62	3.393,7	3.352,8
Landkreise	4.267,50	4.189,12	4.038,18	3.930,9	3.800,5
Ostdeutschland	7.715,53	7.640,58	7.457,80	7.324,6	7.153,3

Quelle: Berechnungen IE

Eine Darstellung nach Bundesländern enthält Tabelle 42, wobei in der Unterteilung nach kreisfreien Städten und Landkreisen der Status des Jahres 2006 gilt. Aussagen zur Struktur enthält Tabelle 43.

		2000			2004			2010			2015			2020		
		EZFH	MFH	gesamt	EZFH	MFH	gesamt	EZFH	MFH	gesamt	EZFH	MFH	gesamt	EZFH	MFH	gesamt
Berlin	kreisfreie Städte	172,54	1.540,33	1.712,87	181,12	1.552,67	1.733,79	193,70	1.561,19	1.754,89	202,6	1.557,1	1.759,6	209,0	1.547,0	1.756,1
Brandenburg	kreisfreie Städte	32,09	156,13	188,22	35,38	149,46	184,84	39,30	141,58	180,88	41,8	135,1	176,8	43,7	128,8	172,5
	Landkreise	485,36	402,85	888,21	517,90	373,67	891,57	555,26	318,62	873,88	574,3	288,1	862,4	586,0	252,5	838,5
	gesamt	517,44	558,98	1.076,43	553,28	523,13	1.076,41	594,56	460,19	1.054,76	616,1	423,1	1.039,3	629,7	381,3	1.011,0
Mecklenburg-Vorpommern	kreisfreie Städte	29,70	217,89	247,59	34,36	210,11	244,47	40,03	196,25	236,27	43,7	191,1	234,8	46,4	185,0	231,4
	Landkreise	275,75	215,82	491,57	289,30	196,71	486,01	309,92	161,86	471,79	324,8	143,3	468,1	336,3	124,0	460,3
	gesamt	305,45	433,71	739,16	323,65	406,83	730,48	349,95	358,11	708,06	368,4	334,4	702,8	382,7	309,0	691,7
Sachsen	kreisfreie Städte	96,54	664,35	760,89	103,47	654,29	757,75	113,44	619,58	733,02	119,7	595,9	715,6	124,5	574,0	698,5
	Landkreise	581,70	677,10	1.258,80	595,14	628,31	1.223,44	616,38	550,44	1.166,82	627,4	496,5	1.123,9	633,5	449,1	1.082,6
	gesamt	678,25	1.341,44	2.019,69	698,60	1.282,59	1.981,20	729,82	1.170,02	1.899,84	747,2	1.092,3	1.839,5	758,0	1.023,1	1.781,1
Sachsen-Anhalt	kreisfreie Städte	43,81	225,89	269,69	47,49	214,82	262,31	51,95	200,13	252,08	54,6	193,8	248,4	56,2	185,5	241,8
	Landkreise	464,57	396,32	860,89	477,30	358,51	835,81	496,37	296,76	793,14	507,4	255,8	763,1	513,8	216,2	730,0
	gesamt	508,38	622,21	1.130,59	524,80	573,33	1.098,12	548,33	496,89	1.045,21	561,9	449,6	1.011,5	570,1	401,7	971,7
Thüringen	kreisfreie Städte	51,81	216,96	268,77	55,21	213,08	268,29	60,27	202,21	262,48	63,6	194,9	258,5	66,2	186,3	252,6
	Landkreise	449,89	318,14	768,03	458,91	293,38	752,29	473,78	258,78	732,56	483,8	229,5	713,3	491,1	198,0	689,1
	gesamt	501,70	535,10	1.036,80	514,12	506,46	1.020,58	534,05	460,99	995,04	547,5	424,4	971,8	557,3	384,3	941,7
Ost-deutschland	kreisfreie Städte	426,49	3.021,54	3.448,03	457,02	2.994,43	3.451,46	498,69	2.920,93	3.419,62	526,0	2.867,7	3.393,7	546,0	2.806,7	3.352,8
	Landkreise	2.257,26	2.010,23	4.267,50	2.338,54	1.850,58	4.189,12	2.451,72	1.586,46	4.038,18	2.517,7	1.413,2	3.930,9	2.560,8	1.239,8	3.800,5
	gesamt	2.683,76	5.031,77	7.715,53	2.795,57	4.845,01	7.640,58	2.950,41	4.507,39	7.457,80	3.043,7	4.280,9	7.324,6	3.106,8	4.046,5	7.153,3
Quelle: Berechnungen IE																

Tabelle 42: Entwicklung des Bestands energieverbrauchswirksamer WE in Ostdeutschland im Zeitraum 2000 bis 2020 (Angaben in 1.000 WE)

		2000			2004			2010			2015			2020		
		EZFH	MFH	gesamt	EZFH	MFH	gesamt	EZFH	MFH	gesamt	EZFH	MFH	gesamt	EZFH	MFH	gesamt
Berlin	kreisfreie Städte	10,1	89,9	100,0	10,4	89,6	100,0	11,0	89,0	100,0	11,5	88,5	100,0	11,9	88,1	100,0
Brandenburg	kreisfreie Städte	17,0	83,0	100,0	19,1	80,9	100,0	21,7	78,3	100,0	23,6	76,4	100,0	25,3	74,7	100,0
	Landkreise	54,6	45,4	100,0	58,1	41,9	100,0	63,5	36,5	100,0	66,6	33,4	100,0	69,9	30,1	100,0
	gesamt	48,1	51,9	100,0	51,4	48,6	100,0	56,4	43,6	100,0	59,3	40,7	100,0	62,3	37,7	100,0
Mecklenburg-Vorpommern	kreisfreie Städte	12,0	88,0	100,0	14,1	85,9	100,0	16,9	83,1	100,0	18,6	81,4	100,0	20,0	80,0	100,0
	Landkreise	56,1	43,9	100,0	59,5	40,5	100,0	65,7	34,3	100,0	69,4	30,6	100,0	73,1	26,9	100,0
	gesamt	41,3	58,7	100,0	44,3	55,7	100,0	49,4	50,6	100,0	52,4	47,6	100,0	55,3	44,7	100,0
Sachsen	kreisfreie Städte	12,7	87,3	100,0	13,7	86,3	100,0	15,5	84,5	100,0	16,7	83,3	100,0	17,8	82,2	100,0
	Landkreise	46,2	53,8	100,0	48,6	51,4	100,0	52,8	47,2	100,0	55,8	44,2	100,0	58,5	41,5	100,0
	gesamt	33,6	66,4	100,0	35,3	64,7	100,0	38,4	61,6	100,0	40,6	59,4	100,0	42,6	57,4	100,0
Sachsen-Anhalt	kreisfreie Städte	16,2	83,8	100,0	18,1	81,9	100,0	20,6	79,4	100,0	22,0	78,0	100,0	23,3	76,7	100,0
	Landkreise	54,0	46,0	100,0	57,1	42,9	100,0	62,6	37,4	100,0	66,5	33,5	100,0	70,4	29,6	100,0
	gesamt	45,0	55,0	100,0	47,8	52,2	100,0	52,5	47,5	100,0	55,6	44,4	100,0	58,7	41,3	100,0
Thüringen	kreisfreie Städte	19,3	80,7	100,0	20,6	79,4	100,0	23,0	77,0	100,0	24,6	75,4	100,0	26,2	73,8	100,0
	Landkreise	58,6	41,4	100,0	61,0	39,0	100,0	64,7	35,3	100,0	67,8	32,2	100,0	71,3	28,7	100,0
	gesamt	48,4	51,6	100,0	50,4	49,6	100,0	53,7	46,3	100,0	56,3	43,7	100,0	59,2	40,8	100,0
Ost-deutschland	kreisfreie Städte	12,4	87,6	100,0	13,2	86,8	100,0	14,6	85,4	100,0	15,5	84,5	100,0	16,3	83,7	100,0
	Landkreise	52,9	47,1	100,0	55,8	44,2	100,0	60,7	39,3	100,0	64,0	36,0	100,0	67,4	32,6	100,0
	gesamt	34,8	65,2	100,0	36,6	63,4	100,0	39,6	60,4	100,0	41,6	58,4	100,0	43,4	56,6	100,0

Tabelle 43: Gebäudestruktur im WE-Bestand in Ostdeutschland in %

In Anlehnung an die Betrachtungen für den Zeitraum bis 2004 soll daran erinnert werden, dass sich die in Tabelle 41 dargestellten Werte auf den Bestand an „energieverbrauchswirksamen (bewohnten) WE“ beziehen. Der tatsächlich vorhandene Bestand an WE ist größer. Im Jahre 2004 standen in Ostdeutschland rund 970.000 WE in MFH leer (Berechnungen des IE Leipzig). Zwar konnte als Folge der Umsetzung des Stadtumbauprogramms Ost der Leerstand bis zum Jahre 2005 etwas verringert werden, an der Tatsache eines auch mittelfristig existierenden erheblichen Leerstandes an WE ändert sich damit prinzipiell nichts.

Der auch weiterhin zu erwartende hohe Wohnungsleerstand hat erhebliche Auswirkungen auf den Wohnungsneubau, die Struktur der Wärmeversorgung, aber auch auf die Möglichkeiten einer deutlichen Verbesserung der Wärmedämmung bestehender Wohngebäude.

6.11.2.2 Entwicklung des Wohnungsneubaus und der Gebäudestruktur

Die mit der Verringerung der Einwohnerzahl verbundene deutlich sinkende Nachfrage nach Wohnraum wirkt sich auch auf die Neubautätigkeit und als Folge auf die durchschnittliche Wohnungsgröße aus, was letztendlich den Bedarf an Raumwärme beeinflusst.

Das Jahr 1998 stellt das Maximum im Wohnungsneubau in Ostdeutschland dar. In den Folgejahren nahm die Neubautätigkeit deutlich ab. Wurden im Jahre 1998 noch 53.970 WE in EZFH fertig gestellt, waren es im Jahre 2004 noch 30.100 WE. Noch dramatischer verlief die Entwicklung im Neubau von MFH. Der Fertigstellung von 57.350 WE im Jahre 1998 stehen nur noch 5.600 WE im Jahre 2004 gegenüber. Bei dieser Entwicklung ist zusätzlich bemerkenswert, dass die Neubautätigkeit bei EZFH in kreisfreien Städten langsamer abnahm als in ländlichen Gebieten:

Tabelle 44: Entwicklung der Neubautätigkeit im Wohnungsbau Ostdeutschlands im Zeitraum 1998 bis 2004 (1.000 WE)

	WE in EZFH			WE in MFH			WE gesamt		
	Stadt	Landkr.	gesamt	Stadt	Landkr.	gesamt	Stadt	Landkr.	gesamt
1998	9,55	44,43	53,97	29,31	28,04	57,35	38,86	72,47	111,33
1999	12,61	40,23	52,84	16,11	16,36	32,47	28,72	56,59	85,31
2000	10,85	36,64	47,50	11,45	12,02	23,46	22,30	48,66	70,96
2001	8,81	26,86	35,67	7,52	7,05	14,57	16,32	33,92	50,24
2002	8,06	24,38	32,44	4,52	5,03	9,55	12,58	29,41	41,99
2003	7,44	21,62	29,06	3,72	3,53	7,25	11,16	25,15	36,31
2004	8,24	21,86	30,10	2,55	3,05	5,60	10,79	24,91	35,70
1998-2004	65,56	216,02	281,58	75,17	75,08	150,25	140,74	291,10	431,83

Quelle: Daten der Statistischen Landesämter zur Baufertigstellung von Wohn- und Nichtwohngebäuden (Bautätigkeit und Wohnungen) aus mehreren Jahrgängen

Für den Zeitraum bis 2020/30 ist damit zu rechnen, dass der Wohnungsneubau weiter abnehmen wird. Für den Bereich der MFH begründet sich diese These mit einem weiterhin bestehenden hohen Wohnungsleerstand. Darüber hinaus tragen auch die Anforderungen des Stadtumbauprogramms nach Aufwertung (Stärkung) der Innenstädte und Erhalt wertvoller Altbausubstanz (stadtbildprägende Quartiere und Gebäude) zur einer weiteren Reduzierung der Neubautätigkeit bei.

Aber auch im Bereich der EZFH muss mit einem weiteren Rückgang der Neubautätigkeit gerechnet werden. Als wesentliche Gründe für diesen Ansatz werden gesehen:

1. Die Anzahl der Einwohnerzahl der Altersgruppe, die für die Errichtung von EZFH (Eigenheimen) prädestiniert ist, nimmt im Betrachtungszeitraum deutlich ab.
2. Die finanziellen Belastungen der privaten Haushalte schränken das Interesse am Bau von EZFH ein. Hierzu gehört auch der Wegfall von Steuervergünstigungen und Zulagen.
3. Mehr als in der Vergangenheit erfordert der Arbeitsmarkt Flexibilität, was sich nicht förderlich für die Errichtung bzw. den Erwerb von Eigenheimen (EZFH) auswirkt. Wohnungseigentum wird sich künftig stärker auf den Erwerb von WE in MFH konzentrieren, die im Bedarfsfall vermietet werden können. Hierbei wird der Erhalt und die Sanierung/Modernisierung vorhandener Altbausubstanz an Bedeutung gewinnen.
4. Es wird ein Generationswechsel in der Nutzung der im Zeitraum ab 1960 errichteten EZFH stattfinden (Vererbung, Verkauf), was ebenfalls einschränkend auf die Neubautätigkeit wirkt.

Insgesamt werden auch künftig Neubau-WE entstehen, gemessen an den vergangenen Zeiträumen jedoch mit einem deutlich geringeren Umfang.

Unter Berücksichtigung der genannten Thesen sowie der Entwicklung der Einwohnerzahl wird unterstellt, dass im Zeitraum 2005 bis 2020 etwa 360.000 WE in EZFH und 55.000 WE in MFH neu gebaut werden (Tabelle 45). Danach steigt der Anteil der WE in EZFH innerhalb des WE-Bestandes in Ostdeutschland von 36,6 % im Jahre 2004 auf 43,4 % im Jahre 2020.

Tabelle 42 zeigt die Gliederung des WE-Bestandes nach Gebäudetypen und Bundesländern für den Zeitraum bis 2020, in der die eingeschätzte Entwicklung des Wohnungsneubaus berücksichtigt ist.

Zum Vergleich sei angeführt, dass im Zeitraum 1998 bis 2004 insgesamt 431.830 WE errichtet wurden, davon 281.580 WE in EZFH und 150.250 WE in MFH. Es ist jedoch zu beachten, dass der eingeschätzte Neubau von insgesamt 415.000 WE im Zeitraum von 2005 bis 2020 mit einem Rückgang der Einwohnerzahl um 1.340.000 sowie einen auch in diesem Zeitraum noch bestehenden hohen Wohnungsleerstand einhergeht. Der gegenüber dem Zeitraum 1998 bis 2004 vergleichsweise geringe Neubau 2005 bis 2020 muss dennoch als eher obere Variante angesehen werden.

Mit der Reduzierung des Neubaus und der Konzentration auf vorhandene Bausubstanz ist auch nicht zu erwarten, dass sich die durchschnittliche Wohnfläche einer WE deutlich erhöht.

Bei der Annahme eines moderaten Wohnungsneubaus (Tabelle 45) sowie einer durchschnittlichen Wohnungsgröße im Neubau von 120 m² bis 125 m² in EZFH und 72 m² bis 74

m² in MFH steigt die Wohnfläche je Einwohner bis 2020 um etwa 7% und erreicht in Ostdeutschland ca. 35,7 m² je Einwohner (2004 = 33,3 m²/Ew).

1.000 WE	2000 bis 2004			2005 bis 2010			2011 bis 2015			2016 bis 2020		
	EZFH	MFH	gesamt	EZFH	MFH	gesamt	EZFH	MFH	gesamt	EZFH	MFH	gesamt
Berlin	12,36	11,79	24,15	13,3	5,4	18,7	10,0	3,6	13,6	8,0	2,7	10,7
Brandenburg	54,18	10,83	65,01	43,3	3,5	46,8	24,0	2,2	26,2	17,1	1,8	18,8
Meck.-Pom.	26,30	12,52	38,82	27,7	6,7	34,3	20,3	3,8	24,0	16,8	3,0	19,8
Sachsen	35,22	13,39	48,62	34,4	4,9	39,3	22,0	3,3	25,2	16,8	2,9	19,7
Sachsen-Anhalt	26,01	5,25	31,26	25,9	2,8	28,7	17,1	2,0	19,0	12,6	1,7	14,4
Thüringen	20,69	6,64	27,33	22,3	1,9	24,2	16,5	1,3	17,9	13,2	1,2	14,4
Ostdeutschland	174,76	60,43	235,19	167,0	25,1	192,0	109,8	16,2	126,0	84,6	13,2	97,8
Quelle: Berechnungen IE												

Tabelle 45: Wohnungsneubau bis 2020

6.11.3 Entwicklungsmöglichkeiten im Wärmebedarf in Ostdeutschland

6.11.3.1 Entwicklungen im Wärmeverbrauch - Verbesserung der Energieeffizienz an Wohngebäuden

Es kann davon ausgegangen werden, dass im Verbraucherverhalten bzgl. der Raumwärme in Ostdeutschland nur noch ein sehr geringes Einsparpotenzial besteht. Auf Grund der deutlich gestiegenen Energiepreise haben sich Verhaltensweisen eingestellt, nach denen der Wärmeverbrauch dem Wärmeempfinden weitestgehend entspricht. Überheizte WE stellen die Ausnahme dar.

Im Zusammenhang mit der demografischen Entwicklung, insbesondere der zahlenmäßigen Zunahme der Bevölkerungsgruppe älter 65 Jahre, steigt die durchschnittliche Verweildauer in der Wohnung an, was eine längere tägliche Nutzung der Heizung in der Heizperiode nach sich zieht. Damit steigt unabhängig von Wärmedämmmaßnahmen und anderen Einsparpotenzialen die Nachfrage nach Raumwärme an.

Andererseits bestehen noch nennenswerte Potenziale zur Verbesserung der Wärmedämmung an den bestehenden Gebäuden. Es wird unterstellt, dass die nach 1995 errichteten Wohngebäude grundsätzlich nach der Wärmeschutzverordnung bzw. Energieeinsparverordnung gebaut wurden und damit einem hohen Dämmstandard entsprechen. Potenziale beinhalten vor allem die vor 1990 gebauten Häusern.

Im Bereich der MFH wurden im Rahmen der umfangreichen Gebäudesanierung/-modernisierung auch Maßnahmen zur Wärmedämmung durchgeführt. Es muss jedoch eingeschätzt werden, dass aus finanziellen Gründen nur ein Teil der möglichen Einsparmaßnahmen realisiert wurden. Oftmals beschränkte sich die „Wärmedämmung“ auf einen Tausch der Fenster von Einfach- zu Fenster mit Mehrfachverglasung. Einsparungen entstanden auch durch den Wegfall der Gasversorgung einzelner WE und der damit nicht mehr benötigten Zwangsbelüftung. Prinzipiell wurden jedoch bei den Sanierungsarbeiten erhebliche Einsparpotenziale „verschenkt“. Ursachen hierfür sind auch der kontinuierliche Anstieg des Wohnungsleerstandes und der damit sich verschärfende Wettbewerb auf dem Wohnungsmarkt sowie die fehlende Finanzkraft der Wohnungsunternehmen. Maßnahmen zur nachhaltigen Wärmedämmung können nach dem Miethöhegesetz mit 11 % pro Jahr auf die „Kaltmiete“ umgelegt werden. Bislang überschreiten diese Umlagen deutlich die eingesparten Heizkosten. Dabei gilt, im Mietswohnungsbau existiert für die Wohnungsnutzer keine Amortisationszeit. Mieterhöhungen durch Wärmedämmmaßnahmen sind ständig anfallende Kosten und müssen sich folglich im gleichen Jahr amortisieren. Aus diesen Gründen wurden bislang nur dann Wohngebäude mit einem vollen Wärmeschutz nachgerüstet, wenn dafür Fördermittel zur Verfügung standen oder wenn es sich um Gebäude mit gehobener Ausstattung oder exklusiver Wohnlage handelte, für die von einer gesicherten Nachfrage ausgegangen werden konnte.

Für den Zeitraum bis 2020 muss beachtet werden, dass gegenwärtig in Ostdeutschland insgesamt ca. 65 bis 70 % des Gebäudebestandes im Bereich der MFH saniert/modernisiert (einschließlich Neubau) sind und folglich in den kommenden 20 bis 25 Jahren nicht mehr für

eine neuerliche Generalinstandsetzung in Frage kommen. Sanierungen nur um der Erhöhung der Wärmedämmung willen sind wirtschaftlich nicht zu rechtfertigen und werden von den Wohnungsunternehmen aus Gründen des auch langfristig noch angespannten Wohnungsmarktes mit einem Überangebot an WE nicht durchgeführt. Zu berücksichtigen ist auch, dass aus sozialen Gründen ein Angebot an preisgünstigen WE zur Verfügung stehen muss. Solche WE werden nicht über einen hohen Standard an Wärmedämmung verfügen können. Aus der Wohnungswirtschaft stammt auch die Überlegung, unsanierte und damit nur gering wärmegeämmte Wohngebäude für Sozialfälle (ALG II – Empfänger mit Anrecht auf Wohngeld) vorzuhalten.

Im Bereich der selbstgenutzten EZFH existiert ebenfalls ein beachtliches Potenzial an Energieeinsparung durch Wärmedämmung, insbesondere in den vor 1990 gebauten und noch nicht sanierten Gebäuden (die aber fast ausnahmslos über eine moderne Heizungsanlage verfügen).

Vom IE Leipzig wird aufgrund der regelmäßig durchgeführten Marktanalysen eingeschätzt, dass bislang rund 50 % der „alten“ EZFH saniert/modernisiert sind, wobei der Umfang der mit einer hohen Wärmedämmung versehenen Gebäude deutlich geringer ist. Die Ursache für diesen Zustand besteht darin, dass bislang die Kosten für eine nachträgliche Wärmedämmung in Bezug auf die Energiepreise deutlich zu hoch waren.

Allerdings besteht anders als bei den MFH für die mit der nachträglichen Wärmedämmung verbundenen Kosten eine Amortisation über die eingesparten Kosten für die Heizenergie. Aus gegenwärtiger Sicht liegt dieser Zeitraum in Abhängigkeit vom Umfang der Wärmedämmung bei 8 bis 12 Jahren. Mit einer weiteren Verteuerung der Energie wird folglich eine nachträgliche Wärmedämmung auch ohne weitere Instandsetzungsmaßnahmen interessant. Ein solches Interesse kann zusätzlich noch durch eine zielgerichtete Politik (zweckgebundene zinsverbilligte Kredite, Sonderabschreibungen u. ä.) unterstützt werden.

6.11.3.2 Entwicklung der Heizungsstruktur

Die gegenwärtig in Ostdeutschland existierende Struktur der Raumheizung (und Warmwasserbereitung) hat sich auf der Grundlage der umfassenden Modernisierung/Sanierung der bestehenden Gebäudestruktur (Ablösung) der Kohleheizung und des Wohnungsneubaus ab 1990 herausgebildet.

In der Regel besitzen Feuerungsanlagen zur Deckung des Raumwärmebedarfes eine normative Nutzungsdauer („Amortisationszeitraum“) von 15 bis 20 Jahren. Das bedeutet, dass ab 2008/2010 der Austausch der installierten Feuerungsanlagen beginnen wird. Interessant für die künftige Entwicklung der Struktur der Deckung des Wärmebedarfes ist dabei, dass sich durch die relativ zusammengedrängte Installation der Feuerungsanlagen in 1990er Jahren auch bzgl. des Austausches der Feuerungsanlagen eine Bündelung im Umfang ergeben wird. Diese Entwicklung vollzieht sich daher anders als in den alten Bundesländern, wo dieser Ersatz fließend erfolgt ist bzw. erfolgen wird.

Tabelle 46 zeigt zusammengefasst die Heizungsstruktur Ostdeutschlands, wie sie im Jahre 2004 bestand und die den Ausgangspunkt für eine Abschätzung möglicher Strukturveränderungen bildet.

Tabelle 46: Struktur der Wohnraumheizung 2004 für Ostdeutschland

		Bestand 1.000 WE			Anteil in %		
		WE in EZFH	WE in MFH	WE gesamt	WE in EZFH	WE in MFH	WE gesamt
WE mit Fernwärmeversorgung	kreisfreie Städte	7,38	1.281,77	1.289,16	1,6	42,8	37,4
	Landkreise	3,08	580,25	583,32	0,1	31,4	13,9
	gesamt	10,46	1.862,02	1.872,48	0,4	38,4	24,5
WE mit Gasheizung	kreisfreie Städte	332,88	1.035,16	1.368,04	72,8	34,6	39,6
	Landkreise	1.497,28	842,90	2.340,18	64,0	45,5	55,9
	gesamt	1.830,16	1.878,06	3.708,22	65,5	38,8	48,5
WE mit Ölheizung	kreisfreie Städte	114,26	490,13	604,39	25,0	16,4	17,5
	Landkreise	808,69	258,00	1.066,69	34,6	13,9	25,5
	gesamt	922,95	748,13	1.671,08	33,0	15,4	21,9
WE mit elektrischer Heizung	kreisfreie Städte	2,26	59,80	62,06	0,5	2,0	1,8
	Landkreise	16,70	51,00	67,71	0,7	2,8	1,6
	gesamt	18,96	110,80	129,76	0,7	2,3	1,7
WE mit Festbrennstoffheizung	kreisfreie Städte	0,24	127,56	127,81	0,1	4,3	3,7
	Landkreise	12,79	118,44	131,23	0,5	6,4	3,1
	gesamt	13,04	246,00	259,04	0,5	5,1	3,4
WE gesamt	kreisfreie Städte	457,02	2.994,43	3.451,46	100,0	100,0	100,0
	Landkreise	2.338,54	1.850,58	4.189,12	100,0	100,0	100,0
	gesamt	2.795,57	4.845,01	7.640,58	100,0	100,0	100,0

Quelle: Berechnungen IE

Prinzipielle Möglichkeiten zur Veränderung in der Heizungsstruktur im Bereich der EZFH bestehen darin, dass die gegenwärtig installierte Ölheizung durch eine Gasheizung ersetzt wird. Ein solcher Umstieg setzt jedoch voraus, dass für die betreffenden Gebäude ein Gasanschluss vorhanden ist bzw. wirtschaftlich vertretbar geschaffen werden kann. Wenn die höheren CO₂-Emission der Ölheizung gegenüber der Gasheizung auch künftig in der Preisgestaltung für private Haushalte keinen Einfluss hat, ist ein solcher Umstieg kaum zu erwarten. Das gilt, solange der Gaspreis an die Entwicklung des Ölpreises gekoppelt ist. Von den Gasversorgern selbst, wie auch vom IE Leipzig, wird ein solcher Umstieg als eher unwahrscheinlich eingeschätzt.

Denkbar ist jedoch die Installation einer Pelletfeuerungsanlage als Ersatz einer Ölfeuerungsanlage. Dies gilt auch für WE mit einer Gasheizung. Entscheidende Voraussetzung für einen solchen Weg bei einem Austausch der Feuerungsanlage ist in erster Linie der Preis für die Einsatzenergieträger (Erdgas, Heizöl, Pellets).

Eine Lösung mit Zukunftscharakter könnte auch im Bereich der EZFH, speziell in „Ballungsgebieten“ von EZFH (nach 1990 entstandene EZFH-Siedlungen auf der „grünen Wiese“, straßenweise Bebauung mit EZFH u. ä.), die Errichtung von Nahwärmesystemen sein, für die zur Wärmeerzeugung auch erneuerbare Energien eingesetzt werden könnten.

Für den Wohnungsneubau werden in stärkerem Umfang als bisher innovative Heizungssysteme Anwendung finden, neben der bereits erwähnten Pelletheizung auch die Wärmepumpenheizung, Solarheizungen und Passiv- bzw. Nullenergiehäuser.

Eine nennenswerte Erweiterung des Anschlusses von EZFH an die Fernwärmeversorgung wird nicht erwartet. Vorstellungen von Stadtbauämtern, auf infrastrukturell gut erschlossenen

Flächen, auf denen Wohngebäude im Rahmen des Stadtumbauprogramms abgerissen wurden, EZFH zu errichten, lassen sich – von geringen Ausnahmen abgesehen – nicht erfüllen.

Signifikante Veränderungen in der Heizungsstruktur wird es im Bereich der MFH geben. Mit dem deutlichen Rückgang der Einwohnerzahl – um 1.337.000 im Zeitraum 2004 bis 2010 (vgl. auch Tabelle 38) – nimmt auch die Nachfrage nach Wohnraum ab. Unter den getroffenen Annahmen zur durchschnittlichen Belegung einer WE sowie den Prognosen der Bevölkerungsentwicklung werden im Jahre 2020 in Ostdeutschland rund 487.000 WE weniger nachgefragt als im Jahre 2004. Auch wenn der Umfang des Neubaus an EZFH, wie im Abschnitt 1.2.2 dargestellt, im Vergleich zum Zeitraum bis 1998/2000 merklich abnimmt, wird es im Betrachtungszeitraum noch eine nennenswerte Zahl an Neubau-WE in EZFH geben. Eingeschätzt wird ein Umfang von ca. 310.000 WE zwischen 2004 und 2020. Das aber führt dazu, dass die Nachfrage an WE in MFH noch stärker abnimmt, als die Gesamtnachfrage nach Wohnraum. Unter den getroffenen Annahmen sinkt die Anzahl benötigter WE in MFH im Jahre 2020 gegenüber 2004 um insgesamt rund 800.000 WE. Am stärksten betroffen sein wird der Bestand an WE mit einer Fernwärmeversorgung, vornehmlich in Plattenbau-Satellitenstädten und Großsiedlungen. Unter Berücksichtigung der Entwicklung des Wohnungsleerstandes bis 2004 wird für den Zeitraum bis 2020 ein weiterer Rückgang an WE mit Fernwärmeversorgung um ca. 450.000 WE gerechnet. Das bedeutet, dass von den 1.862.000 WE mit Fernwärmeversorgung, die im Jahre 2004 bewohnt (energieverbrauchs-wirksam) waren, im Jahre 2020 nur noch etwa 1.410.000 WE genutzt werden. Anders ausgedrückt, der Umfang an WE mit Fernwärmeversorgung sinkt im Betrachtungszeitraum um rund 24 %.

Damit reduziert sich auch der Bedarf an Fernwärme im Jahre 2020 gegenüber dem des Jahres 2004 um 4.880 GWh.

Diese Entwicklung hat auch erhebliche Auswirkungen auf die Netzstruktur der Fernwärmeversorgung. Es werden sich Unterauslastungen der Fernwärmenetze ergeben, aber auch Unterauslastungen der installierten Erzeugerkapazitäten. Preissteigerungen für Fernwärme, über das Maß des Anstieges der Energiepreise für die benötigten Einsatzenergieträger hinaus, werden die Folge sein. Das Ausmaß ist gegenwärtig nicht abschätzbar.

Im Zusammenhang mit der Umsetzung des Programms „Stadtumbau Ost“ werden bereits Lösungen diskutiert, die auf den kompletten Abriss einzelner abgeschlossener und mit Fernwärme versorgter Wohngebiete hinauslaufen. Derartige Lösungen könnten den Kostenanstieg bei der Fernwärme dämpfen.

Im Zusammenhang mit den Ansätzen zur Entwicklung der Nachfrage an WE in MFH sowie den Einschätzungen zur Entwicklung des Bestandes an (bewohnten) WE mit Fernwärmeversorgung wird sich im Zeitraum 2004 bis 2020 der WE-Bestand mit einer Nahwärmeversorgung verringern. Allerdings wird diese Bestandsverringerung im Vergleich zur Fernwärme deutlich geringer ausfallen. Die Ursache hierfür liegt vor allem im erhöhten Bevölkerungsrückgang in den Satellitenstädten und Großraumsiedlungen (Fernwärmeversorgung) bei einer gleichzeitigen, durch das Stadtumbauprogramm initiierten Aufwertung der Innenstädte bzw. zentrumsnahen Quartiere, die in Ostdeutschland weitestgehend über eine Nahwärmeversorgung im oben definierten Sinne verfügen. Mit Blick auf die eingeschätzte Entwicklung

im Bestand an WE in MFH wird ein Rückgang in der Nahwärmeversorgung um ca. 225.000 WE zwischen 2004 und 2020 erwartet und damit nur rund die Hälfte im Vergleich zur Fernwärmeversorgung.

Der Bedarf an Nahwärme reduziert sich dabei von 23.650 GWh um rund 2.050 GWh zwischen 2004 und 2020 auf 21.600 GWh.

Unter Bezugnahme auf die als Nahwärme definierte Versorgungslösung wirkt sich die Abnahme der durch ein Nahwärmesystem zu versorgenden WE im Vergleich zur Fernwärmeversorgung weniger stark auf die Kostenstruktur der Raumwärme (und des Warmwassers) aus, weil die Unterauslastungen der Netze deutlich geringer sind und zudem weniger die Kostenstruktur beeinflussen.

Tabelle 47 stellt in zusammengefasster Form die Entwicklung des WE-Bestandes in einer Gliederung nach Fern- und Nahwärme dar. Tabelle 11 gibt einen Überblick über die Reduzierung des Wärmebedarfes bei Fern- und Nahwärme.

Im Bereich der MFH wird neben möglichen Umstellungen von Fern- zu Nahwärme der Zusammenschluss von Gebäudezentralheizungen innerhalb eines Gebäudetraktes im Rahmen des technisch erforderlichen Austausches der Feuerungsanlagen stärker in den Fokus geraten. Die bisher pro Gebäude betriebene Nahwärmeversorgung sollte problemlos mit analogen Versorgungslösungen benachbarter Gebäude vereinigt werden. Hierbei erlangen Contractinglösungen eine zentrale Bedeutung. Da bei einer vom Gebäudeeigentümer betriebenen Wärmeversorgung gemäß Heizkostenverordnung nur die Kosten für die bezogene Energie den Wohnungsnutzer in Rechnung gestellt werden dürfen, ist das Interesse an Investitionen in den Einsatz modernster Heizungstechnik, die zu einem sparsameren Energieverbrauch führt, sehr begrenzt. Durch ein Übertragen der Wärmeversorgung an Contractoren kann jedoch auf der Grundlage entsprechender Wärmelieferverträge durchaus eine nennenswerte Energieeinsparung erreicht werden. Hierbei besteht demzufolge ein großes Potenzial zur Ausweitung der Nahwärmeversorgung, insbesondere im Umfang der in eine Nahwärmeversorgung einzubeziehenden Gebäude. Ebenso erschließen sich auf diesem Wege Möglichkeiten, vorhandene Potenziale an erneuerbaren Energien zu nutzen, insbesondere Holz, sortierter Müll und Biogas.

Tabelle 47: Entwicklung des WE-Bestandes nach Fern- und Nahwärmeversorgung

						Entwicklung			
		2004	2010	2015	2020	2004-2010	2010-2015	2015-2020	2004-2020
Berlin	Fernwärme	512,06	502,6	491,9	481,5	-9,4	-10,7	-10,4	-30,5
	Nahwärme	916,53	938,7	949,3	954,6	22,2	10,5	5,3	38,0
	F+N-Wärme	1.428,58	1.441,4	1.441,1	1.436,1	12,8	-0,2	-5,1	7,5
	WE in MFH	1.552,67	1.561,2	1.557,1	1.547,0	8,5	-4,1	-10,0	-5,6
	WE in EZFH	181,12	193,7	202,6	209,0	12,6	8,9	6,5	27,9
	WE gesamt	1.733,79	1.754,9	1.759,6	1.756,1	21,1	4,7	-3,6	22,3
	Einwohner	3.387,828	3.427,3	3.434,8	3.426,1	39,5	7,5	-8,7	38,3
Branden-burg	Fernwärme	255,13	212,5	192,9	174,1	-42,6	-19,6	-18,8	-81,0
	Nahwärme	222,96	209,2	197,9	181,3	-13,8	-11,3	-16,6	-41,7
	F+N-Wärme	478,09	421,8	390,8	355,4	-56,3	-31,0	-35,4	-122,7
	WE in MFH	523,13	460,2	423,1	381,3	-62,9	-37,1	-41,8	-141,8
	WE in EZFH	553,28	594,6	616,1	629,7	41,3	21,5	13,6	76,4
	WE gesamt	1.076,41	1.054,8	1.039,3	1.011,0	-21,7	-15,5	-28,2	-65,4
	Einwohner	2.567,704	2.499,0	2.440,8	2.363,1	-68,7	-58,2	-77,7	-204,6
Mecklen-burg Vorpom-ern	Fernwärme	195,08	169,2	156,3	145,2	-25,9	-13,0	-11,0	-49,9
	Nahwärme	180,10	163,1	154,6	143,2	-17,0	-8,6	-11,4	-36,9
	F+N-Wärme	375,18	332,3	310,8	288,4	-42,9	-21,5	-22,4	-86,8
	WE in MFH	406,83	358,1	334,4	309,0	-48,7	-23,7	-25,4	-97,8
	WE in EZFH	323,65	349,9	368,4	382,7	26,3	18,5	14,2	59,0
	WE gesamt	730,48	708,1	702,8	691,7	-22,4	-5,2	-11,1	-38,8
	Einwohner	1.719,653	1.643,8	1.616,4	1.578,7	-75,9	-27,4	-37,7	-141,0
Sachsen	Fernwärme	444,11	380,1	345,4	318,3	-64,0	-34,7	-27,1	-125,8
	Nahwärme	666,18	641,6	614,3	584,1	-24,6	-27,3	-30,2	-82,0
	F+N-Wärme	1.110,28	1.021,7	959,7	902,4	-88,6	-62,1	-57,2	-207,9
	WE in MFH	1.282,59	1.170,0	1.092,3	1.023,1	-112,6	-77,7	-69,3	-259,5
	WE in EZFH	698,60	729,8	747,2	758,0	31,2	17,3	10,8	59,4
	WE gesamt	1.981,20	1.899,8	1.839,5	1.781,1	-81,4	-60,3	-58,4	-200,1
	Einwohner	4.296,284	4.088,4	3.947,7	3.811,8	-207,9	-140,7	-135,9	-484,5
Sachsen- Anhalt	Fernwärme	263,21	212,7	183,5	163,7	-50,5	-29,2	-19,8	-99,5
	Nahwärme	269,33	248,7	233,8	211,3	-20,6	-14,9	-22,5	-58,0
	F+N-Wärme	532,54	461,4	417,3	375,0	-71,1	-44,1	-42,3	-157,6
	WE in MFH	573,33	496,9	449,6	401,7	-76,4	-47,3	-47,9	-171,6
	WE in EZFH	524,80	548,3	561,9	570,1	23,5	13,6	8,1	45,3
	WE gesamt	1.098,12	1.045,2	1.011,5	971,7	-52,9	-33,7	-39,8	-126,4
	Einwohner	2.494,437	2.348,9	2.261,9	2.167,3	-145,5	-87,0	-94,6	-327,1
Thüringen	Fernwärme	192,44	162,4	142,3	125,9	-30,1	-20,0	-16,5	-66,6
	Nahwärme	278,34	267,6	253,9	235,3	-10,8	-13,7	-18,6	-43,1
	F+N-Wärme	470,78	430,0	396,3	361,1	-40,8	-33,7	-35,1	-109,6
	WE in MFH	506,46	461,0	424,4	384,3	-45,5	-36,6	-40,0	-122,1
	WE in EZFH	514,12	534,0	547,5	557,3	19,9	13,4	9,9	43,2
	WE gesamt	1.020,58	995,0	971,8	941,7	-25,5	-23,2	-30,2	-78,9
	Einwohner	2.355,280	2.274,8	2.211,4	2.137,5	-80,5	-63,4	-73,9	-217,8
Ost- deutschland	Fernwärme	1.862,02	1.639,5	1.512,2	1.408,7	-222,5	-127,3	-103,5	-453,3
	Nahwärme	2.533,43	2.469,0	2.403,7	2.309,7	-64,4	-65,3	-94,0	-223,7
	F+N-Wärme	4.395,45	4.108,5	3.915,9	3.718,4	-286,9	-192,6	-197,6	-677,1
	WE in MFH	4.845,01	4.507,4	4.280,9	4.046,5	-337,6	-226,5	-234,4	-798,5
	WE in EZFH	2.795,57	2.950,4	3.043,7	3.106,8	154,8	93,3	63,1	311,2
	WE gesamt	7.640,58	7.457,8	7.324,6	7.153,3	-182,8	-133,2	-171,3	-487,3
	Einwohner	16.821,186	16.282,2	15.913,0	15.484,5	-539,0	-369,2	-428,5	-1.336,7
Ost- deutschland	Fernwärme					-11,9	-7,8	-6,8	-24,3
	Nahwärme					-2,5	-2,6	-3,9	-8,8
	F+N-Wärme					-6,5	-4,7	-5,0	-15,4
	WE in MFH					-7,0	-5,0	-5,5	-16,5
	WE in EZFH					5,5	3,2	2,1	11,1
	WE gesamt					-2,4	-1,8	-2,3	-6,4
	Einwohner					-3,2	-2,3	-2,7	-7,9

Quelle: Berechnungen IE

6.12 EXKURS: Analyse der dynamischen Veränderungen in konkurrierenden Marktfeldern

Dynamischer Veränderungsprozess	Vor- bzw. Nachteile von Fernwärme im Vergleich zum Öl		Vor- bzw. Nachteile von Fernwärme im Vergleich zum Gas	
Demografie				
• Veränderung der Bevölkerungsdichte	--	Deutlich weniger flexiblere Anpassungsmöglichkeiten	-	Weniger flexiblere Anpassungsmöglichkeiten
• Alterung	+	Mehr Komfort	o	Gleicher Komfort
Haushalte				
• Anzahl & Struktur (Zunahme von 1-Personen-Haushalten)	-	Nachteile durch steigende Fixkosten pro Kopf	o	Keine spürbaren Unterschiede durch steigende Fixkosten pro Kopf
Neue Nachfrager				
• Kälte	++	Deutlich höhere Anpassungsmöglichkeiten	+	Bedingte höhere Anpassungsmöglichkeiten
Siedlungsstruktur				
• Perforierung	--	Deutlich geringere Anpassungsmöglichkeiten	-	Geringere Anpassungsmöglichkeiten
• Suburbanisierung	--	Deutlich geringere Anpassungsmöglichkeiten	-	Geringere Anpassungsmöglichkeiten
• Re-Urbanisierung	++	Höhere Verdichtungspotenziale	o	Gleiche Verdichtungspotenziale

++ deutliche Vorteile +bedingte Vorteile o keine Vor- oder Nachteile - bedingte Nachteile -- deutliche Nachteile

Dynamische Veränderungen treffen nicht nur die Fernwärmeversorgung. Die in der Tabelle dargestellte vergleichende Analyse der dynamischen Veränderungen zeigt, welche Vor- bzw. Nachteile die Fernwärme bei der Reaktion auf die Veränderungen im Verhältnis zur Versorgung durch Öl und Gas hat.

Untersucht man die Anpassungsmöglichkeiten an die demografische Entwicklung, wird deutlich, dass sich die rückläufige Bevölkerungs- bzw. Wärmedichte vermutlich stärker auf die strukturell eher unflexible Fernwärmeversorgung auswirkt. Insbesondere die Ölversorgung zeigt hier deutliche Vorteile. Da die Fernwärmeversorgung mehr Komfort bietet, hat sie, was die demografischen Faktoren, wie die Alterung der Bevölkerung angeht, jedoch leichte Vorteile.

Auch die anstehenden Veränderungen der Haushaltsstruktur müssen für die Fernwärme eher negativ eingeschätzt werden. Ursächlich hierfür sind die steigenden Fixkosten pro Kopf, die sich durch die Zunahme der Ein-Personen-Haushalte ergeben. Hinsichtlich der Gasversorgung ist jedoch keine Besser- oder Schlechterstellung zu verzeichnen.

Deutliche Vorteile im Vergleich zu den anderen Versorgungssystemen ergeben sich jedoch mit Blick auf die Anpassung an neue Nachfrager, wie zum Beispiel die Nachfrage nach Kälte.

Hier bietet die netzgebundene Versorgung, durch die Verknüpfung mit Absorptionskältemaschinen potenzielle Vorteile.

Die Möglichkeiten der Anpassung auf die siedlungsstrukturelle Entwicklung kann nicht pauschal beantwortet werden, sondern ist in Abhängigkeit zur Art der Siedlungsentwicklung zu sehen. Dabei sind Prozesse, die zu abnehmender Siedlungsdichte führen, wie die innerstädtische Perforierung und die Suburbanisierung in das Umland, für die Erschließung mit Fernwärme nachteilig, insbesondere im Vergleich zur Versorgung mit Öl. Die in jüngerer Zeit wieder zu beobachtende Re-Urbanisierung hingegen bringt ein Verdichtungspotenzial innerhalb bestehender Fernwärmenetze mit sich.

Insgesamt zeigt die Analyse dass der Vergleich zur Ölversorgung immer deutlich und entschieden (sowohl positiv als auch negativ) ausfällt, wohingegen die Relation bei der ebenfalls netzgebundenen Gasversorgung weniger klar ist. Es bestätigt sich, dass die in weiten Teilen bestehende Gasversorgung auch vor diesem Hintergrund als hemmend für den Ausbau der Fernwärme angesehen werden muss, da klare Vorteile, in der Deutlichkeit, wie sie bei der Ölversorgung auftreten, nicht auszumachen sind.

7 Strategien der Marktakteure zum Ausbau der Fern- und Nahwärmeversorgung

7.1 Ausgangsbedingungen

Die Perspektiven der netzgebundenen Wärmeversorgung ist eng verknüpft mit der strukturellen Entwicklung des Wärmebedarfs der privaten Haushalte.

Die Entwicklung der künftigen Struktur der Deckung des Wärmebedarfs der privaten Haushalte ist zusammengefasst durch folgende wesentliche Faktoren, die auch das Handeln der Marktakteure beeinflusst, gekennzeichnet:

- Die Einwohnerzahl in Deutschland nimmt z. T. deutlich ab. Dies gilt insbesondere in Ostdeutschland; trifft aber zunehmend auch in großen Teilen des alten Bundesgebietes zu, wie z. B. Nordrhein-Westfalen und das Saarland. Dieser Bevölkerungsrückgang ist zudem verbunden mit einem signifikanten Anstieg des Altersdurchschnitts (demografischer Faktor).
- Das Angebot an Wohnraum übersteigt mit zunehmender Tendenz die Nachfrage vor allem in den Regionen mit signifikantem Bevölkerungsrückgang. Der Umfang des Wohnungsleerstandes nimmt trotz staatlicher Maßnahmen (z. B. Stadtumbauprogramm Ost) deutlich zu.
- Das verfügbare (konsumierbare) Einkommen der privaten Haushalte wird nicht mehr ansteigen. Auf Grund erhöhter Aufwendungen für Vorsorgemaßnahmen im sozialen Bereich (z.B. Gesundheitsvorsorge, Eigenanteil an der Rentenvorsorge), kann dieses den Trend zu steigenden Pro-Kopf-Wohnflächen brechen.

Auf die Wirkung der genannten Faktoren wurde bereits im Zusammenhang mit der Darstellung der Nachfrage nach Wohnraum in Ostdeutschland in der Zukunft hingewiesen. Mit einer bestimmten Zeitversetzung wird sich diese Entwicklung auch in den alten Bundesländern vor allem in den wirtschaftlich strukturschwächeren Regionen vollziehen.

Der mit der demografischen Entwicklung zu erwartende Anstieg des Wohnungsleerstandes wird dazu führen, dass der Wohnungsneubau im gesamten Bundesgebiet weiter abnimmt. Das aber bedeutet, dass sich mögliche Veränderungen in der Struktur der Raumwärmeversorgung der privaten Haushalte weitestgehend auf den gegenwärtigen Wohnungsbestand konzentrieren werden. Das gilt sowohl auf die Entwicklung von Fern- und Nahwärmeversorgung als auch auf die zur Wärmeerzeugung eingesetzten Energieträger.

Für den Wohnungsneubau ist zu erwarten, dass neben der Einhaltung der Wärmeverbrauchskenngößen gemäß Energieeinsparverordnung (EnEV) und damit verbundenen niedrigen Energieverbrauchsichten auch progressive Verfahren zur Wärmebereitstellung stärker zur Anwendung gelangen, wie Passiv- und Nullenergiehaus, Nutzung der Solarenergie, Wärmepumpen und Nutzung der Geothermie.

Aus all diesen Entwicklungstrends leitet sich ein schrumpfender Wärmemarkt ab, der unter wirtschaftlichem Blickwinkel die Versorgung mit leitungsgebundenen Wärmesystemen erschwert.

7.2 Marktakteure beim Ausbau der Fern- und Nahwärmeversorgung

Hinsichtlich der Marktakteure muss differenziert werden einerseits zwischen den bestehenden und andererseits den potenziellen künftigen neuen Marktakteuren einer Fern- und Nahwärmeversorgung. Gleichfalls ist zwischen den Interessen der Wärmenutzer und Wärmeversorger zu differenzieren. Innerhalb der beiden Akteursgruppen Wärmenutzer und Wärmeversorger sind wiederum unterschiedliche Akteure vorhanden, deren Handeln durch differierende Zielsetzungen bestimmt werden. Alle Akteure werden in ihrem Handeln zudem von den aktuellen und – von ihnen zum Teil sehr individuell eingeschätzten – künftigen Entwicklungen auf dem Energiemarkt beeinflusst.

In Abbildung 51 sind die verschiedenen Akteure schematisch im Überblick dargestellt. Nachfolgend wird der unterschiedliche Blickwinkel zur Fern- und Nahwärmeversorgung aus Sicht der jeweiligen Akteure beleuchtet. Zunächst wird die Situation auf der Nachfrageseite und anschließend auf der Anbieterseite dargestellt.

7.2.1 □ Interessen und Strategien der Wärmenutzer

Die Struktur der Wärmenutzer lässt sich grob in die beiden Gruppen

- Wohnungswirtschaft/private Wohnungsvermieter (Vermieter) und
- Selbstnutzer

einteilen. Wobei die Vermieter nur indirekte Wärmenutzer sind, da letztlich die Wohnungsmieter die direkten Wärmenutzer sind und auch in wirtschaftlicher Hinsicht die Kosten der Wärmeversorgung zu tragen haben. Die Selbstnutzer von Wohnungs- oder Gebäudeeigentum sind hinsichtlich der Interessen einer kostengünstigen Wärmeversorgung mit den Mietern vergleichbar, wobei der eigenverantwortliche Handlungsspielraum in Bezug auf Veränderungen bei den Selbstnutzern aber deutlich größer ist. Eingeschränkte Handlungsmöglichkeiten sind allerdings auch bei Wohnungseigentümern vorhanden, da hier die Interessen innerhalb einer Eigentümergemeinschaft sehr unterschiedlich sein können. Entsprechend den beiden Eigentümergruppen werden nachfolgend die jeweiligen Interessen und Strategien getrennt dargestellt und im Hinblick auf eine Fern- und Nahwärmeversorgung oder Objektversorgung mit KWK-Nutzung bewertet.

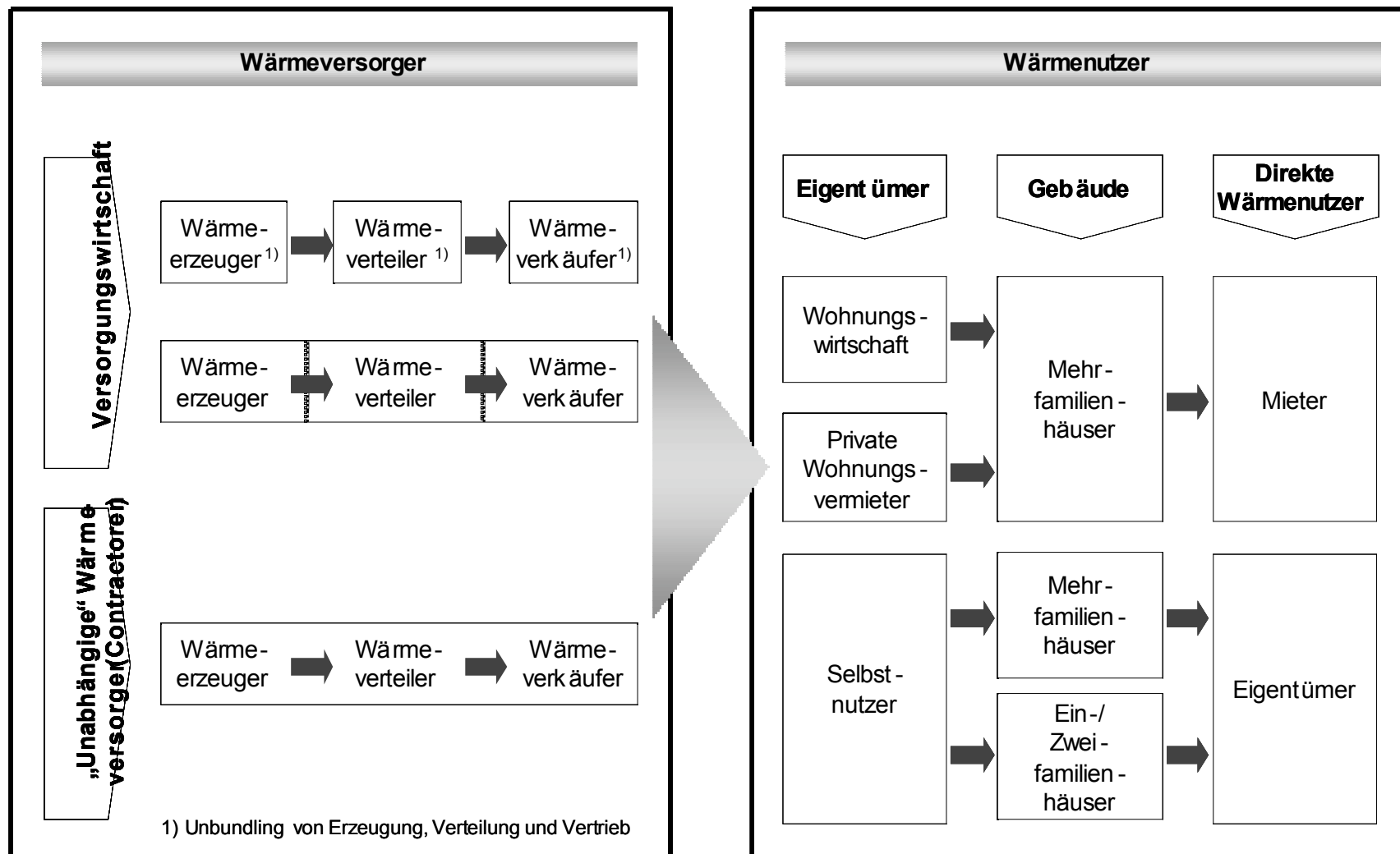


Abbildung 51: **Schema zur Struktur der Akteure**
(Quelle: Eigene Darstellung)

7.2.1.1 Wohnungswirtschaft und private Wohnungsvermieter

Grundsätzlich sieht die Wohnungswirtschaft ihr Ziel darin, die Wohnungsvermietung als Dienstleistung zu betreiben. Hierzu gehört auch die Gewährleistung einer sicheren, umweltverträglichen und wirtschaftlichen Wärmeversorgung.

Die Wärmeversorgung (Versorgungssystem und Wärmekosten) ist aber nur insoweit aus Sicht der Wohnungswirtschaft von Bedeutung, als dass sie Einfluss auf die Vermietbarkeit besitzen kann. Soweit ein Wärmeversorgungssystem keine deutlichen wirtschaftlichen Nachteile aufweist, werden von der Wohnungswirtschaft Systeme bevorzugt, die nur mit wenig Aufwand verbunden sind. Hier besitzt die Fern-/Nahwärmeversorgung spezifische Systemvorteile gegenüber anderen Systemen, da zum Beispiel der Aufwand für Betrieb, Wartung und Brennstoffversorgung und ggf. Finanzierungsbedarf von Heizkesseln entfällt. Ohne das Interesse der Wohnungswirtschaft an einer leitungsgebundenen Wärmeversorgung wäre in der Vergangenheit der Ausbau der Fern-/Nahwärmeversorgung nicht möglich gewesen.

Vor allem ausgehend von der zurzeit noch spezifischen ostdeutschen Situation auf dem Wohnungsmarkt mit hohen Leerstandsraten lassen sich in jüngerer Vergangenheit allerdings Abwanderungstendenzen von der Fernwärme feststellen. Hier spielt aber auch das höhere Preisniveau der Fernwärme in Ostdeutschland im Vergleich zum Preisniveau in Westdeutschland eine wichtige Rolle. Verstärkt wird in Unternehmen der ostdeutschen Wohnungswirtschaft über eine Abkopplung von der Fernwärmeversorgung bei gleichzeitiger Installation einer Nahwärmeversorgung⁴⁸ nachgedacht. Interessant ist dabei, dass die Zielrichtung „Abkopplung“ relativ neu in den Überlegungen der Wohnungswirtschaft ist. Bei Befragungen von Wohnungsunternehmen großer Städte Ostdeutschlands wie auch von Landesverbänden der Wohnungsunternehmen und Wohnungsgenossenschaften, die das IE im Rahmen von Untersuchungen zur künftigen Struktur der Wohnraumheizung in den Jahren 2000/2002 durchführte, spielte in den strategischen Zielstellungen der Unternehmen und Verbände die Abkopplung von der Fernwärmeversorgung noch keine Rolle. Die stetige Verteuerung der Fernwärme, hervorgerufen auch durch die ansteigende Unterauslastung der Fernwärmeversorgungssysteme, beschleunigte in jüngster Zeit jedoch dieses Umdenken. Es ist deshalb davon auszugehen, dass der Problemkreis „weg von der Fernwärme“ für die Wohnungswirtschaft erheblich an Bedeutung gewinnen wird.

Als erste Maßnahme zu dieser Option werden von den meisten Wohnungsunternehmen auslaufende Fernwärmelieferverträge nicht mehr durch langjährige Verträge fortgesetzt, sondern als Verträge mit kurzen Laufzeiten verlängert. Auf diese Weise wollen sich die Unternehmen die Option für andere Versorgungslösungen offen halten.

Für die Wohnungswirtschaft ist die Fernwärme zwar eine „bequeme Versorgungslösung - aber nicht um jeden Preis“. Die meisten Wohnungsunternehmen sind daran interessiert, die Wärmebereitstellung – und dies gilt auch für eine objektbezogene KWK-Nutzung – nicht selbst realisieren zu müssen, sondern sie von „Fremden“ (Contractoren) ausführen zu lassen. Allerdings bestehen – von wenigen Ausnahmen abgesehen – noch keine klaren Vorstel-

⁴⁸ Wobei in Bezug auf die Nahwärmeversorgung in diesem Zusammenhang (abweichend von der Definition in Kapitel 2) sowohl die Versorgung einzelner Gebäude mit mehreren Wohnungen als auch mehrere Gebäude in Betracht kommen.

lungen darüber, wie die wirtschaftliche Wärmeversorgung in der Zukunft aussehen könnte. Aufgrund des hohen Preisniveaus von Erdgas und Heizöl werden diese Energieträger derzeit noch nicht als attraktive Konkurrenzenergien angesehen, aber auch nicht grundsätzlich ausgeschlossen. Es existieren deshalb bisher nur sehr wenige Beispiele für eine umgesetzte Abkopplung von der Fernwärmeversorgung (vgl. Beispiel in Kapitel 1.3.2). Aufgrund der vielschichtigen Gemengelage können eindeutige Tendenzen derzeit nicht abgeleitet werden. Soweit ein Energieträgerwechsel langfristig keine signifikanten Vorteile wie deutlich günstigere Wärmepreise erwarten lässt, wird aber wohl nur eine verhaltene Abkopplung von der Fernwärmeversorgung eintreten. Die kritische Hinterfragung der Fernwärmeversorgung durch die Wohnungswirtschaft stellt aber dennoch keine günstige Ausgangsbedingung – zumindest in Ostdeutschland – für einen Ausbau der Fern-/Nahwärmeversorgung dar.

Als Fazit aus den Interessen und dem sich abzeichnenden Verhalten der Wohnungswirtschaft lassen sich folgende Aspekte im Hinblick auf die Wärmeversorgung zusammenfassen:

- Im Vordergrund der Interessen steht die Vermietung des Wohnungsbestandes. Die Wärmeversorgung (Versorgungssystem und Wärmekosten) ist vor allem insoweit aus Sicht der Wohnungswirtschaft von Bedeutung, als dass sie Einfluss auf die Vermietbarkeit besitzen kann.
- Von der Wohnungswirtschaft werden die spezifischen Systemvorteile (z.B. geringer Aufwand, Betreuung einer Heizzentrale entfällt) der Fernwärmeversorgung geschätzt.
- Das vergleichsweise hohe Preisniveau der Fernwärmeversorgung hat zu einer hohen Bereitschaft in der Wohnungswirtschaft geführt, sich von diesem System abzukoppeln und alternative Versorgungslösungen auf Basis fossiler und erneuerbarer Energien in Betracht zu ziehen. Da in Verbindung mit weiteren städtebaulichen Maßnahmen die Fernwärmekosten perspektivisch weiter steigen werden, wird auch die Bereitschaft zum Systemwechsel zunehmen.
- Tendenziell ist die Wohnungswirtschaft nicht daran interessiert, eine eigene Wärmeversorgung aufzubauen und zu unterhalten, sondern dies eher durch Dritte (Contracting) durchführen zu lassen. Diese Sichtweise ergibt sich zum Teil auch aus dem engen finanziellen Rahmen für Investitionen, der den Wohnungsbaugesellschaften zur Verfügung steht.

Die zuvor gemachten Ausführungen zur Charakterisierung der Sichtweise der Wohnungswirtschaft lassen sich tendenziell auch auf private Eigentümer von Mehrfamilienhäusern übertragen. Die individuelle Bewertung der Situation ist hier zwar noch vielschichtiger und die Neigung der Eigenverantwortlichkeit – wie etwa eine Investition nicht durch Contractoren durchführen zu lassen – ausgeprägter, aber in der Regel stehen auch bei dieser Eigentümergruppe die Renditeaspekte im Vordergrund, so dass die Wärmeversorgung nur Mittel zum Zweck ist.

7.2.1.2 Eigentümer von Ein-/Zweifamilienhäusern und Selbstnutzer von Wohnungseigentum

Der Blickwinkel der Eigentümer von Ein-/Zweifamilienhäusern (EZFH) bzw. Selbstnutzern von Wohnungseigentum unterliegt in starkem Maße der individuellen Identifizierung mit dem eigenen Haus und der persönlichen finanziellen Leistungsfähigkeit im Hinblick auf Investitionen im Zusammenhang mit der Energieversorgung. Soweit die finanzielle Leistungsfähigkeit vorhanden ist, werden Investitionen nur zum Teil einer „harten“ Renditebetrachtung unterzogen. Das Image von Erdgas hat jedenfalls bisher im Neubausektor Anschlussquoten von etwa 80 bis 90 % ermöglicht, obwohl bei einem Wirtschaftlichkeitsvergleich eine Heizölheizung oder andere Wärmesysteme durchaus günstiger sein könnten.⁴⁹ Gleichfalls wird im Gebäudebestand der EZFH eine nachträgliche Verbesserung des Wärmedämmstandards eher und ohne die Anlegung strenger Renditebetrachtungen durchgeführt, als dies von Seiten der Wohnungswirtschaft bei MFH der Fall ist.

Soweit EZFH an eine Fernwärme- oder Nahwärmeversorgung bereits angeschlossen sind, sind sie in gleicher Weise von den steigenden Wärmekosten betroffen wie der MFH-Bereich. Über eine vermehrte Abkopplung von EZFH von dieser leitungsgebundenen Wärmeversorgung liegen bisher keine gesicherten Informationen vor. Zu beobachten ist allerdings im EZFH-Bereich die deutlich zunehmende Installation von sekundären Heizsystemen in Form von Kaminen und Öfen zur Nutzung von Holz als zusätzlichem Energieträger. Dies geschieht unabhängig vom vorhandenen Energieträger.

Mit Blick auf einen Ausbau der Fern- und Nahwärmeversorgung im EZFH-Bereich ist dieses Marktsegment als eher wenig geeignet einzustufen. Neben der geringen Wärmedichte beruht diese Bewertung auch auf dem individuellen Verhalten der Eigentümer. Im Bestand der EZFH müsste bei der Neuerichtung eines Netzes ein nahezu zeitgleicher Anschluss der Gebäude an eine Fern- oder Nahwärmeversorgung erfolgen, wenn die wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit gegenüber einzelnen Gebäudeheizungen gewährleistet werden soll. Aufgrund der individuellen Verhaltensweisen der zahlreichen Eigentümer erscheint dies aber wenig aussichtsreich, wenn nicht – wie aber in der Regel nicht zu erwarten ist – deutliche Preisvorteile gegenüber dem vorhandenen Wärmeversorgungssystem bestehen.

Bei einem Neubaugebiet für EZFH könnte eine Nahwärmeversorgung, wenn sie zudem zum Beispiel auf Basis von Holz eine preiswerte Versorgung ermöglicht, eine Alternative zur Gebäudeheizung darstellen. Da der Neubausektor jedoch nur ein kleines Marktsegment mit abnehmender Tendenz darstellt, kann hier allenfalls ein punktuelles Marktwachstum für die Fern- und Nahwärmeversorgung realisiert werden.

Die Situation bei selbst genutztem Wohneigentum ist zwar ähnlich wie bei Eigentümern von EZFH, aber aufgrund des Einigungsbedarfs in der Eigentümergemeinschaft ein Systemwechsel bei der Wärmeversorgung weitaus schwieriger zu realisieren. Dies gilt vor allem, wenn möglicherweise größere Investitionsentscheidungen getroffen werden müssen. Da häufig ein mehr oder weniger großer Anteil der Eigentumswohnungen als Investitionsobjekt

⁴⁹ Aktuell ist allerdings zu beobachten, dass die Anschlussquoten auf Grund der Erdgaspreise und Diskussionen über die Versorgungssicherheit im Neubaubereich eher bei 50 % liegen und erneuerbare Energien (Holz und Wärmepumpentechnologien) deutlich an Marktanteilen gewonnen haben.

dient und keine Selbstnutzung durch die Eigentümer erfolgt, sind die Interessen der Eigentümer häufig eher mit denen der privaten Wohnungswirtschaft vergleichbar.

7.2.2 □ Interessen und Strategien der Wärmeversorger

Die Strukturen auf der Seite der Wärmeversorger sind geprägt einerseits durch die klassischen Fernwärmeunternehmen mit einer Einbindung in lokale Energieversorgungsunternehmen (Querverbund) und andererseits „unabhängigen“ Wärmeversorgern, die sich vielfach auf eine Fern-/Nahwärmeversorgung spezialisiert haben. Aufgrund zunehmender Contracting-Aktivitäten der Versorgungswirtschaft und Konzentrationen in der Versorgungswirtschaft bestehen vielfach allerdings eigentumsrechtliche Verbindungen zwischen den beiden zuvor genannten Akteursgruppen.

7.2.2.1 Versorgungswirtschaft

Die Marktentwicklung bei der Fernwärmeversorgung und damit verbunden auch bei den Netzen ist in den zurückliegenden 15 Jahren durch sehr unterschiedliche Tendenzen in West- und Ostdeutschland geprägt. Während in Westdeutschland in den 1990er Jahren das Fernwärmenetz noch kontinuierlich ausgebaut wurde und gegenüber 1990 die Netzeinspeisung um etwa 25 % angestiegen ist, war in Ostdeutschland der Schwerpunkt zunächst die Netzsanierung zur Erhaltung der Versorgungsstrukturen. Die stark verbreitete Fernwärmenutzung konnte in Ostdeutschland zwar weitgehend erhalten bleiben, aber der Fernwärmebedarf sank u.a. aufgrund des Rückgangs der Nachfrage aus der Industrie, der Anwendung der verbrauchsabhängigen Heizkostenabrechnung und Wärmedämmmaßnahmen deutlich /AGFW 2005/. In Ostdeutschland kam in Laufe der 1990er Jahre einhergehend mit den Bevölkerungsverlusten die Leerstandsproblematik insbesondere in den mit Fernwärme versorgten Plattenbausiedlungen hinzu, so dass nunmehr in Zusammenhang mit dem Programm „Stadtumbau Ost“ ein Rückbau des Fernwärmenetzes erfolgt.

Der Trend der weiteren Entwicklung geht in Richtung einer Anschlussverdichtung in bestehenden Netzen und Errichtung von Nahwärmeinseln mit dezentralen BHKW [AGFW 2005].

Aufgrund der im Kapitel zuvor dargestellten noch im „Überlegungsstadium“ befindlichen Optionen einer Abkopplung von der Fernwärmeversorgung bei der Wohnungswirtschaft in Ostdeutschland bestehen bei den Wärmeversorgern durchaus Strategien, diesen Bestrebungen entgegenzuwirken. Ein zukunftssträchtiger Ansatz besteht darin, auch künftig – nach Auslaufen von Fernwärmelieferverträgen – die Wärmelieferung zu übernehmen. Dabei wird das Wärmecontracting-Prinzip verfolgt. Wenn eine kostengünstige Fernwärmelieferung nicht gewährleistet werden kann, soll diese auf eine Nahwärmelieferung – dezentrale Wärmeerzeugung im unmittelbaren Wohngebiet – umgestellt werden. Hinsichtlich der Einsatzenergieträger (Erdgas, Biomasse, Biogas, Müll, aber auch Heizöl) werden keine Beschränkungen gesehen. Die kostengünstigste Art der Wärmebereitstellung wird angestrebt, um auf dem Markt zu bleiben. Gerade Stadtwerke verfolgen das Ziel, auch bei zunehmender Unwirtschaftlichkeit der Fernwärmenetze weiterhin Wärmeversorger der bisher versorgten Wohngebiete zu bleiben.

Weitere Unterschiede hinsichtlich der Betrachtungsweise zwischen Ost- und Westdeutschland zeichnen sich auch bei künftigen Netzerneuerungsmaßnahmen ab. Während in Ostdeutschland die Fernwärmenetze vor allem in den 1990er Jahren weitgehend vollständig saniert wurden und somit noch eine langfristige Versorgungsaufgabe wahrnehmen können, werden in Westdeutschland auf Grund des zunehmenden Leitungsalters künftig vermehrt Ersatzinvestitionen vorzunehmen sein. Während der Ausbau der Fernwärmeversorgung vor dem Hintergrund der Ölpreiskrisen mit dem Zukunftsinvestitionsprogramm gefördert wurde, müssen künftig die Netze ohne Förderung erneuert werden. Es kann sich unter betriebswirtschaftlichen Aspekten für die Versorgungsunternehmen durchaus als attraktiver erweisen, auf eine Erneuerung der Fernwärmenetze – jedenfalls zum Teil – zu verzichten. Dies bietet sich vor allem in jenen Stadtgebieten an, die historisch bedingt neben dem Fernwärmenetz parallel auch noch über ein Gasnetz verfügen. Technisch ist zudem die Stilllegung von Teilen des Fernwärmenetzes häufig eher und einfacher zu realisieren als das bestehende Gasnetz zurückzubauen.

Im Zusammenhang mit der Liberalisierung der Energiemärkte und die damit verbundenen Auflagen einer Trennung von Erzeugung, Verteilung und Vertrieb hat zum Teil auch Auswirkungen auf die bisher geschlossene Systemkette der Fernwärmeversorgung, obwohl diese direkt nicht in das Unbundling der Strom- und Gasversorgung einbezogen ist. Unabhängig von möglichen eigentumsrechtlichen Querverbindungen existieren heute bereits Fernwärmeversorgungsstrukturen, wo die drei Aktivitätsbereiche Erzeugung, Verteilung und Vertrieb von unterschiedlichen Gesellschaften durchgeführt werden und die Strategie der Einzelunternehmen nicht zwangsläufig in eine Richtung weisen. Dies gilt vor allem dann, wenn unterschiedliche Eigentümerstrukturen in den Einzelunternehmen bestehen.

Für die vorhandene Fern- und Nahwärmeversorgung ergeben aus dieser Situation zurzeit keine grundsätzlichen Probleme. Anders kann sich dies aber bei notwendigen Netzerneuerungsmaßnahmen und insbesondere bei Netzausbaumaßnahmen darstellen. Konnte bisher eine „Risikoteilung“ bei Investitionen über alle Unternehmensbereiche erfolgen, müsste nunmehr die Investitionslast für das Fern-/Nahwärmenetz ausschließlich vom Verteilunternehmen übernommen werden. Aufgrund der gewachsenen Renditeanforderungen an die Unternehmen der Versorgungswirtschaft werden zudem Investitionen in langfristige Kapitalanlagen erschwert, so dass aus dieser Situation heraus das Interesse eher in die Richtung der Verdichtung bestehender Versorgungsstrukturen geht als in einen weiteren Netzausbau über das bestehende Versorgungsgebiet hinaus.

Als Fazit kann festgehalten werden, dass der Blick der Fernwärmeversorger für die Zukunft unter den gegebenen energiewirtschaftlichen und förderseitigen Rahmenbedingungen nicht auf einen nennenswerten Ausbau der Fernwärmenetze gerichtet ist. Die von den Wärmedichten her attraktiven Siedlungsgebiete sind bereits erschlossen oder werden über das Gasnetz versorgt, so dass in der Regel aus heutiger Sicht keine nennenswerten wirtschaftlichen Erschließungspotenziale mehr vorhanden sind. Da sich der Wohnungsneubau vorrangig außerhalb der dichter besiedelten Stadtgebiete vollzieht, kann aus diesen Bauaktivitäten gleichfalls kein nennenswertes Anschlusspotenzial für die Fernwärmeversorgung entstehen. Das vorrangige Interesse der Akteure in diesem Marktsegment liegt in der Erhaltung der bestehenden Versorgungsgebiete und einer Anschlussverdichtung entlang bestehender Netz-

trassen. Punktuelle Netzerweiterungen oder die Errichtung von Nahwärmenetzen bleiben von dieser generellen Bewertung ausgenommen.

7.2.2.2 „Unabhängige“ Wärmeversorger

Neben den klassischen Fernwärmeversorgern, die der Versorgungswirtschaft zugeordnet werden können, existiert noch eine Vielzahl von „unabhängigen“ Betreibern von Fern- und Nahwärmenetzen. Die Versorgungssituation dieser Unternehmen unterscheidet sich im Grundsatz nicht von der Situation der Versorgungswirtschaft. Tendenziell werden allerdings kleinere Fernwärmenetze und in der Mehrzahl eher Nahwärmenetze betrieben. Für die weitere Entwicklung von besonderer Bedeutung werden wohl eher Contractinglösungen sein, die mittels des spezifischen Know-hows der Contracting-Unternehmen vollständige Systemlösungen anbieten und damit die Verantwortung zur Wärmeversorgung dem Gebäudeeigentümer abnehmen. Diese Art der Wärmeversorgung ist vor allem für die Wohnungswirtschaft bzw. den gesamten Mietwohnungsbereich interessant, da damit innovative Versorgungslösungen realisiert werden können, ohne dass seitens der Gebäudeeigentümer investive Maßnahmen erforderlich sind.

Die Vielzahl der Ein-/Zweifamilienhäuser ist bisher weniger ein Geschäftsfeld der Contracting-Unternehmen, da die Kleinteiligkeit und Objektgröße dieses Marktsegments wenig attraktiv ist. Dieses Marktfeld für eine objektbezogene KWK-Nutzung wäre eher dem Heizungs- und Sanitärhandwerk zuzuordnen. Hier besteht ein Handlungsbedarf sowohl hinsichtlich notwendiger Fortbildung als auch Marketingmaßnahmen in dieser Branche.

Insbesondere im Zusammenhang mit der Förderung der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien mittels des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes (EEG) treten neue Marktakteure auf und das EEG bietet Anreize zum Ausbau der KWK-Nutzung vor allem in Richtung einer Nahwärmeversorgung mit kleinen Netzen oder objektbezogener KWK. Dies gilt vorrangig und aufgrund der Vielzahl der bereits installierten und geplanten Anlagen für die Biomassenutzung und in geringerem Umfang auch für die Geothermienutzung.

Wurden in der Vergangenheit Anlagen mit der Nutzung fester Biomasse (Holz) eher unter Ausnutzung der maximalen förderfähigen Anlagengröße (20 MW) gebaut und dabei vielfach auf eine KWK-Nutzung aufgrund der günstigen Rahmenbedingungen – wie preisgünstige Brennstoffversorgung und attraktive Einspeisevergütung – verzichtet, zeichnet sich in diesem Marktsegment eine verstärkte Tendenz zur KWK-Nutzung ab. Da nunmehr in der Regel nicht mehr auf preisgünstiges Holz als Brennstoff zurückgegriffen werden kann, die Degression der Einspeisevergütung zur Kostenoptimierung beiträgt und der KWK-Bonus zusätzliche Anreize bietet, werden tendenziell in diesem Marktsegment der Biomassenutzung künftig nur noch Anlagen mit KWK-Nutzung realisiert, um einen wirtschaftlichen Anlagenbetrieb zu ermöglichen. Um die Anlagen an den häufig punktuellen Wärmebedarf zum Beispiel eines Industrieunternehmens anzupassen, werden auch die Anlagengrößen künftig eher in kleineren Leistungseinheiten gebaut als bisher. Auch wenn es sich hier eher um ein kleineres Marktsegment handelt, ist bei den Akteuren ein großes Interesse zur Realisierung von KWK-Anlagen vorhanden.

Die Situation bei der Verstromung von Biogas ist durch einen anhaltenden Boom gekennzeichnet und mittlerweile existieren etwa 3.000 Anlagen. Obwohl mit der Nutzung des KWK-Bonus für diese Anlagen ein attraktiver Anreiz zur KWK-Nutzung besteht, lässt sich diese an den Anlagenstandorten im ländlichen Raum in der Regel nur selten realisieren. Die Wärmenutzung beschränkt sich meistens auf die Wärmeversorgung der Wohn- und Wirtschaftsgebäude am Anlagenstandort des Anlagenbetreibers. Die weitere Versorgung zum Beispiel naheliegender Ortschaften scheitert an zu geringen Wärmedichten, den Kosten für das Nahwärmenetz, zu geringer Anlagengrößen oder auch an dem fehlenden Know-how der Anlagenplaner und -betreiber für komplexere Systemlösungen, die über die Stromerzeugung hinausgehen. Das Bestreben der Betreiber von Biogasanlagen geht zudem tendenziell vermehrt in die Richtung, statt einer Verstromung das Biogas in das Erdgasnetz einzuspeisen und damit andere attraktivere Marktfelder zu erschließen (vgl. Best Practice: Biogas ins Erdgasnetz). Zusammenfassend kann davon ausgegangen werden, dass aufgrund der Anlagenstandorte nur in begrenztem Umfang von Seiten der Anlagenbetreiber aktiv eine Nahwärmeversorgung verfolgt wird.

Die bestehenden Projekte zur geothermischen Stromerzeugung sind bis auf wenige Ausnahmen mit einer KWK-Nutzung verbunden. Hierbei wird sowohl der Weg einer Einspeisung in bestehende Fern-/Nahwärmenetze gewählt als auch versucht, neue Netze aufzubauen (vgl. Best Practice: Geothermie & Nahwärmeversorgung in Unterhaching).

Als Fazit kann festgestellt werden, dass ausgehend vom EEG die entsprechenden Anlagenbetreiber ein großes Interesse an der KWK-Nutzung besitzen, diese aber vor allem mit Blick auf Biogasanlagen nur eingeschränkt zu realisieren ist.

BEST PRACTICE: Biogas ins Erdgasnetz

Die Stadtwerke Aachen (STAWAG) bauen im etwa 50 km entfernten Kerpen eine Biogasanlage. Da die Kapazitäten zur Versorgung der Anlage mit jährlich 25.500 Tonnen Silomais in Aachen begrenzt sind, hat sich die STAWAG zum Bau der Anlage in einem Gewerbegebiet in Kerpen entschlossen. Das Biogas wird auf Erdgasqualität aufbereitet und in das Gasnetz der RWE eingespeist. Im Stadtgebiet von Aachen wird das „Biogas“ in Blockheizkraftwerken zur Strom- und Wärmeerzeugung genutzt. Für die Biogasanlage und die Blockheizkraftwerke werden zusammen 9,5 Mio. Euro investiert. Die Anlage soll noch im Jahr 2006 in Betrieb gehen und es gibt bei der STAWAG bereits Planungen, weitere Anlagen zu bauen.

Quelle: <http://www.stawag.de>

BEST PRACTICE: Geothermie & Nahwärme in Unterhaching

Beim Geothermieprojekt Unterhaching bei München werden erstmals im süddeutschen Molassebecken zwei Bohrungen in mehr als 3.300 m Tiefe niedergebracht, wodurch Thermalwasser von 122 °C und einer Förderrate von 150 l/s zur Stromerzeugung genutzt werden kann. Die eigens für derartige Parameter entwickelte Förderpumpe wird das Thermalwasser in die erste Kalina-Anlage Deutschlands speisen. Nach der Stromerzeugung wird die im Thermalwasser enthaltene Restwärme zur Versorgung eines neu gebauten Fernwärmenetzes mit einer Anschlussleistung 28 MW_{th} in der ersten Ausbauphase genutzt. Die erste Stromeinspeisung ist für Sommer 2007 geplant, die ersten Wärmeabnehmer sollen bereits 2006 versorgt werden.

Quelle: <http://www.geothermieprojekte.de>

BEST PRACTICE: Fernwärmeschiene Saar

Mit dem Bau der Fernwärmeschiene Saar wurde im Jahr 1976 begonnen. Nach mehreren Bauphasen wird heute die Abwärme mehrerer Kraftwerke und Industriebetriebe eingespeist und zur Fernwärmeversorgung verschiedener Städte genutzt. Abgesehen von der Stadt Saarbrücken, musste zudem in den übrigen Städten das Fernwärmenetz vollständig neu aufgebaut werden.

Quelle: <http://www.fvs.de>



BEST PRACTICE: Biomasse-Heizkraftwerk Pfaffenhofen

Das Biomasse-Heizkraftwerk hat im Jahr 2001 seinen Betrieb aufgenommen. Ausgehend von einer an den örtlichen Gegebenheiten ausgerichteten Energieplanung wurde auf Basis einer exakten Bedarfsermittlung die Anlage maßgeschneidert ausgelegt. Für die Wärmeverteilung wurde ein neues Fernwärme- und Ferndampfnetz mit einer Länge von fast 20 km gebaut. Eine optimale hohe ganzjährige Nutzung der Anlage wird durch eine Kraft-Wärme- und Kältekopplung erreicht. Zu den etwa 150 Wärme- und Kälteabnehmern gehören Industrieunternehmen, öffentliche Einrichtungen und Haushalte.

Als Brennstoff werden jährlich etwa 88.000 t unbehandelte Hölzer (Waldhackschnitzel, Sägewerksrestholz) aus der Region eingesetzt. Durch die Holznutzung werden fossile Brennstoffe mit einem Energieäquivalent von rund 22 Mio. Liter Heizöl und 69.000 t CO₂ eingespart. Im Vergleich zu 1990 verringerte die Stadt Pfaffenhofen dadurch ihre CO₂-Emissionen um rund ein Drittel.

Quelle: Biomasse Heizkraftwerk GmbH; eta Energieberatung GbR: Biomasse-Heizkraftwerk Pfaffenhofen. Abschlussbericht vom November 2003. Internet: <http://www.bmhkw.de>

7.3 Flankierende energie- und klimapolitische Instrumente

Um den Beitrag der Fern- und Nahwärmeversorgung zur Erreichung der energie- und klimapolitischen Ziele zu unterstützen, muss zwischen folgenden zwei generellen Handlungsebenen differenziert werden:

- Für die Erzeugung der Fern- und Nahwärme ist eine effiziente und möglichst mit geringen CO₂-Emissionen verbundene Erzeugung notwendig.
- Die Erhaltung und der Ausbau der Fern- und Nahwärmeversorgung erfordern zielgerichtete Maßnahmen für die Netze.

In der Regel werden nur kombinierte Maßnahmen, die sowohl auf die Erzeugung als auch auf die Netze ausgerichtet sind, eine nachhaltige Förderung der Fern- und Nahwärmeversorgung ermöglichen. Die Zielrichtung bestehender Instrumente ist in der Regel vorrangig jedoch nur auf eine dieser beiden Komponenten – allerdings mit Wirkungen auf das Gesamtsystem – ausgerichtet. Für die Fern- und Nahwärmeversorgung sind vor allem folgende bestehenden Instrumente von Bedeutung:

- Mit dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) wird die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung über eine zusätzliche Vergütung gefördert. Mit der Novelle des Gesetzes im Jahr 2002 ist zudem ausdrücklich auch das Ziel des Ausbaus der Fern- und Nahwärmeversorgung verbunden. In der Regel endet der KWK-Zuschlag aber im Jahr 2010 und für die Zeit danach ist noch keine Nachfolgeregel in Sicht.⁵⁰
Obwohl der im KWKG für das Jahr 2004 vorgesehene Zwischenbericht zur Zielerreichung noch nicht vorliegt, zeichnet sich ab, dass bisher zwar eine ganze Reihe von Kraftwerksmodernisierungen und auch Kraftwerksneubauten vorgenommen wurden, aber eine vollständige Zielerreichung in Frage steht und insbesondere ein Ausbau im Sinne von Netzerweiterungen wohl nicht erreicht wurde /AGFW 2006/. Zwischenzeitlich haben sich die Bedingungen, auch durch den zunehmenden Leerstand in den WE mit Fernwärmeversorgung, wieder verschlechtert, so dass die staatlich festgelegten Förderungen für den KWK-Betrieb in den meisten Fällen keinen Marktvorteil gegenüber anderen Formen der Wärmeversorgung mehr bieten.
Als vorläufige Zwischenbewertung des KWKG kann somit geschlussfolgert werden, dass das Gesetz für einen Netzausbau zur Fern- und Nahwärmeversorgung nur unzureichend geeignet ist.
- An anderer Stelle wurde bereits darauf verwiesen, dass der Wettbewerb zwischen Fern- und Nahwärme gegenwärtig durch bestehende Fernwärmeanschlusszwänge beeinflusst wird. In nahezu allen Kommunen mit einer Fernwärmeversorgung haben die Stadtverwaltungen in den 1990er Jahren in Ostdeutschland kommunale Fernwärmesatzungen erlassen, die Fernwärmevorranggebiete ausweisen und einen Fernwärmeanschlusszwang festlegen. Begründet werden diese Maßnahmen mit den Anforderungen des Umweltschutzes, der durch eine Fernwärmeversorgung auf Basis einer Kraft-Wärme-Kopplung besser gewährleistet ist. Damit sind Gebäudeeigentümer, die in solchen Vorranggebieten Wohngebäude unterhalten, zu einem Anschluss an die Fernwärmeversorgung verpflichtet. Wirtschaftlich günstigere Lösungen für die Wärmeversorgung, z. B. eine dezentrale Versorgung durch ein Nahwärmekonzept (gebäudebezogen oder mehrerer Gebäude), sind damit ausgeschlossen. Es existieren eine Reihe von Gerichtsurteilen, die die Rechtmäßigkeit des Benutzungs- und Anschlusszwanges bestätigen. Allerdings sind auch Gerichtsentscheide bekannt, die sich gegen einen Anschlusszwang aussprechen, vornehmlich nach Klagen von Privatinvestoren.
- Im Zusammenhang mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), das vorrangig das Ziel einer Ausweitung der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien verfolgt, wird die KWK-Nutzung bei Biomasse zusätzlich mit einem KWK-Bonus gefördert. Hierdurch wird ein Anreiz gegeben, sowohl bestehende Erzeugungsanlagen auf Erneuerbare Energien umzustellen als auch neue Wärmenetze – dann aber eher in Form einer Nahwärmeversorgung – zu installieren. Im Bereich der Biomassenutzung könnte dies insbesondere im ländlichen Raum zu neuen Nahwärmesystemen führen.

⁵⁰ Klein-Anlagen bis 50 kW und neue Brennstoffzellenanlagen erhalten für 10 Jahre ab dem Tag des Dauerbetriebs den KWK-Zuschlag, so dass diese Förderung über das Jahr 2010 hinaus geleistet werden kann.

Aufgrund der erst kurzen Entwicklungsphase und laufender Untersuchungen (Monitoring der Biomasseverordnung) ist es für eine abschließende Bewertung der Wirkungen noch zu früh. Als vorläufige Zwischenbewertung des EEG mit Blick auf die KWK-Nutzung kann geschlussfolgert werden, dass durch die Errichtung neuer Anlagen zum Teil zwar eine Wärmeauskopplung in bestehende Netze erreicht wurde, ein Ausbau von Netzen bisher aber eher die Ausnahme war. In der Regel sind am Anlagenstandort keine oder nur wenige Wärmenutzer vorhanden und selbst der Aufbau von kleinen Nahwärmenetzen gestaltet sich wegen des notwendigen Abstimmungsbedarfs zwischen den individuell handelnden potenziellen Wärmeabnehmern schwierig.

Im Bereich der festen Biomassenutzung (Holz) ist zu beobachten, dass ein Wechsel von Großanlagen (20 MW) zu eher kleineren Anlagen erfolgt, da es dann leichter fällt, einen geeigneten Wärmeabnehmer (z.B. Industriebetrieb) zu finden.

Bei Biogasanlagen, deren Standorte eher in ländlichen Regionen sind und die mit etwa 3.000 Anlagen mit Abstand die Mehrzahl der Anlagen darstellen, gestaltet sich die Wärmeabgabe wegen fehlender Wärmeabnehmer besonders schwierig. Bei diesen Anlagen werden hauptsächlich nur die direkt an den Standort angrenzenden Wirtschafts- und Wohngebäude des Anlagenbetreibers mit Wärme versorgt. Eine Nahwärmeversorgung im Sinne der Versorgung mehrerer Gebäude unterschiedlicher Eigentümer mit einem Netzbetrieb ist in der Regel nicht vorhanden. Der Aufbau neuer Netze ist mit noch größerem Aufwand verbunden und übersteigt – hier wieder mit Blick auf die Biomassenutzung – insbesondere die landwirtschaftlichen Betriebe, die nicht über das Know-how für eine umfassende Energieversorgung verfügen.

- Mit den Regelungen zum Emissionshandel im Rahmen des Kyoto-Prozess sind Vorteile für KWK-Anlagen im Vergleich zu Anlagen ohne Wärmeauskopplung verbunden. Der Allokationsplan für die Periode 2008 bis 2012 stellt mit einem Erfüllungsfaktor von 0,9875 geringere Anforderung an die CO₂-Minderungsverpflichtung für Bestandsanlagen als dies für Anlagen zur ausschließlichen Stromerzeugung mit einem Erfüllungsfaktor von 0,85 der Fall ist. Die Zuteilung von CO₂-Emissionszertifikaten für neue KWK-Anlagen erfolgt nach einer speziellen Benchmark-Regel (Doppel-Benchmark für Strom und Wärme). Hierbei können sich Vorteile gegenüber reinen Kondensationskraftwerken ergeben. Zudem erhalten KWK-Anlagen je erzeugter GWh Strom im KWK-Prozess eine zusätzliche CO₂-Zuteilung von 27 t. Diese Regelungen beziehen sich allerdings nur auf Anlagen ab 20 MW thermischer Feuerungsleistung.
- Im Rahmen von Förderprogrammen mit zinsverbilligten Krediten der KfW wird zum Beispiel im Zusammenhang mit dem CO₂-Gebäudesanierungsprogramm der Anschluss an eine Fern- oder Nahwärmeversorgung gefördert. Überwiegend im kommunalen Eigentum befindliche Unternehmen können für Infrastrukturmaßnahmen zur Ver- und Entsorgung gleichfalls verbilligte Kredite in Anspruch nehmen.
Mit dem Angebot dieser zinsverbilligten Kredite wird zwar sowohl auf der Nachfrageseite als auch auf der Angebotsseite ein Anreiz für eine zusätzliche Nutzung (Nachfrage) bzw. einen Ausbau (Angebot) geschaffen, aber wesentliche Effekte insbesondere im

Hinblick auf einen Netzausbau können hiervon nicht erwartet werden. Dies vor allem vor dem Hintergrund einer eher rückläufigen Wärmenachfrage in bestehenden Fernwärmenetzen.

- Nach der Wärmeschutzverordnung sowie der ab 2002 gültigen Energieeinsparverordnung ist gewährleistet, dass im Wohnungsneubau (EZFH, MFH) ein hoher Wärmeschutzstandard eingehalten wird. Beide Verordnungen hatten empfohlen, die festgelegten Kennwerte auch bei einer grundlegenden Gebäudesanierung anzuwenden. Anders als für den Wohnungsneubau bestand hierfür keine verpflichtende Bindung, es wurde an die Freiwilligkeit appelliert. Aus Kostengründen realisierten die Gebäudeeigentümer jedoch nur in Ausnahmefällen die vorhandenen Einsparpotenziale. Das gilt vor allem für den Bereich der MFH, weil unter den Bedingungen des Wohnungsmarktes keine oder nur sehr lange Amortisationszeiten für die mit der Wärmedämmung verbundenen Kosten bestehen. Erhöhte Mietkosten aus der Wärmedämmung müssen sich im jeweiligen Jahr durch mindestens gleich hohe Einsparungen bei den Wärmekosten ausgleichen, wenn es für die Mieter (wirtschaftlich) attraktiv sein soll. Insbesondere das in den 1990er Jahren bestehende niedrige Energiepreisniveau hat bei Modernisierungs- bzw. Sanierungsmaßnahmen im Gebäudebestand die Frage nach einem optimierten Wärmeschutz in den Hintergrund gedrängt. Vor allem die bauliche Verbesserung und Steigerung des Wohnkomforts stand bisher im Vordergrund. Ideelle Verhaltensweisen bzgl. des Umweltschutzes bleiben von dieser Grundaussage unberücksichtigt.

Mit steigenden Energiepreisen ist der Blick auf die „zweite Miete“ zwar wieder zu einem wichtigen Thema geworden und wird sicherlich auch im Zusammenhang mit dem noch einzuführenden Gebäudeenergiepass an Bedeutung gewinnen, aber daraus ist noch kein konkreter Vorteil für eine Fern- oder Nahwärmeversorgung für mehrere Gebäude abzuleiten. Wie bereits zuvor dargestellt wurde, führen ein hoher Wärmedämmstandard und die spezifische Situation der Fernwärmeversorgung – vor allem in Ostdeutschland – eher zu einer im Wettbewerb mit anderen Energieträgern ungünstigen Situation, da die Verteilungskosten über Wärmenetze zunehmen und die Wettbewerbsfähigkeit erschweren wenn nicht sogar verhindern.

Neben den genannten, vor allem nationalen Instrumenten, bestehen, wenn auch weniger einflussreich, europaweit bzw. in den einzelnen Bundesländern weitere Unterstützungsmaßnahmen für die Fernwärme. In Bezug auf die EU-Ebene sei zum Beispiel auf die Richtlinie 2004/8/EG hingewiesen, die den Zweck verfolgt, die Energieeffizienz zu erhöhen und die Versorgungssicherheit zu verbessern, indem ein Rahmen für die Förderung und Entwicklung einer hocheffizienten, am Nutzwärmebedarf orientierten und auf Primärenergieeinsparung ausgerichteten KWK geschaffen wird (Artikel 1 der EU-Richtlinie). Eine Verpflichtung zur Schaffung nationaler Fördermaßnahmen enthält die Richtlinie allerdings nicht. Sie ist eher als eine Richtungsvorgabe zu verstehen, in den EU-Ländern der KWK eine erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken. Allerdings sind die EU-Länder verpflichtet, eine nationale Potenzialstudie zu erstellen (Artikel 6 der EU-Richtlinie).

Aus den bestehenden Instrumenten mit direkten und indirekten Wirkungen für die Fern- und Nahwärmeversorgung ergibt sich bereits ein umfassendes Maßnahmenbündel zu deren För-

derung. Es zeichnet sich allerdings ab, dass mit Blick auf einen Ausbau der leitungsgebundenen Fern- und Nahwärmeversorgung sowohl die Einzelinstrumente als auch Kombinationen davon (z.B. KWKG und Emissionshandel) nicht ausreichen, um unter den gegebenen und sich abzeichnenden Rahmenbedingungen eine nennenswerte Wirkung hervorzurufen. Die Wirkung konzentriert sich gegenwärtig mehr auf die Erzeugungsseite und nicht auf die Verteilungsebene. Die mit den Instrumenten verbundenen Anreize zur KWK-Nutzung reichen somit in der Regel nicht aus, neue Netze aufzubauen oder bestehende Netze zu erweitern.

Welche flankierenden Maßnahmen wären somit erforderlich, um einen Netzausbau voranzutreiben? Hier zeigt ein Blick in die Vergangenheit, dass bei zum Teil günstigeren Marktbedingungen für die Versorgungsunternehmen nur mit Hilfe von Förderung in Rahmen der unterschiedlichen Zukunftsinvestitionsprogramme der Netzausbau realisiert werden konnte bzw. in Ostdeutschland die Modernisierung der Fernwärmenetze durchführbar war. Unter den Rahmenbedingungen eines Energiemarktes erscheint es wenig aussichtsreich, dass ein nennenswerter Netzausbau von den Akteuren eigenständig durchgeführt werden kann. Mit Blick auf die Fernwärmeunternehmen ist deren Situation besonders in Ostdeutschland aus dem Netzausbau in Zusammenhang mit dem Stadtumbau Ost und künftig auch in ähnlicher Weise in Westdeutschland (z.B. Netzerneuerung) durch finanzielle Belastungen geprägt. Ein deutlicher Impuls für einen Netzausbau wird wohl nur durch die finanzielle Förderung in Form von Zuschüssen möglich sein.

Für die Finanzierungshilfen kommt die klassische Zuschussförderung seitens der EU, des Bundes und der Länder in Frage. Für diese Form der Finanzierung werden die auf allen staatlichen Ebenen bestehenden angespannten Haushaltslagen jedoch nur wenig Spielraum lassen, so dass alternative Finanzierungslösungen in Betracht gezogen werden müssen.

- Hierbei könnte an bestehende Instrumente wie das KWKG oder das EEG angeknüpft werden. Eine entsprechende Bonusregelung, die an die tatsächliche Realisierung von Netzausbaumaßnahmen geknüpft wäre, könnte eine Finanzierungsform darstellen. Die von den Verbänden angestoßene Diskussion zum KWKG könnte hierzu eine erste Grundlage für eine Novelle des KWKG sein /AGFW 2006/. Wobei über die konkrete Ausgestaltung hierzu noch keine detaillierten Ausführungen in dem Positionspapier enthalten sind.
- Gleichfalls könnte eine entsprechende Regelung in einem Wärmegesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmemarkt aufgenommen werden.
- Wie bereits zuvor dargestellt wurde, bieten die bestehenden Regelungen zum CO₂-Emissionshandel keine ausreichende Anreizwirkung zum Ausbau von Wärmenetzen. Wird zum Beispiel mit dem Bau eines Wärmenetzes eine CO₂-Minderung gegenüber der vorherigen Wärmeversorgung erreicht, existieren noch keine Regelungen zur Anerkennung nationaler Projekte durch nationale Investoren und damit auch keine Zuteilung für frei verkäufliche CO₂-Zertifikate. Investitionen deutscher Investoren in CO₂-Minderungsprojekte werden nur anerkannt, wenn die Projekte im Ausland sind. Folglich müsste für entsprechende Projekte in Deutschland ein ausländischer Investor gefunden werden. Mit Blick auf die eher nationalen Akteure beim Ausbau von Wärmenetzen bzw. KWK-Anlagen wird hier eine Anpassung beim Regelungsbedarf gesehen.

Weiterhin geht beim Neubau von Wärmenetzen mit KWK und auf der Basis fossiler Energieträger (z.B. Erdgas) vom CO₂-Emissionshandel für Anlage ab 20 MW Feuerungsleistung keine ausreichende Anreizwirkung aus. Die KWK-Anlage erhält eine CO₂-Zuteilung und durch diese Anlage einschließlich Wärmeverteilung eingesparten CO₂-Emissionen durch den Ersatz anderer Feuerungsanlagen sowie die effizientere Stromerzeugung werden nicht berücksichtigt. Die Differenz zwischen CO₂-Mengen-Zuteilung für die neue KWK-Anlage und den von den ersetzten Anlagen zuvor freigesetzten CO₂-Mengen könnten durch eine entsprechende Regelung als frei handelbare CO₂-Zertifikate zugeteilt werden und damit als Teil einer Förderung dienen. Ein entsprechender Regelungsbedarf hierfür existiert bisher nicht.

Neben dem Aspekt der finanziellen Förderung müsste die leitungsgebundene Wärmeversorgung auch in stärkerem Umfang wieder Eingang in die stadtplanerischen Arbeiten auf der kommunalen Ebene finden. Für die Nahwärmeversorgung mehrerer Gebäude sind Flächen freizuhalten (Neubauplanung) und über die kommunale Ebene initiierte Konzepte könnten Nahwärmelösungen propagiert werden. Die kommunale Planungsebene müsste sich – nach dem Rückzug der öffentlichen Seite aus der Energieversorgung – wieder verstärkt mit koordinierenden (Planungs-)Aufgaben dem Thema der leitungsgebundenen Wärmeversorgung annehmen, so wie es in Westdeutschland in den 1970er und 1980er Jahren nach den Ölpreiskrisen sowie in Ostdeutschland zunächst in den ersten Jahren nach der Wiedervereinigung der Fall war. Aufgrund der im Zeitablauf geänderten Rahmenbedingungen ist eine Neubearbeitung von Energie- bzw. Klimaschutzkonzepten notwendig. Hierbei kann mit speziellem Blick auf den Ausbau von Wärmenetzen und KWK-Anlagen zum Teil an bestehende Konzepte oder an realisierte Projekte angeknüpft werden. Auf Grund des veränderten Energiepreisniveaus, das insbesondere in den 1990er Jahren wenig Anreiz zur Energieeinsparung bot, können nunmehr auch für den Ausbau der Wärmenetze umfangreichere Projekte in Betracht gezogen werden.

- Die Nutzung von Abwärmepotenzialen aus der Industrie ist im zurückliegenden Jahrzehnt eher vernachlässigt worden, obwohl damit eine kostengünstige und energiesparende Wärmequelle zur Verfügung steht. Inwieweit heute noch so umfangreiche Systeme wie bei der Fernwärmeschiene Saar neu aufgebaut werden können ist zwar fraglich, aber ohne eine entsprechende systematische Erfassung einerseits der Abwärmepotenziale und andererseits der Wärmesenken in einer Region oder auch im Rahmen von betrieblichen Energiekonzepten wird auch künftig keine Nutzung dieser „Energiequelle“ möglich sein (vgl. Best Practice: Fernwärmeschiene Saar).
- Im Rahmen von Energie- bzw. Klimaschutzkonzepten ist zudem die Identifizierung von Wärmeabnehmern zur Versorgung mittels eines Wärmenetzes zu intensivieren. Nur vor dem Hintergrund lokaler Detailkenntnisse kann eine realistische Umsetzungsstrategie – und hier auch unter Einbeziehung lokaler Biomassepotenziale – für Wärmenetze entwickelt werden (vgl. Best Practice: Biomasse-Heizkraftwerk Pfaffenhofen). Die zuvor in Kapitel 4 dargestellten Potenziale für den Ausbau von Wärmenetzen

bleiben nur theoretische Werte, wenn nicht auf lokaler Ebene eine entsprechende Umsetzungsplanung einsetzt.

Im Hinblick auf die flankierenden energie- und klimapolitischen Instrumente kann zusammenfassend festgestellt werden:

- Es gibt bereits heute ein umfangreiches Instrumentarium, das zur direkten oder indirekten Förderung der KWK-Nutzung und damit auch zur Förderung von Wärmenetzen beiträgt. Die Wirkung dieser Instrumente hat bisher aber eher nur die Modernisierung oder Erneuerung der Erzeugungsanlagen bewirkt und weniger zu einem Ausbau der Netze beigetragen.
- Ein nennenswerter Ausbau der Wärmenetze war in der Vergangenheit immer mit mehr oder weniger großen staatlichen Förderprogrammen verbunden. Für die Unterstützung des weiteren Ausbaus von Wärmenetzen kann an die bestehenden Instrumente angeknüpft werden, allerdings sind die skizzierten Anreizwirkungen mehr auf den Ausbau der Wärmenetze zu beziehen, als dies in der Vergangenheit der Fall war.
- Letztendlich muss eine konkrete Umsetzung der identifizierten Potenziale für den Ausbau oder den Neubau von Wärmenetzen auf lokaler Ebene erfolgen. Hierzu sind lokale Energie- und Klimaschutzkonzepte wieder stärker in den Fokus zu rücken und eine Neubearbeitung unter Beachtung der neuen Herausforderungen notwendig.

8 Literatur

- (AGFW 1997)** Arbeitsgemeinschaft für Wärme und Heizkraftwirtschaft e.V. beim VDEW: F.G. Witterhold u.a.: Neuartige Wärmeverteilung. Schlussbericht für das BMBF-Vorhaben 0328789B, Forschungsstelle der AGFW, Frankfurt, 1997.
- (AGFW 2004)** Luzsch u.a., Strategien einer pluralistischen Fern- und Nahwärmeversorgung in einem liberalisierten Energiemarkt unter besonderer Berücksichtigung der Kraft-Wärme-Kopplung und der regenerativen Energien (AGFW-Bericht zur pluralistischen Wärmeversorgung), Frankfurt, 2004.
- (AGFW 2004a)** AGFW-Arbeitsbericht 2004, Frankfurt, 2004.
- (AGFW 2005)** Hauptbericht der Fernwärmeversorgung, Frankfurt, 2004.
- (AGFW 2005a)** „District Heating and Cooling – Country by Country/2005 Survey“. Chapter „Germany“. Published by EuroHeat&Power, 2005.
- (AGFW 2005b)** W. Lutsch und F.-G. Witterhold; Ergebnisse und Schlussfolgerungen aus der AGFW-Studie „Pluralistische Wärmeversorgung“, Frankfurt, 2005.
- (AGFW 2005c)** AGFW-Arbeitsbericht 2005. AGFW, Frankfurt, 2005.
- (AGFW 2006)** AGFW, B.KWK, ver.di, VKU: Eckpunktepapier zur Novellierung des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes. Frankfurt, 2006.
- (Alstom 2005)** J.O. Fabricius: Rahmenbedingungen, Bautechniken und Baukosten des Fernwärmeleitungsbaus. Aus Forschung und Entwicklung – Mitteilungen der Forschungsstelle und des Forschungsbeirates der AGFW, Heft Nr. 10: Das Wachstumspotenzial der Nah- und Fernwärme und Voraussetzungen für den Ausbau, Frankfurt, 2005.
- (Arlt 2003)** Arlt, A.: Systemanalytischer Vergleich zur Herstellung von Ersatzbrennstoffen aus biogenen Abfällen am Beispiel von kommunalem Klärschlamm, Bioabfall und Grünabfall. Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse, Dissertation an der Fakultät für Maschinenbau der Universität Stuttgart, 2003.
- (BBR 2002)** Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung: Perspektiven der Wohnungsmärkte. In Informationen zur Raumentwicklung. Heft 3.2002. Bonn.
- (BBR 2005)** Raumordnungsbericht 2005. In: Berichte. Band 21. Bonn.
- (Berlin Institut 2006)** Die demografische Lage der Nation. Wie zukunftsfähig sind Deutschlands Regionen. Berlin.
- (BMU 2004)** Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Nitsch, J. u.a.: Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutsch-

land. Forschungsvorhaben FKZ 901 41 803 für das BMU. DLR Stuttgart, WI Wuppertal, IFEU Heidelberg, 2004.

- (BMVEL 2005)** Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft: Meilensteine der Agrarpolitik, Umsetzung der europäischen Agrarreform in Deutschland, Berlin, 2005.
- (Bruus 2004)** F. Bruus: Multiple Pipe System. Euroheat&Power, RTD Workshop „Possibilities of cost reductions in DH networks“, Brüssel, 2004.
- (BWK 2003ff)** Das Energie-Fachmagazin: F. Wittke u.a.: „Die energiewirtschaftlichen Daten der BRD“ bzw. „Endenergieverbrauch in Deutschland“. BWK, verschiedenen Jahrgänge, jeweils Heft Nr. 1/2
- (BWK 2004)** Feck, N. / Kattenstein, T. / Wagner, H.-J.: Nutzwärme aus heißem Untergrundgestein. BWK Bd. 56 (2004), S. 50-53
- (BINE 1999)** BINE-Informationsdienst des Fachinformationszentrums Karlsruhe: Europäisches Geothermieprojekt Soultz-sous-Forêts. Projekt-Info 06/99 (www.bine.info)
- (BINE 2003)** BINE-Informationsdienst des Fachinformationszentrums Karlsruhe: Geothermische Stromerzeugung in Neustadt-Glewe. Projekt-Info 09/03 (www.bine.info)
- (Bundesagentur für Arbeit 2004)** Bundesagentur für Arbeit: Gemeindedaten aus der Beschäftigtenstatistik. 2004
- (Dahlgren 2004)** M. Dahlgren: Milling district heating pipes and new cheaper trenches. Euroheat&Power, RTD Workshop „Possibilities of cost reductions in DH networks“, Brussels, 2004.
- (Dalenbäck 2003)** J.-O. Dalenbäck: Swedish Large-scale Solar Heating Plants. ISES Solar World Congress 2003 in Göteborg, www.solenergiforeningen.se.
- (destatis 2006)** Statistik regional von destatis, 2006.
- (destatis 2006)** Fachserie 4. Ausgewählte Zahlen zur Energiewirtschaft. Wiesbaden.
- (destatis 2006)** Fachserie 4. Stromerzeugungsanlagen der Betriebe des Bergbaus und des verarbeitenden Gewerbes. Wiesbaden.
- (DLR 1997)** Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt: M. Nast u.a.: Klimaschutzkonzept für das Saarland, Materialband 2 „Potenzial der Kraft-Wärme/Kälte-Kopplung und Nutzung regenerativer Energien. Studie von Prognos, DLR und Wuppertal Institut im Auftrag des saarländischen Ministeriums für Umwelt, Energie und Verkehr, Stuttgart, 1997.
- (DLR 2003)** M. Nast: Förderbedarf für die Nutzung von Überschußwärme aus Müll- und Holz-Heiz-Kraftwerken in Nahwärmenetzen. Expertise für das Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, Stuttgart, 2003.

-
- (DLR 2004)** J. Nitsch u.a.: Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbaren Energien in Deutschland. Studie von DLR, IFEU und Wuppertal Institut im Auftrag des BMU, Stuttgart, 2004.
- (DLR 2005)** M. Nast u.a.: Analyse des nationalen Potenzials für den Einsatz hocheffizienter KWK, einschließlich hocheffizienter Kleinst-KWK, unter Berücksichtigung der sich aus der EU-KWK-RL ergebenden Aspekte. Studie von bremer energie institut und DLR im Auftrag des BMWA, Stuttgart, 2005.
- (EH&P 2005)** EuroHeat & Power: District Heating and Cooling. Country by Country / 2005 Survey. Brüssel
- (EH&P 2006)** Geringere Wärmeverluste durch Thermosand. EuroHeat&Power, Juni 2006, Seite S6.
- (EH&P 2006a)** Fernwärme ist weiterhin Wachstumsbranche in Österreich. Euroheat&Power, 35. Jg. (2006), Heft 1-2, S.22
- (Enquete 2002)** Endbericht der Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung“; Dt. Bundestag, Drucksache 14/9400 vom 7.7.2002; Berlin 2002
- (EUROSTAT 2006)** Danko, J.; Lösönen, P.: Stromerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK-Anlagen) lag 2002 bei 9,9% der gesamten Stromerzeugung in der EU-25. In: Statistik kurz gefasst. Umwelt und Energie. 3/2006
- (FAO 2000)** Food And Agriculture Organization Of The United Nations, Statistik zu Anbauflächen und Produktionsmengen, Internetzugang: <http://faostat.fao.org/faostat/collections?subset=agriculture>.
- (Fisch 2005)** N. Fisch u.a.: Wärmespeicher. BINE-Informationspaket, TÜV-Verlag, Köln, 2005.
- (Frühwald 2000)** Frühwald, A., Scharai-Rad, M.; Hasch, J.: Ökologische Bewertung von Holzwerkstoffen, Hamburg, 2000.
- (Gaderer 2003)** Gaderer, M.: Neuere Konzepte zur Kraft-Wärme-Kopplung mit Biomasse. Bayerisches Zentrum für angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern), 2003.
- (Göhler 2004)** T. Göhler: Horizontal directional drilling. Euroheat&Power, RTD Workshop „Possibilities of cost reductions in DH networks“, Brüssel, 2004.
- (Graw 1995)** A. Graw: Private Mitteilung, 27.11.1995.
- (Hartmann, Kaltschmitt 2002)** Hartmann, H.; Kaltschmitt, M. (Hrsg.): Biomasse als erneuerbarer Energieträger. Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe, Band 3. Münster, 2002.

-
- (IE 2003)** Institut für Energetik und Umwelt: Monitoring zur Biomasseverordnung auf Basis des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) aus Umweltsicht. Leipzig, 2003.
- (IE 2004)** Institut für Energetik und Umwelt: Nachhaltige Biomassenutzungsstrategien im europäischen Kontext. 2. Zwischenbericht. Leipzig, 2004.
- (IE 2005)** Institut für Energetik und Umwelt; Institut für landwirtschaftliche Betriebslehre an der Universität Hohenheim; Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft; Institut für Ökonomie, Hamburg; Öko-Institut, Darmstadt: Nachhaltige Biomassenutzungsstrategien im europäischen Kontext. Leipzig 2005, noch unveröffentlicht.
- (IWU 1992)** Institut Wohnen und Umwelt: W. Feist u.a.: Anlagenband zum Bericht „Energiesparpotenziale im Gebäudebestand – Wärmetechnische Gebäudetypologie für die BRD (alte Bundesländer)“, Darmstadt, 1992.
- (Jarfelt 2004)** U. Jarfelt: Determination of insulating capacity; methods and improvements. Euroheat&Power, RTD Workshop „Possibilities of cost reductions in DH networks“, Brüssel, 2004.
- (Krausewald 2004)** J. Krausewald: Cost Reduction with Advanced Pipe Technologies. Euroheat&Power, RTD Workshop „Possibilities of cost reductions in DH networks“, Brüssel, 2004.
- (Krewitt et al 2004)** Krewitt, W. u.a., Brennstoffzellen in der Kraft-Wärme-Kopplung, Berlin, 2004.
- (Kayser und Kaltschmitt 1998)** Kayser und Kaltschmitt: Geothermie Report 98-1 des GFZ Potsdam, 1998.
- (KTBL 2002)** Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.: Betriebsplanung 2002/2003, Darmstadt, 2002.
- (LDS 2005)** Landesamt für Daten und Statistik des Landes NRW: Auswirkungen des demografischen Wandels Teil 1. In: Statistische Analysen und Studien. Band 25. Düsseldorf.
- (LDS 2006)** Vorausberechnung der Bevölkerung in den kreisfreien Städten und Kreisen Nordrhein-Westfalens 2005 bis 2050. In: Statistische Analysen und Studien. Band 31. Düsseldorf.
- (Leukefeld 2006)** T. Leukefeld Energetikhaus100 – Entwicklung eines bezahlbaren Ganzjahres-solarhauses. 16. Symp. Th. Solarenergie, Kloster Banz 2006, OTTI, Regensburg.
- (Lutsch 2005)** W. Lutsch: Renaissance der Nah-/Fernwärme möglich. EH&P 34 (2005) Heft 5, S. 10.

-
- (Matthes 2004)** Matthes, F.: Endgültige Auswertung der VKU Modernisierungsumfrage 2003, Öko-Institut, Berlin, 2004.
- (MVV 2003)** T. Göhler: Bericht des Vorstandes, Geschäftsbericht 2002/2003 der MVV Energie AG, 2003.
- (MVV 2005)** F. Schmitt et al.: Strategies to Manage Heat Losses – Technique and Economy. IEA DHC/CHP, Annex VII, 2005.
- (Nast 1997)** M. Nast: Cost of Large Collector Fields. Int. J. Solar Energy, 1997, Vol. 18, pp. 289-301.
- (Öko-Institut 2006)** Harthan, O.: Stand der BHKW-Nutzung in Deutschland. Vortrag auf der KWK Jahrestagung 2006.
- (Prognos / IER / WI 2001)** Prognos / IER / WI: Basisdaten für die Szenarienerstellung im Auftrag der Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung“ des Deutschen Bundestages, 2001.
- (Prognos 2004)** Prognos AG: Perspektiven für elektrischen Strom in einer nachhaltigen Entwicklung. Untersuchung im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin, 2004.
- (Prognos/EWI 2005)** Prognos AG, Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, Die Entwicklung der Energiemärkte bis zum Jahr 2030, Schlussbericht im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit, Berlin, 2005.
- (PTJ 2004)** Solarthermie 2000, Teilprogramm 3. Projektbeschreibungen des Projektträgers Jülich (PTJ), www.solarthermie2000.de.
- (Reiche 2002)** Reiche, D.: Handbook of Renewable Energies in the European Union, Frankfurt, 2002.
- (Rogge 2004)** Rogge, S.: Geothermische Stromerzeugung in Deutschland - Ökonomie, Ökologie und Potenziale. Dissertation an der Technischen Universität Berlin der Fakultät VI (Bauingenieurwesen und Angewandte Geowissenschaften), Berlin, 2004.
- (Roth 1980)** U. Roth u.a.: Wechselwirkung zwischen der Siedlungsstruktur und Wärmeversorgungssystemen. Schriftenreihe „Raumordnung“ des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau.
- (Schillig 2003)** Schillig, F.: Juniorpartner der Kohle, Sonne Wind & Wärme, Heft 5, 2003, S. 76-79
- (Schnellberichte 1997ff)** Schnellberichte der Fernwärmeversorgung. EH&P, verschiedene Jahrgänge, meist Heft 4.
- (Sirola 2004)** V.-P. Sirola: Construction Costs and other DH Pipeline Statistics of Finland. EuroHeat & Power II/2004, pp 62-67.
-

-
- (Statistisches Bundesamt 2003)** Bevölkerung Deutschlands bis 2050. Ergebnisse der 10. koordinierten Bevölkerungsvorrausberechnung. Wiesbaden.
- (Statistisches Bundesamt 2004)** Statistisches Bundesamt: Gemeindeband, 2004.
- (StJb 2005)** Statistisches Jahrbuch 2005.
- (UBA 2002)** Fishedick, M. u.a.. Langfristszenarien für eine nachhaltige Energienutzung in Deutschland, UFOPLAN Forschungsvorhaben FKZ 200 97 104, Wuppertal, Stuttgart, 2002.
- (UN 2004)** United Nations (Timber Branch): Forest Products Statistics 1998-2002 (Provisional), Timber Bulletin ECE/TIM/BULL/56/2, www.unece.org/trade/timber/database/fps98_02.xls - - Zugriff: 11.08.2004.
- (VDN 2006)** Verband der Netzbetreiber: Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG). Jahresabrechnung 2005 (auf Basis WP-Bescheinigungen) über: www.vdn-berlin.de
- (WI 2004)** Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie: Der Beitrag regenerativer Energien und rationeller Energienutzung zur wirtschaftlichen Entwicklung in Nordrhein-Westfalen - Analyse und Bewertung von Zukunftstechnologien, deren Auswirkungen auf die Wirtschaftsstruktur und Ableitung technologiepolitischer Handlungsempfehlungen. Studie im Auftrag des Ministeriums für Verkehr, Energie und Landesplanung (MVEL) des Landes Nordrhein-Westfalen, Wuppertal, 2004.
- (Wilfert, Schattauer 2002)** Biogasgewinnung aus Gülle, organischen Abfällen und aus angebauter Biomasse, Institut für Energetik und Umwelt gGmbH, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Hannover/Leipzig, 2002.
- (Winkens 1984)** H.P. Winkens u.a.: Untersuchung einer zum Heizöl alternativen Energiebedarfsdeckung für den Rhein-Neckar-Raum. Planstudie im Auftrag der Bundesministeriums für Forschung und Technologie und der Energie und Wasserwerke Rhein-Neckar AG, Mannheim, aus „Örtliche und regionale Energieversorgungskonzepte“, Band 4, Hrsg. BfLR, Bonn, 1985.
- (ZfK 2004)** Zeitschrift für Kommunalwirtschaft: ZfK-Fernwärmeumfrage 2004, April 2004.
- (ZfK 2003)** Zeitschrift für Kommunalwirtschaft: ZfK-Fernwärmeumfrage 2003, April 2003.
- (Zfk 2006)** Haltbarkeit der Kunststoff-Mantelrohre - Länger als angenommen. ZfK, Juni 2006.