

Umweltforschungsplan
des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

FKZ 3710 97 198

**KWK-Ausbau: Entwicklung, Prognose, Wirksamkeit
der Anreize im KWK-Gesetz unter Berücksichtigung
von Emissionshandel, Erneuerbare-Energien-Gesetz
und anderen Instrumenten**

von

Sabine Gores / Wolfram Jörß / Ralph Harthan
Öko-Institut e.V. Büro Berlin, Schicklerstraße 5-7, D-10179 Berlin

in Kooperation mit

Dr. H.-J. Ziesing

Juri Horst

IZES, Altenkesseler Straße 17, D-66115 Saarbrücken

IM AUFTRAG DES
UMWELTBUNDESAMTES

Dezember 2012

Förderhinweis

Dieses Projekt wurde finanziell vom Umweltbundesamt im Rahmen des Umweltforschungsplanes gefördert.

Die Förderer übernehmen keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen der Förderer übereinstimmen.

Berichts-Kennblatt

1. Berichtsnummer UBA-FB	2.	3.
4. Titel des Berichts KWK-AUSBAU: ENTWICKLUNG, PROGNOSE, WIRKSAMKEIT DER ANREIZE IM KWK-GESETZ UNTER BERÜCKSICHTIGUNG VON EMISSIONSHANDEL; ERNEUERBARE-ENERGIEN-GESETZ UND ANDEREN INSTRUMENTEN		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Gores, S.; Harthan, R.O.; Jörß, W.; Ziesing, H.-J.; Horst, J.; Schneider, S.		
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) Öko-Institut, Schicklerstraße 5-7, D-10179 Berlin IZES, Altenkesseler Straße 17, D-66115 Saarbrücken		
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt, Postfach 14 06, 06813 Dessau-Roßlau		8. Abschlussdatum 14.12.2012
9. Veröffentlichungsdatum	10. UFOPLAN-Nr. 3710 97 198	11. Seitenzahl 152
12. Literaturangaben 67	13. Tabellen und Diagramme 48	14. Abbildungen 35
15. Zusätzliche Angaben		
16. Zusammenfassung Es wird ein umfassender Überblick über den Stand der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) sowie den der netzgebundenen Wärmeversorgung gegeben. Die in den Jahren 2009-2012 erfolgte KWK- und Wärmenetz-Förderung durch das KWKG wird dargestellt und ins Verhältnis zu den Ergebnissen anderer Förderinstrumente gestellt. Mit Hilfe einer Analyse verschiedener Literaturquellen zu Potenzialen der KWK und der netzgebundenen Wärmeversorgung sowie einer anlagenscharfen Betrachtung von im Bau befindlichen und geplanten Kraftwerken, wird unter Berücksichtigung der zuvor gewonnenen Erkenntnisse über die in den letzten Jahren erfolgten Entwicklung, der zukünftige Ausbau der KWK abgeschätzt. Eine Analyse der Wirtschaftlichkeit von KWK-Anlagen wird für verschiedene Anlagengrößen durchgeführt. Ein Überblick über Instrumente mit Bezug zur KWK wird gegeben (KWKG, EEG, Emissionshandel). Darauf aufbauend werden Handlungsempfehlungen abgeleitet.		
17. Schlagwörter Klimaschutzpolitik, Energiepolitik, Kraft-Wärme-Kopplung, KWK-Ziel, Wirtschaftlichkeit, Wärmenetze, Trassenlänge, Potenziale, Erneuerbare Energien, KWKG, EEG, Emissionshandel. KWK-Zubau, fossile KWK		
18. Preis	19.	20.

Report Cover Sheet

1. Report No. UBA-FB	2.	3.
4. Report Title EXPANSION OF CHP: DEVELOPMENT, PROGNOSIS, EFFECTIVENESS OF INCENTIVES IN GERMAN CHP ACT UNDER CONSIDERATION OF EMISSIONS TRADING, GERMAN RENEWABLE ENERGY SOURCES ACT AND OTHER INSTRUMENTS		
5. Author(s), Family Name(s), First Name(s) Gores, S.; Harthan, R.O.; Jörß, W.; Ziesing, H.-J.; Horst, J.; Schneider, S., Cook, Vanessa		
6. Performing Organisation (Name, Address) Öko Institut, Schicklerstraße 5-7, D-10179 Berlin, Germany IZES, Altenkesseler Straße 17, D-66115 Saarbrücken, Germany		
7. Funding Agency (Name, Address) German Federal Environment Agency (Umweltbundesamt) Postfach 14 06, 06813 Dessau-Roßlau		8. Report Date 14.12.2012
9. Publication Date	10. UFOPLAN-Ref. No. 3710 97 198	11. No. of Pages 152
12. No. of Reference 67	13. No. of Tables, Diagrams 48	14. No. of Figures 35
15. Supplementary Notes		
16. Abstract This report gives a comprehensive overview of the situation of combined heat and power (CHP) and grid-connected heat supply in Germany. The support for CHP and heat grids provided by the German CHP Act in 2009-2012 is shown and compared to the results of other support instruments. Based on an analysis of different literature sources on the potentials of CHP and grid-connected heat supply, and a plant-specific consideration of power plants that are planned or under construction, the future expansion of CHP is estimated, taking into account the findings on CHP development in recent years. An analysis of the profitability of CHP plants is conducted for different plant sizes. An overview of instruments which involve CHP is provided (German CHP Act, German EEG, emissions trading) and on this basis recommendations for action are derived.		
17. Keywords Climate policy, energy policy, combined heat and power, CHP target, profitability, heat grids, pipeline length, potentials, renewable energies, CHP Act, EEG, emissions trading, building of additional CHP plants, micro CHP		
18. Price	19.	20.

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	9
Abbildungsverzeichnis	13
1 Zusammenfassung	17
2 Executive summary	23
3 Einleitung	29
4 KWK-Strom- und Wärmeerzeugung 2003 bis 2011	31
4.1 Kraftwerke der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft	31
4.1.1 <i>Ergebnisse der statistischen Erhebungen 066 und 067.....</i>	<i>31</i>
4.1.2 <i>Im Zeitraum 2009-2012 neu in Betrieb genommene fossil gefeuerte Kraft- und Heizkraftwerke mit einer elektrischen Bruttoleistung größer 10 MW.....</i>	<i>35</i>
4.2 Fossil betriebene KWK-Anlagen außerhalb der statistischen Erhebungen 066 und 067.....	38
4.3 Biogen betriebene KWK-Anlagen.....	42
4.4 Zusammenfassung.....	48
5 Netzgebundene Wärmeversorgung	55
5.1 Wärmeerzeugung	56
5.2 Trassenlängen.....	58
5.3 Fernwärmeversorgung von Neubauten.....	60
6 KWKG-Förderung 2009-2012.....	62
6.1 Förderung von KWK-Anlagen	62
6.1.1 <i>Angaben zur erfolgten Förderung</i>	<i>62</i>
6.1.2 <i>Einordnung der Förderung in die gegenwärtige Entwicklung.....</i>	<i>64</i>
6.2 Förderung von Wärmenetzen.....	64
6.2.1 <i>KWKG-Förderung 2009-Oktober 2012.....</i>	<i>64</i>
6.2.2 <i>Weitere Förderinstrumente.....</i>	<i>67</i>
6.2.3 <i>Einordnung der KWKG-Förderung</i>	<i>69</i>
7 Zukünftiger KWK-Ausbau	71
7.1 KWK-Potenziale	71
7.1.1 <i>Strom- und Wärmeerzeugung</i>	<i>72</i>

7.1.2	Netzgebundene Wärmeversorgung	77
7.1.2.1	Ergebnisse aus den Potenzialstudien.....	79
7.1.2.2	Ergebnisse der Ausbauszenarien	80
7.1.3	Zusammenfassende Ergebnisse zum KWK-Potenzial.....	82
7.2	In Bau und Planung befindliche und geplante Kraft- und Heizkraftwerke mit einer elektrischen Bruttoleistung größer 10 MW	84
7.3	Fazit zur Abschätzung des zukünftigen KWK-Ausbaus	89
8	Wirtschaftlichkeitsanalysen	91
8.1	Vorbemerkungen	91
8.2	Veränderungen der KWK-relevanten wirtschaftlichen Rahmenbedingungen.....	92
8.3	Politische Rahmenbedingungen: Das KWKG 2012	104
8.4	Wirtschaftliche Bewertung der KWK gemäß KWKG 2012	110
8.4.1	Annahmen der Wirtschaftlichkeitsrechnung	110
8.4.2	Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen	121
8.4.2.1	Referenzfall	121
8.4.2.2	Ergebnisse unter günstigeren Randbedingungen	124
8.4.2.3	Zur Bewertung der Ergebnisse	124
9	Instrumente mit Bezug zur KWK.....	129
9.1	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG).....	129
9.2	Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)	132
9.3	EU-Energieeffizienz-RL	136
9.4	Emissionshandel	138
9.5	Energiesteuer	140
9.6	Stromsteuer	142
9.7	Stromnetzentgeltverordnung (StromNEV)	143
9.8	Energieeinsparverordnung (EnEV)	143
9.9	Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG).....	144
9.10	Mini-KWK-Investitionsförderung.....	145
9.11	Markanreizprogramm für Erneuerbare Energien (MAP)	147
9.12	EU-Richtlinien zu Ökodesign und Energieverbrauchskennzeichnung.....	148
9.13	Blauer Engel.....	149
10	Handlungsempfehlungen.....	150
10.1	Derzeitige Situation der KWK.....	150

10.2	Zukünftige Rolle der KWK.....	151
10.3	Empfehlungen	152
11	Literatur	155

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1	Im Rahmen des KWKG geförderte KWK-Anlagen (Neuerrichtungen + Modernisierungen) nach Leistungsklassen und Inbetriebnahmejahr	18
Tabelle 1-2:	Aufteilung des Wärmenetzausbaus nach den jeweils primär verantwortlichen Förderrahmen	19
Tabelle 1-3	Referenzfall mit KWK-Förderung nach KWKG 2012: Barwert neuer KWK-Anlagen nach CO ₂ -Preis und Jahresvollbenutzungstunden bei einem Zins von 8 %	21
Table 2-1	Plants supported under the CHP Act (new plants + modernisations) according to capacity size and first year of operation	24
Table 2-2:	Distribution of heat grid expansion according to the support provisions primarily responsible for this expansion.....	25
Table 2-3	Reference case with CHP support in accordance with CHP Act 2012: net present value of new CHP plants according to CO ₂ price and annual full load hours with an interest rate of 8 %.....	27
Tabelle 4-1	Gesamt- und KWK-Stromerzeugung der Allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft, 2003 - 2011	33
Tabelle 4-2	KWK-Anteile der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft basierend auf der gesamten Nettostromerzeugung nach der Statistik, 2003 – 2011	34
Tabelle 4-3	Gesamtnutzungsgrad der Anlagen der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft, 2003 - 2011	35
Tabelle 4-4	Im Zeitraum 2009 und 2012 neu in kommerziellen - bzw. in Probebetrieb gegangene, fossil betriebene Kraft- und Heizkraftwerke bzw. modernisierte Anlagenkomponenten mit einer elektrischen Bruttoleistung von mehr als 10 MW (Stand 31.12.12).....	37
Tabelle 4-5	Entwicklung des Bestands fossil betriebener BHKW, 1986-2011	41
Tabelle 4-6	KWK-Strom- und Wärmeerzeugung fossiler BHKW unter 1 MW elektrischer Leistung nach dem Bestandsmodell	42
Tabelle 4-7	Stromerzeugung aus biogenen Energieträgern, 2003 - 2011	43
Tabelle 4-8	Nach dem EEG vergütete Stromerzeugung aus Biomasse.....	44
Tabelle 4-9	Nach dem EEG vergütete Stromerzeugung aus Biomasse, 2006-2010.....	44

Tabelle 4-10	KWK-Anteil der nach dem EEG vergüteten Stromerzeugung aus Biomasse, 2006-2009	45
Tabelle 4-11	Gesamte KWK-Stromerzeugung aus biogenen Anlagen, 2006 - 2010.....	47
Tabelle 4-12	KWK-Stromerzeugung aus biogenen Anlagen außerhalb der statistischen Erfassung der Erhebungen 066+067, 2006-2010	47
Tabelle 4-13	KWK-Wärmeerzeugung aus biogenen Anlagen außerhalb der statistischen Erfassung der Tabellen 066+067, 2006-2010	48
Tabelle 4-14	KWK-Stromerzeugung nach Brennstoffarten.....	51
Tabelle 4-15	Berechnung der KWK-Anteile an der Gesamtstromerzeugung, 2003-2011	53
Tabelle 4-16	Installierte elektrische Leistung (gesamt und KWK) im Jahr 2010	54
Tabelle 4-17	KWK-Stromerzeugung nach Anlagenarten.....	54
Tabelle 5-1	MAP-Förderung von Wärmenetzen, die in der amtlichen Statistik nicht erfasst worden sind, 2004-2010	60
Tabelle 6-1	Im Rahmen des KWKG geförderte KWK-Anlagen (Neuerrichtungen + Modernisierungen) nach Leistungsklassen und Inbetriebnahmejahr	63
Tabelle 6-2	Im Rahmen des KWKG geförderte KWK-Stromerzeugung	63
Tabelle 6-3	Förderungen von Wärmenetzen im Rahmen des KWKG, 2009-2012 (Stand 12.10.12).....	65
Tabelle 6-4	Netzlänge nach Art der Bautätigkeit und eingesetzten Brennstoffen, 2009-2010	66
Tabelle 6-5	Förderung von Wämenetzneubauten durch das KWKG nach Brennstoff und Trassenmeterlänge, 2009-2010	66
Tabelle 6-6	Gegenüberstellung der Wärmenetzförderung von MAP 2009 und KWKG 2009.....	68
Tabelle 6-7:	Aufteilung des Wärmenetzausbaus nach den jeweils primär verantwortlichen Förderrahmen	70
Tabelle 7-1	Spannbreiten der Potenziale der KWK-Strom- und Wärmeerzeugung, 2020, 2030, 2050	74
Tabelle 7-2	Ausgewertete Studien zur Fernwärmeversorgung.....	78
Tabelle 7-3	In Bau befindliche fossil gefeuerte Kraft- und Heizkraftwerke größer 10 MW _{el.} brutto (Stand 31.12.12).....	86

Tabelle 7-4	In Planung befindliche fossil gefeuerte Kraft- und Heizkraftwerke größer 10 MW _{el} brutto (Stand 31.12.12).....	88
Tabelle 8-1	Politische Rahmenbedingungen und ihre Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit von KWK-Anlagen.....	91
Tabelle 8-2	Wirtschaftliche Rahmenbedingungen und ihre Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit von KWK-Anlagen.....	92
Tabelle 8-3	Regelungen nach dem Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz) vom 12.07.2012.....	106
Tabelle 8-4	Förderung von KWK-Anlagen bis 20 kW _{el} nach der Richtlinie vom 17. Januar 2012 für Antragseingänge im Jahr 2012 und 2013 (20 kW, 5 kW)	110
Tabelle 8-5	Gewichtete Zuschlagzahlungen gemäß KWKG 2012 nach Leistungsklassen der Anlagen	113
Tabelle 8-6	Absoluter Vergleich der KWKG-Novelle vom Juli 2012 gegenüber der Vorgängerregelung in Abhängigkeit von der Anlagengröße, der Jahresvollbenutzungsdauer sowie dem Zinssatz.....	114
Tabelle 8-7	Barwerte der Förderung nach der KWKG-Novelle vom Juli 2012 in Abhängigkeit von der Anlagengröße, der Jahresvollbenutzungsdauer sowie dem Zinssatz	115
Tabelle 8-8	Annahmen für die Wirtschaftlichkeitsrechnungen neuer KWK-Anlagen	120
Tabelle 8-9	Referenzfall ohne KWK-Förderung: Kapitalwert neuer KWK-Anlagen nach Zinssatz, CO ₂ -Preis und Jahresvollbenutzungsstunden	122
Tabelle 8-10	Referenzfall mit KWK-Förderung nach KWKG 2012: Barwert neuer KWK-Anlagen nach CO ₂ -Preis und Jahresvollbenutzungsstunden bei einem Zins von 8 %	123
Tabelle 8-11	Günstige Variante ohne KWK-Förderung: Kapitalwert neuer KWK-Anlagen nach Zinssatz, CO ₂ -Preis und Jahresvollbenutzungsstunden	126
Tabelle 8-12	Günstige Variante mit KWK-Förderung: Kapitalwert neuer KWK-Anlagen nach Zinssatz, CO ₂ -Preis und Jahresvollbenutzungsstunden	127
Tabelle 9-1	Vergütungssätze des Erneuerbare-Energien-Gesetzes 2009 für Biomasse-Anlagen sowie Deponiegas, Klärgas und Grubengas	133

Tabelle 9-2	Vergütungssätze des Erneuerbare-Energien-Gesetzes 2012 für Biomasse-Anlagen sowie Deponiegas, Klärgas und Grubengas	134
Tabelle 9-3	Besteuerung von Brennstoffen für Einsatz in Heizanlagen, Kraftwerken und KWK-Anlagen sowie von Strom, Stand 2011	141
Tabelle 9-4	Fördersätze für Mini-KWK-Anlagen (BMU-Richtlinie 2012)	146
Tabelle 9-5	Vergabekriterien des Blauen Engel für gasbetriebene BHKW.....	149

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1	Entwicklung der KWK-Stromerzeugung 2003-2011	17
Abbildung 1-2	Box-Plot für die Potenziale der KWK-Stromerzeugung, 2009-2050	19
Figure 2-1	Development of CHP power generation in Germany, 2003-2011	23
Figure 2-2	Box-plot for the potentials of CHP power generation in Germany, 2009-2050	26
Abbildung 4-1	Installierte elektrische Leistung von fossil betriebenen BHKW 1986 – 2011	40
Abbildung 4-2	Nach dem EEG vergüteter KWK-Strom 2006-2010.....	46
Abbildung 4-3	KWK-Stromerzeugung in Deutschland, 2003-2011	49
Abbildung 4-4	Entwicklung der biogenen KWK-Stromerzeugung, 2003-2011	50
Abbildung 4-5	KWK-Wärmeerzeugung in Deutschland, 2003-2011	52
Abbildung 5-1	Installierte Wärmeleistung für Fernwärme; Gegenüberstellung der Angaben von AGFW und BMWi, 2000-2010.....	57
Abbildung 5-2	Fernwärmeerzeugung und KWK-Anteil 2003-2009	58
Abbildung 5-3	Entwicklung der im Rahmen der AGFW-Mitgliederbefragung erfassten Wärmenetz-Trassenlänge in Deutschland, 2000- 2010	59
Abbildung 5-4	Anteil Gebäude mit Fernwärme als Heizenergie an der Gesamtanzahl genehmigter Gebäude	61
Abbildung 6-1	Wärmenetzförderung durch das MAP, 2004-2011	68
Abbildung 7-1	Box-Plot für die Potenziale der KWK-Stromerzeugung, 2009-2050	74
Abbildung 7-2	Box-Plot für die Potenziale der KWK-Wärmeerzeugung, 2009-2050.....	75
Abbildung 7-3	Nachfragekorridor für netzgebundene Wärme, wie er sich aus den betrachteten Ausbauszenarien (mit und ohne Laufzeitverlängerung) bis 2050 ergibt.....	82
Abbildung 8-1	Weltmarktpreise für Rohöl (Brent) von 2005 bis August 2012.....	93
Abbildung 8-2	Welt-Rohölpreise, Rohölimportpreise sowie Wechselkurse in Deutschland von 2000 bis September 2012	94

Abbildung 8-3	Rohöl-, Erdgas- und Kohlenimportpreise von 2000 bis September 2012	95
Abbildung 8-4	Erdgas Spotmarktpreise NCG von Anfang 2010 bis Ende Juli 2012	96
Abbildung 8-5	Erdgas Futures an der EEX für Lieferzeitraum Januar 2014	96
Abbildung 8-6	Entwicklung der Weltmarktpreise für Rohöl und Kohlen von 2007 bis Oktober 2012.....	97
Abbildung 8-7	Grenzübergangswerte für Steinkohlenimporte vom 1. Quartal 2000 bis zum 2. Quartal 2012.....	98
Abbildung 8-8	Kohle Futures an der EEX 2011 und 2012 für Lieferzeit Januar 2014	99
Abbildung 8-9	Annahmen der IEA zur künftigen Entwicklung der Preise fossiler Energieträger von 2010 bis 2035	99
Abbildung 8-10	Durchschnittlicher Preis für Grundlaststrom an der Strombörse EEX vom 1. Quartal 2005 bis zum 3. Quartal 2012	100
Abbildung 8-11	Strom-Futures für die Lieferzeitraum Januar 2013 und 2015 von Anfang 2010 bis Oktober 2012	101
Abbildung 8-12	CO ₂ Spotpreise an der EEX von 2008 bis Oktober 2012.....	102
Abbildung 8-13	CO ₂ -Futures für die Lieferzeit Dezember 2014 von Juli 2010 bis August 2012	103
Abbildung 8-14	Erzeugerpreisindizes für Erdgas, leichtes Heizöl und Fernwärme in Deutschland von Januar 2000 bis September 2012	104
Abbildung 8-15	Relative Veränderungen der Barwerte zwischen der KWKG-Novelle vom Juli 2012 und dem KWKG 2009 in Abhängigkeit von der Jahresvollbenutzungsdauer und Zins	107
Abbildung 8-16	Absolute Veränderungen der spezifischen Barwerte zwischen der KWKG-Novelle 2012 und dem KWKG-2009 als Funktion von Anlagengröße und Jahresvollbenutzungsdauer bei einem Zins von 8 %.....	108
Abbildung 8-17	Absolute Veränderungen der spezifischen Barwerte zwischen der KWKG-Novelle 2012 und dem KWKG-2009 als Funktion von Anlagengröße und Jahresvollbenutzungsdauer bei einem Zins von 12 %.....	109
Abbildung 8-18	Entwicklung der Anlagekosten für Kraftwerke	112

Abbildung 8-19	Entwicklung des Wärmebenchmarks bei KWK-Anlagen zur Ermittlung der kostenfreien Zuteilung im Rahmen des europaweiten Emissionshandels von 2013 an.....	116
Abbildung 8-20	Halbjährliche Entwicklung der Großhandels- und Endverbrauchspreise für Erdgas sowie des Ansatzes für die anlegbaren Wärmeerlöse von KWK-Anlagen, 2000-2010	118

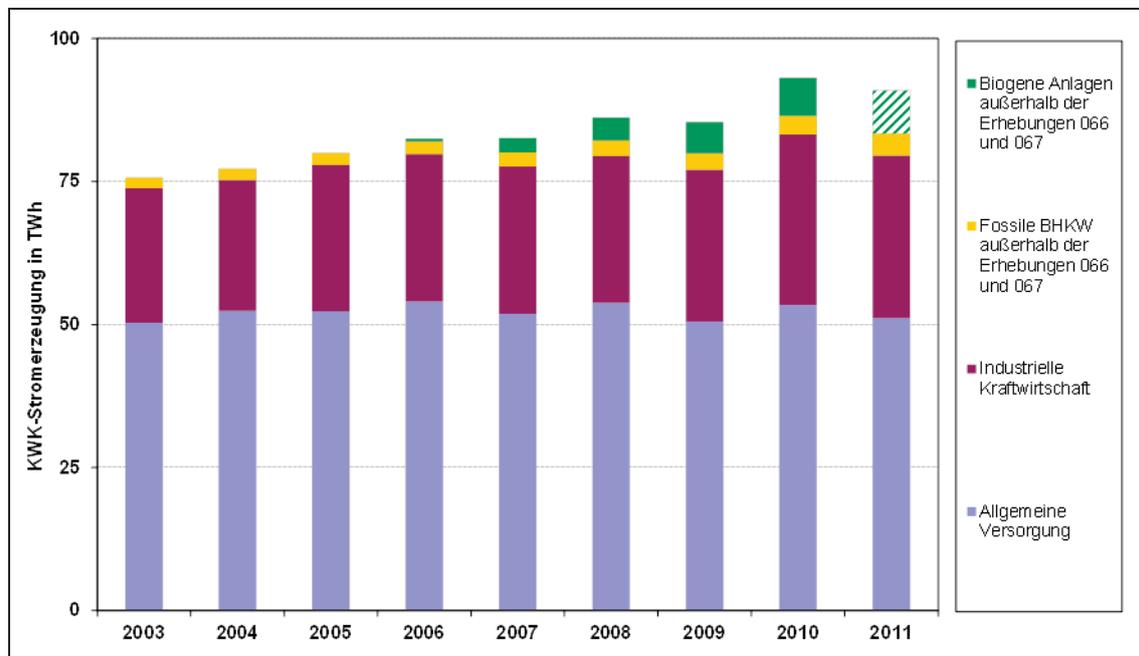
1 Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse des Forschungsvorhabens zusammen, dessen Ziel es war, Informationen und Einschätzungen zur Situation der KWK in Deutschland und deren zukünftiger Entwicklung zu geben. Diese wurden insbesondere benötigt vor dem Hintergrund des im Rahmen des im Integrierten Energie- und Klimaschutzprogramm der Bundesregierung (IEKP) formulierten Ziels, den Anteil an KWK-Strom an der Gesamtstromerzeugung von 12,5 auf 25 % bis zum Jahr 2020 zu verdoppeln. Außerdem dienen die hier zusammengestellten Informationen als Basis für die Novelle des KWKG in den Jahren 2011 und 2012.

Ausgehend von den sich abzeichnenden Entwicklungen in den vergangenen Jahren, werden in diesem Bericht der zukünftige Ausbau abgeschätzt, Wirtschaftlichkeitsanalysen durchgeführt, Instrumente zur Förderung der KWK eruiert und beschrieben und schließlich Handlungsempfehlungen ausgesprochen.

Zuerst wird die Entwicklung der KWK-Strom- und Wärmeerzeugung in den Jahren 2003 bis 2011 detailliert untersucht. Dabei stützt sich die Analyse auf die Methodik des KWK-Monitorings (Öko-Institut 2012): Die KWK-Erzeugung in der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft auf Basis der Daten des Statistischen Bundesamtes (StBA) wird dabei ergänzt um die der kleinen fossilen BHKW unter 1 MW und den biogenen KWK-Anlagen, die nicht in den Erhebungen 066 und 067 des StBA enthalten sind. Insgesamt zeigt sich eine Steigerung der KWK-Stromerzeugung von 2003 auf 2011 von 75,6 TWh auf 91 TWh, also um 20 % (Abbildung 1-1).

Abbildung 1-1 Entwicklung der KWK-Stromerzeugung 2003-2011



Quellen: StBA (Erhebungen 066 und 067); BHKW-Umfrage der Öko-Instituts, BMU 2012a, BNA 2012.

Die industrielle KWK ist in diesem Zeitraum nahezu kontinuierlich gestiegen, verantwortlich für diesen Anstieg ist aber vor allem die biogene KWK außerhalb der Erhebungen 066 und 067 des StBA. Der KWK-Anteil, bezogen auf die gesamte Netto-Stromerzeugung, ist dabei von 13,4 auf 15,9 % angestiegen. Die installierte KWK-Leistung betrug im Jahr 2010 insgesamt 28,5 GW_{el}.

Ergänzend wird im Kapitel 4 die Entwicklung der netzgebundenen Wärmeversorgung analysiert. Die installierte Fernwärmeleistung ist danach zwischen den Jahren 2000 und 2010 bei etwa 50 GW_{th} relativ konstant geblieben, ebenso wie der damit verbundene KWK-Anteil, der bei rund 70 % liegt.

Nach dem KWKG wurden von 2009 bis 2012 die Neuerrichtung oder Modernisierung von gut 13.000 Anlagen mit einer installierten KWK-Nettoleistung von knapp 2,3 GW_{el} gefördert (Tabelle 1-1).

Tabelle 1-1 Im Rahmen des KWKG geförderte KWK-Anlagen (Neuerrichtungen + Modernisierungen) nach Leistungsklassen und Inbetriebnahmejahr

Leistungsklasse	2009		2010		2011		2012		2009-2012	
	Anzahl	MW _{el}	Anzahl	MW _{el}						
Gesamt	5.145	546	3.528	794	4.672	583	5.342	381	18.687	2.304
<= 10 kW _{el}	3.349	18	2.011	10	2.746	11	3.421	13	105	1.735
> 10 <= 50 kW _{el}	1.486	38	1.132	31	1.486	40	1.469	39	1.483	630
> 50 kW _{el} <= 2 MW _{el}	286	121	359	138	417	175	434	186	187	301
> 2 <= 100 MW _{el}	23	229	26	615	22	173	18	143	123	100
> 100 MW _{el}	1	140	0	0	1	184	0	0	459	143

Quelle: Aufbereitung des UBA auf Basis der Daten des BAFA.

Im Jahr 2011 wurde durch das KWKG eine KWK-Stromerzeugung von 7,4 TWh gefördert, gut 8 % der gesamten KWK-Stromerzeugung. Da es sich bei der geförderten elektrischen Nettoleistung von knapp 2,3 GW_{el} innerhalb der vier Jahre von 2009-2012 zum Teil auch um den Ersatz von Altanlagen handelt, fällt auf, dass bei einer installierten KWK-Gesamtleistung von insgesamt 28,5 GW_{el} im Jahr 2010 kein erheblicher Zubau an KWK-Leistung eingetreten sein kann.

Von 2009 bis Oktober 2012 wurden 1.816 Wärmenetze mit einer Trassenlänge von 1.479 km gefördert, wobei der Netzneubau (bezogen auf die Trassenlänge) vor allem im Kontext der Wärmebereitstellung aus biogenen Energieträgern stand, insgesamt jedoch Erdgas und (im Jahr 2009) auch Steinkohle überwogen. Wärmenetze wurden auch über das Marktanzreizprogramm (MAP) gefördert, zwischen 2009 und 2011 auch parallel zum KWKG. Wenn zusätzlich berücksichtigt wird, dass der Ausbau der biogenen Wärmenetze vor allem durch das EEG initiiert wurde und damit die biogenen Trassenlängen eher indirekt dem EEG zugeordnet werden müssten, ergibt sich daraus, dass über die drei Jahre zusammen die durch das MAP geförderte Neubau-Trassenlänge anderthalb mal größer ist als die durch das KWKG geförderte Länge. Dabei haben sich die Zahlen der drei Instrumente jährlich weiter angeglichen, so dass im Jahr 2011 nahezu eine Gleichverteilung vorliegt (Tabelle 1-2).

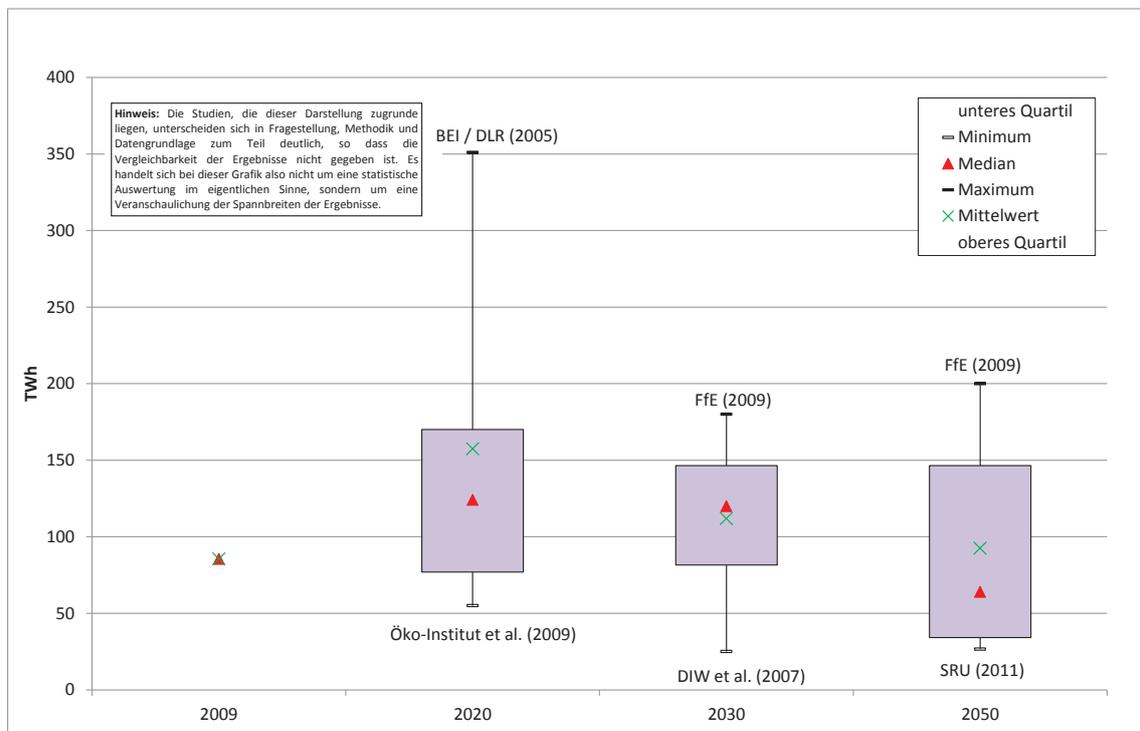
Tabelle 1-2: Aufteilung des Wärmenetzausbaus nach den jeweils primär verantwortlichen Förderrahmen

	Aus dem jeweiligen Rechtsrahmen induzierter Netzausbau in km				
	2008	2009	2010	2011	Gesamt
Gesamt	153	981	953	1055	3.142
KWKG		185	349	373	907
MAP	153	717	421	372	1.663
EEG		79	183	310	572

Quelle: eigene Berechnungen.

Für die Abschätzung des zukünftigen KWK-Ausbaus wurden zwei verschiedene Methoden verwendet: Zum einen eine umfangreiche Literaturrecherche zu Potenzialen der KWK-Strom- und Wärmeenerzeugung und zu den Potenzialen netzgebundener Wärme, zum anderen eine anlagenscharfe Betrachtung. Dargestellt werden die Ergebnisse der Literaturrecherche in Form von Box-Plots, die die Extrema sowie Mittelwerte als auch Mediane angeben. Die Ergebnisse zeigen generell eine hohe Unsicherheit bezüglich der Potenziale, denn die Bandbreiten der Ergebnisse sind sehr groß. Bezieht man sich auf die Mediane der Potenziale der KWK-Stromerzeugung, zeigt sich bis 2020 ein steigender (auf 124 TWh) und dann ein stark fallender Trend (auf 64 TWh im Jahr 2050). Ähnlich verhalten sich dazu die Mediane zur KWK-Wärme, jedoch mit einem schwächer sinkenden Trend ab 2020. Die Mediane der netzgebundenen Wärme zeigen einen sinkenden Trend bis 2050. Beispielhaft ist in Abbildung 1-2 der Box-Plot für die KWK-Stromerzeugung dargestellt.

Abbildung 1-2 Box-Plot für die Potenziale der KWK-Stromerzeugung, 2009-2050



Quelle: Eigene Darstellung.

Auf Basis einer anlagenscharfen Untersuchung der in Bau befindlichen und geplanten Anlagen ab einer elektrischen Bruttoleistung von 10 MW_{el} wird eine KWK-Stromerzeugung von 10-15 TWh abgeschätzt. Bei diesen Anlagen muss davon ausgegangen werden, dass sie auch zum Ersatz von Altkapazitäten dienen und damit nur ein Teil der KWK-Strommenge als zusätzlich gewertet werden kann. Das Ziel eines KWK-Anteils von 25 % im Jahr 2020 korrespondiert mit einer Stromerzeugung von etwa 135 TWh. Insgesamt lässt sich, auch mit Blick auf die Entwicklung in den letzten Jahren, schlussfolgern, dass sich die Entwicklung der KWK-Stromerzeugung nicht auf dem Zielpfad befindet.

Ein weiterer Schwerpunkt des Vorhabens war die detaillierte Analyse der wirtschaftlichen Situation der KWK-Anlagen unter Berücksichtigung der Novellen des KWKG 2011 und 2012. Die wirtschaftliche Bewertung erfolgt dabei durch die Berechnung von Barwerten und mit Hilfe von Sensitivitätsanalysen für zahlreiche Anlagengrößen. Dabei wird jeweils ein Referenzfall und ein günstiger Fall untersucht, mit und ohne KWKG Förderung. Beispielhaft sind die Ergebnisse zu den Barwerten für den Referenzfall mit Förderung durch das KWKG in Tabelle 1-3 dargestellt. Positive Barwerte (hier grün unterlegt) signalisieren einen wirtschaftlichen Betrieb; umgekehrt wird bei negativen Werten die Wirtschaftlichkeitsschwelle nicht überschritten.

Tabelle 1-3 Referenzfall mit KWK-Förderung nach KWKG 2012:
Barwert neuer KWK-Anlagen nach CO₂-Preis
und Jahresvollbenutzungsstunden bei einem Zins von 8 %

Angaben in Mio. Euro		KWK auf Erdgasbasis								Steinkohle
		Installierte Leistungen in MW _{el}								
h/a	Fall	0,005	0,05	0,17	2	30	100	400	800	320
Barwerte bei einem Zinssatz von 8 %										
2500	0 Euro/t CO ₂	-0,019	-0,105	-0,223	-0,9	-31,2	-94	-251	-539	-503
3000		-0,015	-0,086	-0,171	-0,4	-29,2	-87	-237	-528	-309
3500		-0,012	-0,067	-0,121	0,1	-27,4	-81	-226	-521	-117
4000		-0,008	-0,048	-0,072	0,6	-25,6	-76	-216	-518	74
4500		-0,004	-0,031	-0,025	1,1	-24,0	-70	-207	-517	263
5000		-0,001	-0,013	0,022	1,6	-22,5	-65	-200	-518	452
2500	15 Euro/t CO ₂	-0,018	-0,092	-0,179	-0,4	-28,7	-84	-213	-429	-694
3000		-0,014	-0,070	-0,118	0,2	-26,2	-75	-192	-395	-479
3500		-0,010	-0,049	-0,059	0,8	-23,8	-67	-173	-366	-266
4000		-0,006	-0,028	-0,002	1,4	-21,6	-59	-155	-341	-54
4500		-0,002	-0,007	0,055	2,0	-19,5	-52	-139	-318	156
5000		0,002	0,013	0,110	2,6	-17,4	-44	-124	-297	366
2500	25 Euro/t CO ₂	-0,017	-0,084	-0,150	-0,1	-27,0	-77	-188	-355	-821
3000		-0,013	-0,060	-0,083	0,6	-24,1	-67	-161	-307	-592
3500		-0,008	-0,037	-0,018	1,3	-21,4	-57	-137	-263	-365
4000		-0,004	-0,014	0,045	2,0	-18,9	-48	-115	-223	-139
4500		0,000	0,008	0,107	2,7	-16,4	-39	-94	-185	85
5000		0,004	0,030	0,169	3,3	-14,0	-30	-73	-149	309
2500	35 Euro/t CO ₂	-0,016	-0,075	-0,120	0,3	-25,3	-70	-163	-281	-948
3000		-0,012	-0,049	-0,047	1,0	-22,1	-58	-131	-218	-705
3500		-0,007	-0,024	0,023	1,8	-19,1	-47	-102	-160	-464
4000		-0,003	0,000	0,092	2,5	-16,2	-37	-74	-105	-225
4500		0,001	0,024	0,160	3,3	-13,4	-27	-48	-53	14
5000		0,005	0,047	0,227	4,0	-10,7	-17	-23	-2	252

Quelle: Eigene Berechnungen.

Durch die KWKG-Förderung erreichen zunächst vor allem die kleineren Anlagen bis 2 MW den Bereich der Wirtschaftlichkeit. Größere Anlagen auf Erdgasbasis zeigen in dieser Untersuchung im Referenzfall keine positiven Barwerte auf. Tendenziell verbessern sich aber in allen Konstellationen die wirtschaftlichen Aussichten bei höheren Jahresvollbenutzungsstunden sowie bei steigenden CO₂-Zertifikatspreisen. Es wird gezeigt, dass die Novelle des KWKG 2011 zwar eine deutliche Verbesserung der wirtschaftlichen Situation für KWK-Anlagen mit niedrigen Vollbenutzungsstunden bewirkt hat, sich jedoch unter 3.500 Stunden nur im günstigen Fall ein wirtschaftlicher Betrieb darstellen lässt. Durch die vergleichende Betrachtung der günstigen Rahmenbedingungen wird dargestellt, dass insbesondere die Annahmen zu den Wärme- und Stromerlösen sowie ihr Verhältnis zu den Brennstoffinputpreisen von herausragender Bedeutung für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit sind.

Im Kapitel 9 werden alle Instrumente, die einen Bezug zur KWK haben, detailliert beschrieben. Insgesamt werden 13 Instrumente identifiziert, eine breite Palette, die das Spannungsfeld der KWK eindrücklich abbildet. Als wichtigste Instrumente sind das

KWKG und das EEG zu nennen, wobei insbesondere letzteres eine erhebliche Dynamik in der KWK-Stromerzeugung bewirkt hat. Weitere direkte Förderung der KWK erfolgen durch die EU-Energieeffizienzrichtlinie und die Mini-KWK-Investitionsförderung. Eher indirekte Förderungen ergeben sich durch den Emissionshandel, die Energie- und Stromsteuer, die Stromnetzentgeltverordnung, die Energieeinsparverordnung, das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz, das Marktanzreizprogramm, die EU-Richtlinien zu Ökodesign und Energieverbrauchskennzeichnung sowie den Blauen Engel.

Die abschließenden Handlungsempfehlungen basieren darauf, dass sich die Rolle der KWK in dem wandelnden Energiesystem mit einem zunehmenden Anteil von erneuerbaren Energien ebenfalls verändern wird und muss. Der CO₂-Vorteil von fossilen KWK-Anlagen sinkt von Jahr zu Jahr mit der zunehmenden Stromerzeugung auf Basis erneuerbarer Energien. Als vorteilhafter Aspekt für die fossile KWK tritt dafür in Zukunft verstärkt die Bereitstellung der Residuallast in den Vordergrund. Deshalb sollten KWK-Anlagen in naher Zukunft verstärkt die Möglichkeit zum flexiblen Einsatz bieten, um positive und negative Regelleistung zur Verfügung zu stellen. Dafür ist eine Einbindung der KWK-Anlagen in einen Systemverbund (Wärmespeicher, Netze und solarthermische Anlagen) erforderlich. Durch die geringen Strompreisdifferenzen auf dem Strommarkt ist – ergänzend zur Förderung der gekoppelten Stromerzeugung – auch über eine gezielte Förderung der Bereitstellung von Kapazitäten nachzudenken.

Mit der im Jahr 2014 zu erfolgenden Zwischenüberprüfung wird das KWKG dahingehend untersucht, ob es die Erreichung des KWK-Ziels in geeignetem Maße unterstützt. Es werden in den Handlungsempfehlungen dieses Berichtes einige zusätzliche Aspekte angeregt, die detailliert betrachtet werden sollten, wie die wirtschaftliche Situation in den verschiedenen Einsatzbereichen der KWK und der Effizienz der KWK-Anlagen, auch im Kontext des Kriteriums der Hocheffizienz. Auch sollte eine Untersuchung dahingehend erfolgen, ob das KWKG in der derzeitigen Ausgestaltung die Entwicklung der neuen Rolle der KWK bereits angemessen begleitet, und welche Rolle die biogene KWK spielen wird. Eine jährliche, ausführliche Erfassung der KWK-Strom- und Wärmeerzeugung wird als erforderlich angesehen, um die zielgerichtete Entwicklung der KWK-Erzeugung zu verfolgen.

Im Augenblick (Dezember 2012) ist noch zu wenig Zeit vergangen, um die Auswirkungen der Novelle des KWKG des Jahres 2012 detailliert einschätzen bzw. bewerten zu können.

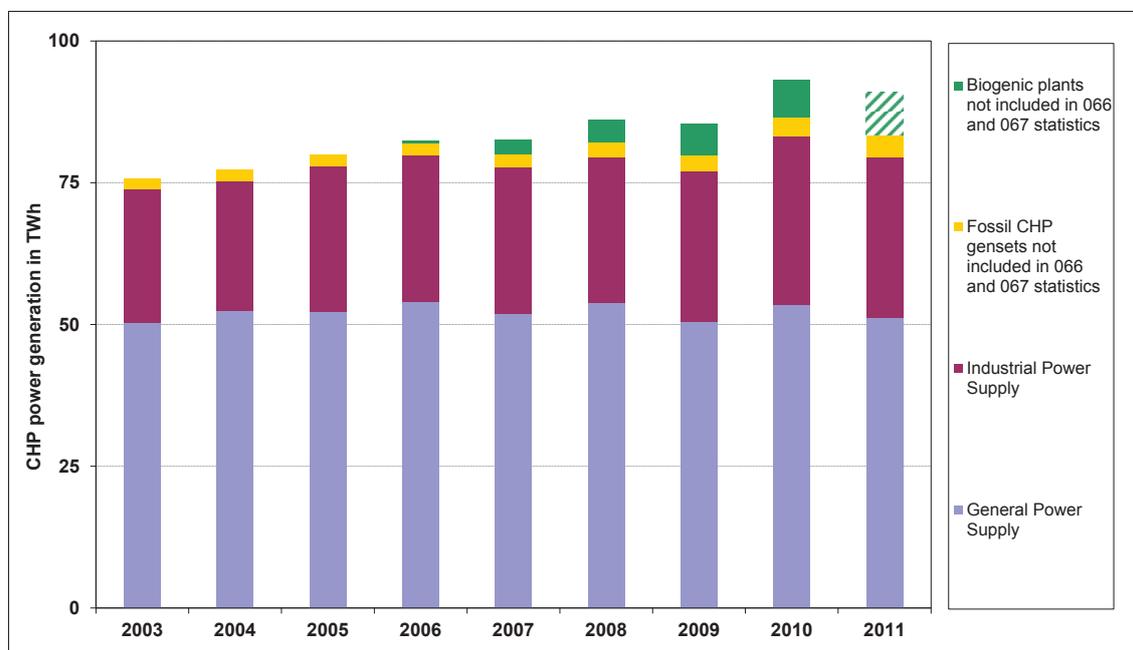
2 Executive summary

The present report summarizes the results of the research project, the goal of which was to provide information and estimations of the situation of combined heat and power (CHP) and its future development in Germany. This was considered particularly useful and necessary against the background of the target set by the German government's Integrated Energy and Climate Programme to double the share of CHP electricity in the total electricity generation from 12.5 % to 25 % by 2020. In addition the information gathered here served as a basis for the amendment of the German CHP Act in 2011 and 2012.

Based on developments which have been emerging in recent years, the future expansion of CHP is estimated, profitability analyses are conducted, support instruments for CHP are determined and described, and recommendations for action are provided.

Firstly the development of CHP power and heat generation in 2003 to 2011 is analysed in detail. The analysis is based on the methodology used for CHP monitoring (Öko Institut 2012): to the CHP generation related to the general power supply and the industrial power supply based on the data of the German Federal Statistical Office (StBA) are added the small fossil CHP gensets below 1 MW and the biogenic CHP plants, which are not included in the 066 and 067 statistics of the German StBA. Overall there is an increase in CHP power generation from 75.6 TWh in 2003 to 91 TWh in 2011, corresponding to approx. 20 % (Figure 2-1).

Figure 2-1 Development of CHP power generation in Germany, 2003-2011



Sources: StBA (066 and 067 statistics); survey of CHP gensets conducted by Öko Institut, BMU 2012a, BNA 2012.

Over this time period industrial CHP rose almost continually; however, this increase is chiefly due to biogenic CHP, which is not included in the 066 and 067 statistics provided by the German StBA. The CHP share, related to the total net power generation, rose from 13.4 % to 15.9 % from 2003 to 2011. The installed CHP capacity amounted overall to 28.5 GW in 2010.

In addition to this, the development of the grid-connected heat supply in Germany is analyzed in Chapter 4. The installed district heating capacity remained relatively constant between 2000 and 2010 at approx. 50 GW_{th}, as did the associated CHP share which amounts to approx. 70 %.

Supported by the German CHP Act approx. 13,000 plants with an installed net CHP capacity of approx. 2,3 GW were built or modernized from 2009 to 2012 (Table 2-1).

Table 2-1 Plants supported under the CHP Act (new plants + modernisations) according to capacity size and first year of operation

Leistungsklasse	2009		2010		2011		2012		2009-2012	
	Number	MW _{el}	Number	MW _{el}						
Gesamt	5.145	546	3.528	794	4.672	583	5.342	381	18.687	2.304
<= 10 kW _{el}	3.349	18	2.011	10	2.746	11	3.421	13	105	1.735
> 10 <= 50 kW _{el}	1.486	38	1.132	31	1.486	40	1.469	39	1.483	630
> 50 kW _{el} <= 2 MW _{el}	286	121	359	138	417	175	434	186	187	301
> 2 <= 100 MW _{el}	23	229	26	615	22	173	18	143	123	100
> 100 MW _{el}	1	140	0	0	1	184	0	0	459	143

Source: BAFA data edited by German Federal Environment Agency (UBA).

In 2011 CHP power generation amounting to 4.8 TWh – approx. 5 % of total CHP power generation – was supported by the German CHP Act. Since the net electrical capacity of approx. 2,3 GW_{el} which was supported during the four years from 2009 to 2012 also included the replacement of old plants, it is noticeable that no substantial increase in CHP capacity (building of new plants) can have taken place when the total installed CHP capacity in 2010 amounted to 28.5 GW_{el} overall.

From 2009 to October 2012 1,816 heat grids with a pipeline length of 1,479 km were supported, whereby the building of new grids (related to pipeline length) mainly involved heat supply from biogenic energy sources. Notwithstanding this, natural gas and (in 2009) hard coal predominated overall. Heat grids were also supported by the German Market Incentive Programme (MAP); between 2009 and 2011 this support was provided in parallel to that of the CHP Act. If the expansion of biogenic heat grids – above all initiated by the German Renewable Energy Sources Act (EEG) – is taken into account and the biogenic pipeline lengths indirectly have to be ascribed to the German EEG, it follows that the building of new pipeline lengths supported by the German MAP is one and a half times greater than that the pipeline length supported by the German CHP Act in these three years. The results of the three instruments (CHP Act, EEG and MAP) have further converged in this period, with the consequence that there is almost a uniform distribution in 2011 (Table 2-2).

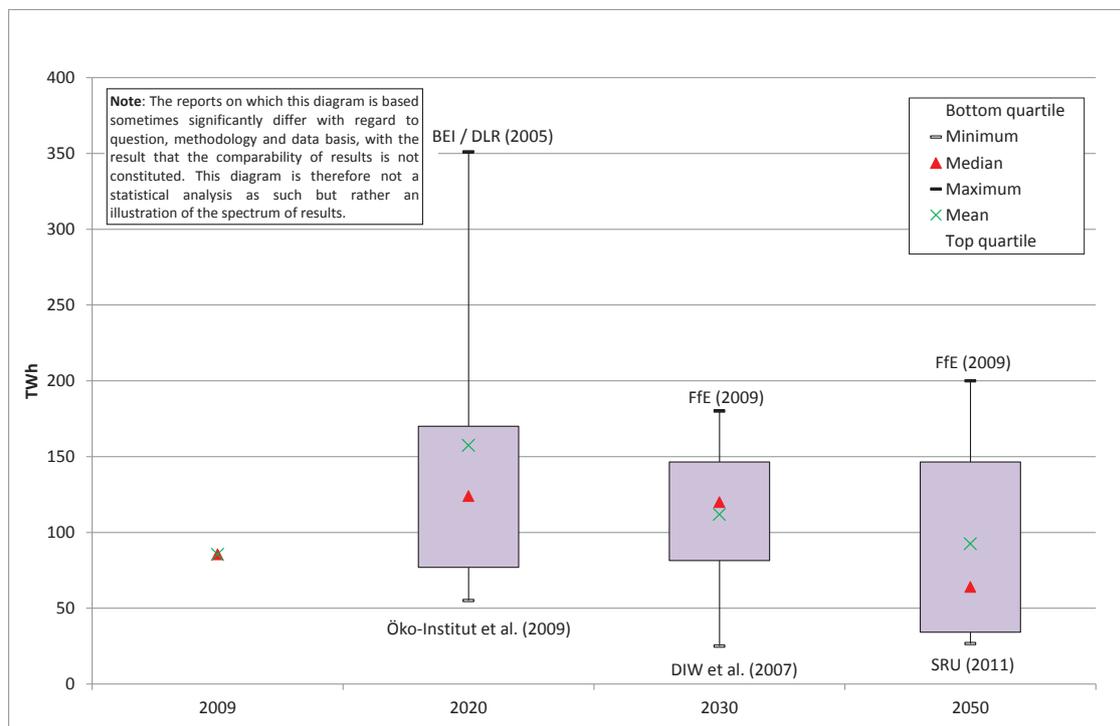
Table 2-2: Distribution of heat grid expansion according to the support provisions primarily responsible for this expansion

	Based on network expansion induced by regulatory framework in each case in km				
	2008	2009	2010	2011	Total
Total	153	981	953	1055	3,142
CHP Act		185	349	373	907
MAP	153	717	421	372	1,663
EEG		79	183	310	572

Source: Authors' own calculations.

To estimate the future CHP expansion in Germany two different methods were used: a comprehensive literature review of the potentials of CHP electricity and heat generation and the potentials of grid-connected heat, and a plant-specific consideration. The results of literature review are shown in the form of box-plots which specify the extremes, means and medians in each case. The results generally show a high uncertainty with regard to potentials since there is large range of results. If the medians of the potentials of CHP power generation are considered, there is an upward trend up to 2020 (to 124 TWh) and then a strong falling trend (to 64 TWh in 2050). The medians for CHP heat generation show similar trends, however with a weaker falling trend from 2020. The medians of the grid-connected heat generation show a falling trend up to 2050. The box-plot for CHP power generation is shown in Figure 2-2 as an example.

Figure 2-2 Box-plot for the potentials of CHP power generation in Germany, 2009-2050



Source: Authors' own diagram.

A CHP power generation of 10-15 TWh is estimated based on a plant-specific consideration of the plants that are planned or under construction which have an electrical capacity of 10 MW_{el} or more. With regard to these plants it has to be assumed that some of them serve to replace the old capacities, hence only a portion of this CHP electricity volume can be considered additional. The target to increase the CHP share in Germany to 25 % by 2020 corresponds to a power generation of approx. 135 TWh. Overall it can be concluded – also with a view to the development in recent years – that the development of CHP power generation in Germany is not on track to meeting the target.

An additional focus of the project was the detailed analysis of the economic situation of CHP plants in Germany, taking into account the amendments of the CHP Act in 2011 and 2012. The economic analysis is conducted based on a calculation of the net present values and with the help of sensitivity analyses for a number of different plant sizes. A reference case and a favourable case are examined for each plant size, with and without support provided by the German CHP Act. As an example, Table 2-3 shows the results for the net present values in the reference case with support from the CHP Act. Positive net present values (shown in green) indicate profitable operation while negative net present values signify that the profitability threshold has not been reached.

Table 2-3 Reference case with CHP support in accordance with CHP Act 2012: net present value of new CHP plants according to CO₂ price and annual full load hours with an interest rate of 8 %

In million Euro		Natural gas CHP								Hard coal
		Installed Capacity in MW _{el}								
h/a	Case	0.005	0.05	0.17	2	30	100	400	800	320
Net present value with 8 % interest rate										
2500	0 Euro/t CO ₂	-0.019	-0.105	-0.223	-0.9	-31.2	-94	-251	-539	-503
3000		-0.015	-0.086	-0.171	-0.4	-29.2	-87	-237	-528	-309
3500		-0.012	-0.067	-0.121	0.1	-27.4	-81	-226	-521	-117
4000		-0.008	-0.048	-0.072	0.6	-25.6	-76	-216	-518	74
4500		-0.004	-0.031	-0.025	1.1	-24.0	-70	-207	-517	263
5000		-0.001	-0.013	0.022	1.6	-22.5	-65	-200	-518	452
2500	15 Euro/t CO ₂	-0.018	-0.092	-0.179	-0.4	-28.7	-84	-213	-429	-694
3000		-0.014	-0.070	-0.118	0.2	-26.2	-75	-192	-395	-479
3500		-0.010	-0.049	-0.059	0.8	-23.8	-67	-173	-366	-266
4000		-0.006	-0.028	-0.002	1.4	-21.6	-59	-155	-341	-54
4500		-0.002	-0.007	0.055	2.0	-19.5	-52	-139	-318	156
5000		0.002	0.013	0.110	2.6	-17.4	-44	-124	-297	366
2500	25 Euro/t CO ₂	-0.017	-0.084	-0.150	-0.1	-27.0	-77	-188	-355	-821
3000		-0.013	-0.060	-0.083	0.6	-24.1	-67	-161	-307	-592
3500		-0.008	-0.037	-0.018	1.3	-21.4	-57	-137	-263	-365
4000		-0.004	-0.014	0.045	2.0	-18.9	-48	-115	-223	-139
4500		0.000	0.008	0.107	2.7	-16.4	-39	-94	-185	85
5000		0.004	0.030	0.169	3.3	-14.0	-30	-73	-149	309
2500	35 Euro/t CO ₂	-0.016	-0.075	-0.120	0.3	-25.3	-70	-163	-281	-948
3000		-0.012	-0.049	-0.047	1.0	-22.1	-58	-131	-218	-705
3500		-0.007	-0.024	0.023	1.8	-19.1	-47	-102	-160	-464
4000		-0.003	0.000	0.092	2.5	-16.2	-37	-74	-105	-225
4500		0.001	0.024	0.160	3.3	-13.4	-27	-48	-53	14
5000		0.005	0.047	0.227	4.0	-10.7	-17	-23	-2	252

Source: Authors' own calculations

With the support provided by the German CHP Act it is above all the smaller plants with a capacity of up to 2 MW which achieve profitability. Larger natural gas-fired plants show no positive net present values in the reference case in this consideration. However, the financial prospects of the plants tend to improve in all constellations with higher annual full load hours and increasing CO₂ emission allowance prices. It is shown that the amendment of the CHP Act in 2011 significantly improved the financial situation of CHP plants with low full load hours; however, plants which had 3,500 hours or less only achieved profitable operation in the favourable case. Through the comparative consideration of favourable framework conditions it is particularly evident that the assumptions of heat and electricity revenues and their relationship to fuel input prices are of crucial significance in the profitability analysis.

In the subsequent chapter all instruments in Germany which involve CHP are described in detail. Overall 13 instruments are identified, which are broad in range. The most important instruments in this field are the German CHP Act and the German Renewable Energy Sources Act (EEG) – the latter has been particularly dynamic in terms

of CHP power generation. Further direct support of CHP is provided by the EU Energy Efficiency Directive and micro-CHP investment support. Indirect promotion is also provided by the EU Emissions trading Scheme (EU ETS), energy and electricity taxes, the German Electricity Network Fee Regulation Ordinance (StromNev), the German Energy Savings Ordinance (EnEV), the German Renewable Energy Heat Act (EEWärmeG), the Market Incentive Programme (MAP), the EU Ecodesign Directive and energy labelling such as the "Blue Angel" (Blauer Engel) eco-label.

The derived recommendations for action are based on the fact that role of CHP will change and has to change in the energy system undergoing transformation with an increasing share of renewable energies. The CO₂ benefit of fossil CHP plants decreases from year to year while power generation based on renewable energies increases. In turn, however, the provision of residual load from fossil CHP plants will increase in the future. Therefore CHP plants should offer increased opportunity for flexible dispatch in the near future in order to make positive and negative reserve capacity available. For this reason it is necessary for CHP plants to be incorporated in a heat systems network (heat storage, grids and solar thermal collectors). Given the low differences of the electricity prices on the power market, targeted support for capacity – in addition to the support of combined heat and power generation – should be considered.

The interim examination due in 2014 will determine whether the German CHP Act is appropriately contributing to fulfillment of the CHP target. In the recommendations for action provided in this report, some additional aspects are suggested which should be considered in more detail; these include the financial situation of the different segments of CHP use and the efficiency of CHP plants, also in the context of the high efficiency criterion. An analysis of whether the German CHP Act in its current form already appropriately complements the development of the new role for CHP should also be conducted, as well as an examination of what role biogenic CHP will play. An annual, detailed collection of data on CHP electricity and heat generation is regarded as necessary in pursuing the targeted CHP development.

At the moment (December 2012) too little time has passed to be able to estimate or assess the effects of the amendment of the German CHP Act in 2012.

3 Einleitung

Der Ausbau der gekoppelten Erzeugung von Strom- und Wärme (Kraft-Wärme-Kopplung – KWK) bildet in der energie- und klimapolitischen Programmatik Deutschlands seit langem ein konstantes Element.

Auch auf EU-Ebene wird bereits seit längerer Zeit ein Rechtsrahmen entwickelt, der einen tiefgreifenden Wandel in der Energieerzeugung und beim –verbrauch voranbringen soll. Der Europäische Rat hatte 2007 drei Schlüsselziele für den Klimaschutz beschlossen, die sich nach der legislativen Entschließung im Europäischen Parlament im Dezember 2008 in den daran zeitlich anschließenden Rechtsrahmen niederschlagen:

- Senkung der Treibhausgase um mindestens 20 % bis 2020 – oder um 30% gegenüber 1990, sofern ein internationales Abkommen zustande kommt,
- Verringerung des Energieverbrauchs um 20 % durch bessere Energieeffizienz
- und ein verbindliches Ziel in Höhe von 20 % für den Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch der EU bis 2020.

Einen Beitrag hierzu will Deutschland auch durch den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung leisten. Dazu wurde im Integrierten Energie- und Klimaschutzprogramm der Bundesregierung (IEKP) das Ziel formuliert, den Anteil an KWK-Strom an der Gesamtstromerzeugung von 12,5 auf 25 % bis zum Jahr 2020 zu verdoppeln.

Dafür sind einerseits eine Reihe spezifischer Förderinstrumente für die KWK eingeführt worden (KWK-Gesetz, KWK-Bonus im Erneuerbare-Energien-Gesetz 2009, Förderprogramm Mini-KWK), bzw. haben sich die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen durch andere energie- und klimapolitische Maßnahmen (EU-Emissionshandelssystem, spezifische Regelungen bei der Ökosteuern, Erneuerbare Energie-Wärmegesetz, Entgelte für vermiedene Netzkosten) verbessert. Auf der anderen Seite haben sich die energiewirtschaftlichen (Strom- und Brennstoffpreisentwicklung) und finanzwirtschaftlichen Rahmenbedingungen in den letzten zehn Jahren eher zuungunsten der KWK entwickelt, so dass sich die wirtschaftliche Attraktivität (die zu unterscheiden ist von der wirtschaftlichen Darstellbarkeit) von KWK-Investitionen zumindest in wichtigen KWK-Anwendungsbereichen eher problematisch darstellt. Auch sind deshalb die von typischen „KWK-Akteuren“ (Stadtwerke, Industrie etc.) vorgenommenen Investitionen eher in andere Bereiche kanalisiert worden (Scheiben an Großkraftwerken, Projekte im Bereich erneuerbarer Energien etc.).

Vor diesem Hintergrund ist es fraglich, ob das Ziel eines 25%-igen Anteils der KWK an der Gesamtnettostromerzeugung bis 2020 mit den bisher ergriffenen Maßnahmen erreicht werden kann.

Innerhalb der Projektlaufzeit stand die Novellierung des KWK-Gesetzes von 2009 an, zu deren Diskussion und Ausgestaltung mit diesem Projekt beigetragen werden konnte. Durch die Bereitstellung von Informationen zur Situation der KWK wurde die Basis für eine fundierte Diskussion der KWK-Entwicklung und -Förderung geschaffen. Zudem wurden innerhalb des Projektes verschiedene Workshops zur KWK durchgeführt.

Der hier vorliegende Bericht stellt die abschließende Zusammenfassung der Arbeiten dar, wobei an den meisten Stellen die Analysen bis zum Zeitpunkt der Berichtsabgabe aktualisiert wurden, um ein vollständiges Bild im Wesentlichen zum Stand Dezember 2012 zu ermöglichen.

In Kapitel 4 die Entwicklung der KWK-Strom- und Wärmeerzeugung seit 2003 bis zum Jahr 2011 detailliert aufbereitet, korrespondierend dazu erfolgt in Kapitel 5 eine Beschreibung der Situation der netzgebundenen Wärmeversorgung. Anschließend werden die Zahlen zur Förderung durch das KWKG seit dem Jahr 2009 analysiert (Kapitel 6). Im folgenden Kapitel 7 wird der zukünftige Ausbau der KWK auf zwei verschiedenen methodischen Wegen untersucht: Zum einen durch vergleichende Literaturrecherchen zu Potenzialen der KWK und der netzgebundenen Wärmeversorgung und zum anderen durch eine anlagenscharfe Betrachtung der im Bau befindlichen und derzeit geplanten Anlagen über 10 MW_{el}. Zusammenfassend für diese Kapitel 4-7 erfolgt ein Fazit zur Abschätzung des zukünftigen Ausbaus und der KWK-Zielerreichung (Kapitel 7.3).

Im folgenden Kapitel 8 wird die wirtschaftliche Situation der KWK detailliert beleuchtet, wobei bereits das novellierte KWKG 2012 Berücksichtigung findet. Anschließend dokumentiert und erläutert Kapitel 9 die verschiedenen Instrumente, die die Installation und den Betrieb von KWK-Anlagen beeinflussen. Schließlich werden in Kapitel 10 Einschätzungen zur zukünftigen Rolle der KWK sowie daraus resultierende Handlungsempfehlungen gegeben.

4 KWK-Strom- und Wärmeerzeugung 2003 bis 2011

In diesem Kapitel wird die derzeitige KWK-Strom und Wärmeerzeugung quantifiziert sowie an Hand einer Zusammenschau einer Vielzahl von Studien die zukünftige Entwicklung der KWK-Stromerzeugung sowie der netzgebundenen Wärme abgeschätzt.

Zur Ermittlung der Strom- und Wärmeerzeugung aus KWK müssen verschiedene Quellen herangezogen werden, da keine einheitliche statistische Erfassung vorliegt. Um eine möglichst genaue Übersicht zu erhalten, werden vier Erzeugerkategorien untersucht, nämlich

- die Kraftwerke der allgemeinen Versorgung (AV) und
- die der industriellen Kraftwirtschaft (IKW),

die vom Statistischen Bundesamt in den Tabellen 066 und 067 erfasst werden, sowie ergänzend

- fossil betriebene Blockheizkraftwerke (BHKW) und
- biogen betriebene BHKW und Heizkraftwerke.

Im Folgenden werden die Datenquellen der einzelnen Kategorien sowie das Vorgehen bei der Berechnung der KWK- Strom- und Wärmeerzeugung detailliert beschrieben.

4.1 Kraftwerke der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft

4.1.1 Ergebnisse der statistischen Erhebungen 066 und 067

Der größte Teil der Strom- und Wärmeerzeugung aus KWK sowie Angaben zu dem damit verbundenen Brennstoffeinsatz wird vom Statistischen Bundesamt für die öffentliche Stromversorgung in den Monatsberichten über die Elektrizitätsversorgung (Erhebung 066) und für die industrielle Kraftwirtschaft jährlich in der Fachserie 4, Reihe 6.4 (Erhebung 067) veröffentlicht. Beide Erhebungen basieren auf dem Energiestatistik- sowie dem Bundesstatistikgesetz. Die Ermittlung des Brennstoffeinsatzes für die Strom- und Wärmebereitstellung im Rahmen eines KWK-Prozesses basiert in diesem Zusammenhang grundsätzlich auf der finnischen Methode.

Laut Energiestatistikgesetz (EnStatG) sind alle Unternehmen und Betriebe der Elektrizitätsversorgung berichtspflichtig, sowie grundsätzlich alle Unternehmen oder Betriebe des Bergbaus, der Gewinnung von Steinen und Erden oder des Verarbeitenden Gewerbes, soweit sie Stromerzeugungsanlagen zur Deckung des Eigenbedarfs betreiben. Für die Anlagen der Allgemeinen Versorgung gilt laut Gesetzestext jedoch zusätzlich, dass die Erhebung höchstens 1.000 Betreiber umfassen soll. Bund und Länder haben sich daraufhin auf eine interne Abschneidegrenze von 1 MW_{el} geeinigt. Damit umfasst die Erhebung der allgemeinen Versorgung in etwa 980 Betreiber. Für die industrielle

Kraftwirtschaft wurde aus Gründen der Vergleichbarkeit dieselbe Grenze eingeführt, wodurch in etwa 350 Betriebe bundesweit berücksichtigt werden¹.

Eine neben der Abschneidegrenze weiterhin zu berücksichtigende Unsicherheit bezüglich der statistisch erfassten Anlagen beruht auf der Möglichkeit, die Angaben für Erzeugungseinheiten mit einer Engpassleistung kleiner 1 MW zusammen zu fassen. Es ist dem Statistischen Bundesamt nicht bekannt, um wie viele Anlagen es sich dabei handelt, diese Detailangaben liegen ausschließlich den Statistischen Landesämtern vor und werden nicht an das Bundesamt weitergegeben.

Als Kraft-Wärme-Kopplung wird bei diesen Erhebungen die gleichzeitige Umwandlung von eingesetzter Energie in mechanische oder elektrische Energie und nutzbare Wärme in einer technischen Anlage definiert. Die elektrische Energie und die Wärme dürfen dabei jedoch nicht in der Anlage selbst verbleiben, so ist z.B. eine Dampfentnahme zur regenerativen Speisewasservorwärmung ausgeschlossen. Die KWK-Nettostromerzeugung ist die Nettostromerzeugung, die in einer KWK-Anlage unmittelbar im Zusammengang mit der Netto-Wärmeerzeugung steht. Letztere liegt nur dann vor, wenn die Wärme zur weiteren externen Nutzung eingesetzt wird (Gebäudeheizung, technische Prozesse, Sorptionskälteerzeugung). Eine Prüfung ist nicht im EnStatG vorgesehen und erfolgt deshalb nicht. Die Nutzung der Abwärme zur Beheizung von Feldern und Fischteichen ist explizit ausgeschlossen². Der KWK-Brennstoff ist der Brennstoff, der in einer KWK-Anlage der gekoppelten KWK-Nettostrom- und KWK-Nettowärmeerzeugung (Gegendruckscheibe) zuzurechnen ist. Es wird dabei ausdrücklich verwiesen auf die anlagenspezifischen Rechenmethoden zur Bestimmung der KWK-Produkte des Arbeitsblattes FW 308 aus dem Regelwerk der AGFW (StBA 2012c+d).

In der Tabelle 4-1 ist die Gesamt- und KWK-Stromerzeugung der allgemeinen Versorgung sowie der industriellen Kraftwirtschaft ohne den Eigenverbrauch (netto) dargestellt.

¹ Es gab vor einigen Jahren die Initiative, den Berichtskreis für die industrielle Kraftwirtschaft alle vier Jahre um die kleineren Anlagen zu erweitern. Dadurch erhöhte sich die Anzahl der Melder auf etwa 900, die insgesamt gemeldete Stromerzeugung stieg jedoch nur um etwa 1 %. Die Ergebnisse dieser Erhebung wurden nicht veröffentlicht, eine Wiederholung wird nicht in Erwägung gezogen, da der Arbeitsaufwand auf allen Seiten sowie der zusätzliche Erkenntnisgewinn in keinem sinnvollen Verhältnis stehen. (Persönliche Kommunikation mit Herrn Kaiser, Statistisches Bundesamt, 9.11.2010)

² Siehe Fachserie 4 Reihe 6.4 in der Einführung.

Tabelle 4-1 Gesamt- und KWK-Stromerzeugung der Allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft, 2003 - 2011

	Netto-Stromerzeugung Gesamt und KWK (TWh)								
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Allgemeine Versorgung									
Gesamt	498	499	498	505	488	489	446	469	431
KWK	50	52	52	54	52	54	50	53	51
Industrielle Kraftwirtschaft									
Gesamt	44	44	46	47	49	46	43	49	47
KWK	24	23	26	26	26	26	27	30	28
Gesamt (AV und IKW)									
Gesamt	542	543	543	552	537	534	489	518	478
KWK	74	75	78	80	78	79	77	83	80

Quellen: StBA (2012a+b).

Die Gesamtnettostromerzeugung der allgemeinen Versorgung ist von 498 TWh im Jahr 2003 bis zum Jahr 2006 auf 505 TWh leicht angestiegen. 2007 setzte eine Abnahme ein, die im Krisenjahr 2009 in einer Reduktion um 9 % gegenüber dem Vorjahr gipfelte. Die Ursache davon war eine stark rückläufige Stromabnahme industrieller und gewerblicher Kunden, deren Produktion im Zuge der Wirtschaftskrise erheblich zurückgegangen ist.

Die KWK-Stromerzeugung der allgemeinen Versorgung stieg von 50 TWh im Jahr 2003 auf 54 TWh im Jahr 2006, im Jahr 2009 sank sie auf das Niveau von 2003. Der KWK-Anteil setzt die KWK-Stromerzeugung ins Verhältnis zur gesamten Netto-Stromerzeugung und ermöglicht damit ein genaueres Bild zur Einschätzung der Entwicklung der KWK. Der KWK-Anteil der allgemeinen Versorgung ist im betrachteten Zeitraum leicht von 10,1 auf 11,9 % angestiegen, die KWK-Stromerzeugung nahm also im Verhältnis zur Gesamtstromerzeugung um fast zwei Prozentpunkte zu (siehe Tabelle 4-2).

Die unter der industriellen Kraftwirtschaft berichtete Gesamtstromerzeugung stieg bis zum Jahr 2007 von 44 auf 49 TWh, und sank anschließend ebenfalls deutlich bis zum Jahr 2009 auf 42,5 TWh. Die KWK-Stromerzeugung der IKW beträgt etwas mehr als die Hälfte der KWK-Stromerzeugung der allgemeinen Versorgung, sie stieg relativ kontinuierlich von 24,0 auf 28 TWh. Das Niveau des KWK-Anteils liegt damit deutlich über dem der allgemeinen Versorgung: Im gesamten betrachteten Zeitraum bei 52 % oder höher, mit stark steigender Tendenz. Ebenso wie bei der allgemeinen Versorgung stieg der KWK-Anteil von 2007 auf 2009 deutlich an, und fiel schließlich wieder auf knapp 61 % in den Jahren 2010 und 2011.

Tabelle 4-2 KWK-Anteile der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft basierend auf der gesamten Nettostromerzeugung nach der Statistik, 2003 – 2011

	KWK-Anteile (%)									
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
Allgemeine Versorgung	10,1	10,5	10,5	10,7	10,6	11,0	11,3	11,4	11,9	
Industrielle Kraftwirtschaft	53,3	51,9	55,7	55,0	52,6	56,4	62,5	60,9	60,9	
Gesamt (AV und IKW)	13,6	13,9	14,3	14,5	14,4	14,9	15,8	16,1	16,6	

Quellen: StBA (2012a+b); Berechnung Öko-Institut.

Die Abgrenzung zwischen der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft ist über den Zeitraum nicht fix. Z.B. gibt es durch die oben bereits erwähnten Contracting-Anlagen einen fließenden Bereich, der zu Verschiebungen zwischen der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft führen kann: Eine industrielle Anlage, für die z.B. mit einem Stadtwerk ein Contracting-Vertrag vereinbart wurde, fällt im folgenden Berichtsjahr unter die allgemeine Versorgung. Auch gibt es gewisse Spielräume in einzelnen Versorgungsfällen, bei denen die Betreiber eine Wahlmöglichkeit zwischen den beiden Gruppen und deren Vor- und Nachteilen haben (monatliche Berichtspflicht, Emissionshandelsregelungen). Deshalb ist die Betrachtung der Gesamtsumme der beiden Sektoren erforderlich. Da die Stromerzeugung der allgemeinen Versorgung nahezu ein Zehnfaches der Stromerzeugung der industriellen Kraftwirtschaft beträgt, fällt ihr deutlich geringerer KWK-Anteil erheblich ins Gewicht. So liegt der KWK-Anteil der beiden Bereiche zusammen im Jahr 2003 bei 13,6 % und stieg bis auf das Jahr 2007 stetig auf ein Maximum von 16,6 % im Jahr 2011.

Im Krisenjahr 2009 wurden in beiden Bereichen offensichtlich die KWK-Anlagen bevorzugt betrieben, die KWK-Stromerzeugung sank deshalb deutlich schwächer als die Gesamtstromerzeugung. Dieses drückt sich in einer deutlichen Zunahme des KWK-Anteils der beiden Bereiche aus, der von 2007 auf 2009 um 1,4 Prozentpunkte angestiegen ist.

Ein Vergleich der KWK-Strom- und Wärmeerzeugung der Anlagen der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft hinsichtlich deren Gesamtnutzungsgrade zeigt keinen großen Unterschied: Die industriellen Anlagen liegen in dieser Hinsicht in den meisten Jahren nur leicht über den Anlagen der allgemeinen Versorgung. Im zeitlichen Verlauf ist für beide Bereiche zusammen ein leichtes Maximum im Jahr 2007 mit einem Gesamtnutzungsgrad von 0,79 zu erkennen, in den folgenden Jahren schwankt der Gesamtnutzungsgrad zwischen 0,76 und 0,77 (s. dazu Tabelle 4-3).

Tabelle 4-3 Gesamtnutzungsgrad der Anlagen der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft, 2003 - 2011

		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
KWK-Stromerzeugung		74	75	78	80	78	79	77	83	80
Allgemeine Versorgung		50	52	52	54	52	54	50	53	51
Industrielle Kraftwirtschaft		24	23	26	26	26	26	27	30	28
KWK-Wärmeerzeugung		176	178	181	181	177	178	175	188	177
Allgemeine Versorgung	TWh	94	100	101	103	97	99	95	101	93
Industrielle Kraftwirtschaft		82	77	80	78	80	80	79	87	84
KWK-Brennstoffeinsatz		324	330	335	332	323	333	329	352	336
Allgemeine Versorgung		194	202	200	197	189	198	193	204	194
Industrielle Kraftwirtschaft		130	128	134	134	134	135	137	148	142
Gesamtnutzungsgrad		0,77	0,77	0,77	0,79	0,79	0,77	0,76	0,77	0,76
Allgemeine Versorgung		0,75	0,76	0,77	0,79	0,79	0,77	0,76	0,76	0,74
Industrielle Kraftwirtschaft		0,81	0,78	0,79	0,77	0,79	0,78	0,77	0,79	0,79
Stromkennzahl		0,42	0,42	0,43	0,44	0,44	0,45	0,44	0,44	0,45
Allgemeine Versorgung		0,54	0,52	0,52	0,52	0,54	0,54	0,53	0,53	0,55
Industrielle Kraftwirtschaft		0,29	0,30	0,32	0,33	0,32	0,32	0,34	0,34	0,34

Quellen: StBA (2012a+b); eigene Berechnungen Öko-Institut.

Die Stromkennzahlen bilden das Verhältnis der Strom- zur Wärmeerzeugung ab und sind (bei gleichem Gesamtnutzungsgrad und gleichwertig erzeugten Wärmemengen) ein Maß für die Effizienz der Anlagen. Die Stromkennzahlen liegen im gesamten betrachteten Zeitraum bei der allgemeinen Versorgung zwischen 0,52 und 0,55. Bei der industriellen Kraftwirtschaft liegen die Stromkennzahlen generell durch die Wärmeauskopplung bei höheren Temperaturen (Prozesswärme) unterhalb dieser Werte, sie zeigen jedoch im Zeitverlauf einen deutlichen Anstieg von 0,29 auf 0,34.

4.1.2 Im Zeitraum 2009-2012 neu in Betrieb genommene fossil gefeuerte Kraft- und Heizkraftwerke mit einer elektrischen Bruttoleistung größer 10 MW

Die Tabelle 4-4 gibt eine Übersicht über die im Zeitraum 2009 bis 2012 in Betrieb genommenen fossil gefeuerten Stromerzeugungsanlagen mit mehr als 10 MW elektrischer Bruttoleistung mit bzw. ohne Wärmeauskopplung, die auch Bestandteil der statistischen Erhebungen 066 und 067 sind bzw. werden. Bei den Anlagen mit Wärmeerzeugung/-auskopplung in KWK sind die Höhe der Wärmeauskopplung und damit auch der Brennstoffausnutzungsgrad sehr unterschiedlich. Hinsichtlich der Einordnung der Kraftwerksprojekte mit Wärmeauskopplung ist zudem zu beachten, dass es sich in der Regel um Ersatz- und Ergänzungskapazitäten handelt, das heißt, dass die (in KWK erzeugte) Wärme bereits durch das bisher bereits vorhandene Kraftwerk bereitgestellt wurde. Die mögliche Erhöhung der KWK-Stromerzeugung resultiert damit insbesondere aus den zumeist höheren Stromkennzahlen der Neuanlage. Vereinzelt hat sich an Kraftwerksstandorten, z. B. in Industrieparks, jedoch auch der Wärmebedarf deutlich erhöht. Dann deckt die Neuanlage ggf. zusammen mit dem Altkraftwerk die erhöhte Nachfrage ab, was mit einer gesteigerten KWK-Stromerzeugung einhergeht. Änderun-

gen bei der Höhe der CO₂-Emissionen können sich zusätzlich durch einen Energieträgerwechsel ergeben.

Durch die höchste elektrische Leistung sind die beiden Braunkohleblöcke in Neurath (BoA 2+3) gekennzeichnet, die ausschließlich der Stromerzeugung dienen. Auch am Standort Irsching erfolgt (im Zuge der beiden Neubaublöcke) keine Wärmeauskopplung, ebenso wie in Boxberg und Duisburg/Walsum. Die KWK-Anlagen in Würzburg, Halle, Saarbrücken und Reutlingen sind Bestandteil kommunaler Fernwärmeversorgung. Bei der GuD-Anlage in Halle handelt es sich um eine Modernisierung und die damit einhergehende Leistungserhöhung des bisher bereits am Standort befindlichen Kraftwerks. Beim Gasturbinenkraftwerk Darmstadt der HEAG wurde eine Gasturbine ohne Wärmeauskopplung installiert.

Die industrielle KWK ist insbesondere durch die Anlagen der Papierindustrie gekennzeichnet. Hier sind die Standorte in Wörth, Eilenburg, Albrück, Plattling, Zülpich und Düren zu nennen. Der Papierproduktionsstandort Albrück wurde 2012 aufgegeben und in diesem Zuge auch das erst 2009 in Betrieb gegangene Kraftwerk stillgelegt.³

Die allesamt 2012 in Probetrieb gegangenen Anlagen Duisburg-Walsum 10, Hannover-Linden (Erweiterung), Lünen-Stummhafen, Westfalen D+E (Hamm-Uentrop), Eisenhüttenstadt (Block 7) und Schwarze Pumpe (EBS) werden voraussichtlich im Jahr 2013 den kommerziellen Betrieb aufnehmen.

³ <http://www.badische-zeitung.de/suedwest-1/in-abwicklung-das-ende-der-papierfabrik-albruck--54894799.html>

Tabelle 4-4 *Im Zeitraum 2009 und 2012 neu in kommerziellen - bzw. in Probebetrieb gegangene, fossil betriebene Kraft- und Heizkraftwerke bzw. modernisierte Anlagenkomponenten mit einer elektrischen Bruttoleistung von mehr als 10 MW (Stand 31.12.12)*

Betriebsaufnahme KW-Name / Blockname	Eigentümer/Betreiber	Bundesland	Elektr. Bruttol. (MW)	Wärmeauskop. (KWK)	Wärmeleistung (MW)	Anlagenart	Brennstoff
2009							
Wörth HKW 2	Palm Power GmbH & Co. KG	RP	62	ja	55	GuD	EG
Eilenburg	Stora Enso Sachsen GmbH	SN	34	ja	40	GT/AK	EG
Würzburg GuD I (GT II)	Heizkraftwerk Würzburg GmbH	BY	31	ja	n. b.	GuD	EG
Albbruck	Papierfabrik Albbruck GmbH	BW	30	ja	n. b.	DT	SK
Stuttgart-Gaisburg DT14	EnBW Kraftwerke AG	BW	24	ja	n. b.	DT	SK
Adernach	IHKW Adernach	RP	14	ja	60	DT	EBS
2010							
Irsching 5	E.ON, N-Ergie, Mainova, Heag	BY	876	nein	0	GuD	EG
Emsland D (Lingen) DT	RWE Power AG	NI	326	ja	50	GuD	EG
Emsland D (Lingen) GT 1	RWE Power AG	NI	281	nein	0	GuD	EG
Emsland D (Lingen) GT 2	RWE Power AG	NI	281	nein	0	GuD	EG
Plattling	Kraftwerk Plattling GmbH/ MD Plattling Papier	BY	125	ja	150	GuD	EG
Spreetal GuD	Atel Energie AG / Alpiq Spreetal GmbH	SN	56	nein	0	GuD	EG
Leuna GuD-HKW I-5 KT1	InfraLeuna Energiegesellschaft mbH	ST	25	ja	n. b.	GT	EG
Köln-Merkenich 6	RheinEnergie AG	NW	18	ja	90	DT	EG
2011							
Irsching 4 ("Ulrich Hartmann")	E.ON / Siemens	BY	578	nein	0	GuD	EG
Frankfurt-Hoechst C	InfraServ GmbH Hoechst KG	HE	105	ja	n. b.	GT/AK	EG
Braunschweig HKW Mitte GuD	Braunschweiger Versorgungs AG	NI	77	ja	60	GuD	EG
Emsland B (Lingen) GT 1	RWE Power AG	NI	58	nein	0	GuD	EG
Emsland B (Lingen) GT 2	RWE Power AG	NI	58	nein	0	GuD	EG
Emsland C (Lingen) GT 1	RWE Power AG	NI	58	nein	0	GuD	EG
Emsland C (Lingen) GT 2	RWE Power AG	NI	58	nein	0	GuD	EG
Frankfurt Fechenheim 1+2	AlessaChemie GmbH / GETEC AG	HE	20	ja	n. b.	DT	BK
Zülpich	Smurfit Kappa Zülpich Papier	NW	17	ja	n. b.	DT	BK
Düren	Metsä Tissue GmbH Düren	NW	14	ja	n. b.	GuD	EG
Reutlingen	FairEnergie GmbH	BW	10	ja	12	BHKW	EG

Betriebsaufnahme KW-Name / Blockname	Eigentümer/Betreiber	Bundesland	Elektr. Bruttol. (MW)	Wärmeauskop. (KWK)	Wärmeleistung (MW)	Anlagenart	Brennstoff
2012							
Kommerzieller Betrieb							
Neurath F - Grevenbroich (BoA 2)	RWE Power AG	NW	1.100	nein	0	DKW	BK
Neurath G - Grevenbroich (BoA 3)	RWE Power AG	NW	1.100	nein	0	DKW	BK
Boxberg Block R	Vattenfall Europe GmbH	SN	675	nein	0	DT	BK
Darmstadt	HEAG Süd Hessische Energie AG	HE	94	nein	0	GT	EG
Frankfurt-Hoechst	Thermal Conversion Compound Industriepark Höchst GmbH (T2C)	HE	86	ja	160	DT	EBS
Kassel Baunatal	VW Kraftwerk GmbH	HE	75	ja	85	GuD	EG
Halle-Trotha	Heizkraftwerk Halle-Trotha GmbH	ST	58	ja	50	GuD	EG
Saarbrücken HKW Süd	VVS GmbH	SL	40	ja	34	GuD	EG
Philippsthal - Hattorf 2	K+S KALI GmbH / E.ON Energy Projects GmbH	HE	32	ja	60	GT/AK	EG
Stade-Bützfleht	Aluminium Oxid Stade GmbH (AOS)	NI	30	ja	n. b	GuD	EG
Fulda	ÜWAG Überlandwerke Fulda	HE	28	nein	0	BHKW	HÖ
Probetrieb							
Lünen-Stummhafen	Trianel Power / StW Lünen	NW	820	nein	0	DT	SK
Westfalen D (Hamm-Uentrop)	RWE Power AG	NW	820	nein	0	DT	SK
Westfalen E (Hamm-Uentrop)	RWE Power AG	NW	820	nein	0	DT	SK
Duisburg-Walsum 10	Steag GmbH / EVN	NW	790	nein	0	DT	SK
Hannover-Linden (Erweiterung)	StW Hannover / E.ON	NI	90	nein	130	GuD	EG
Eisenhüttenstadt (Block 7)	Vulkan Energiewirtschaft Oderbrücke GmbH	BB	56	ja	n.b	DT	GG/KG
Schwarze Pumpe (EBS)	SPREERECYCLING GmbH & Co. KG (Hamburger-Spremberg GmbH & Co. KG)	BB	22	ja	110	DT	EBS

Abkürzungen: DT: Dampfturbine, GT: Gasturbine, GuD: Gas- und Dampfturbine, AK: Abhitzekeessel, BHKW: Blockheizkraftwerk; EG: Erdgas; SK: Steinkohle; BK: Braunkohle, HÖ: Heizöl; EBS: Ersatzbrennstoffe; GG: Gichtgas; KG: Konvertergas; n. b.: nicht bekannt

Quelle: Kraftwerksdatenbank des UBA auf Basis verschiedener Quellen.

4.2 Fossil betriebene KWK-Anlagen außerhalb der statistischen Erhebungen 066 und 067

Neben Anlagen mittlerer und großer Leistungen sind für die Kraft-Wärme-Kopplung ebenfalls kleine Blockheizkraftwerke (BHKW) relevant, die vor allem im häuslichen und gewerblichen Bereich, aber auch in Stadtwerken, kommunalen Unternehmen und der Industrie eingesetzt werden. Diese kleinen KWK-Anlagen sind nur teilweise in der amtlichen Statistik erfasst und müssen deshalb auf Basis weiterer Daten zum KWK-Gesamtgerüst hinzugeschätzt werden.

Das Öko-Institut führt seit dem Jahr 2004 regelmäßig eine Erhebung der Absatzzahlen von Blockheizkraftwerken mit Hilfe einer Herstellerumfrage durch. Erfasst werden dabei die in Deutschland jährlich abgesetzten Module von knapp 30 Unternehmen nach Anzahl und Leistung, getrennt nach Energieträgern und Größenklassen. Bislang handelt es sich bei den erfassten Modulen ausschließlich um Motoren, der Absatz von Brennstoffzellen und Turbinen wird zwar gleichzeitig abgefragt, jedoch ist der Absatz noch zu gering, als dass die Erfassung ausreichend genau wäre. In einem detaillierten Excel-Bogen wird jeweils der innerdeutsche Absatz des vorherigen Jahres, der abgeschätzte Absatz des laufenden Jahres sowie die Erwartungen für das kommende Jahr erhoben. Außerdem werden die Export-Zahlen aufgenommen sowie jährlich wechselnde Fragen z.B. zur Einschätzung der Lage der KWK gestellt. Da es sich bei manchen teilnehmenden Unternehmen um Weiterverarbeiter handelt, die Motoren aufkaufen und diese in ihre Anlagen integrieren, wird ein Abzug dieser „weiterverarbeiteten“ Anlagen berücksichtigt, um Doppelzählungen zu vermeiden. Es herrscht eine große Konstanz besonders bei den großen und damit für die Betrachtung der Zeitreihe entscheidenden Unternehmen, so dass eine Betrachtung der Zeitreihe sinnvoll möglich ist.

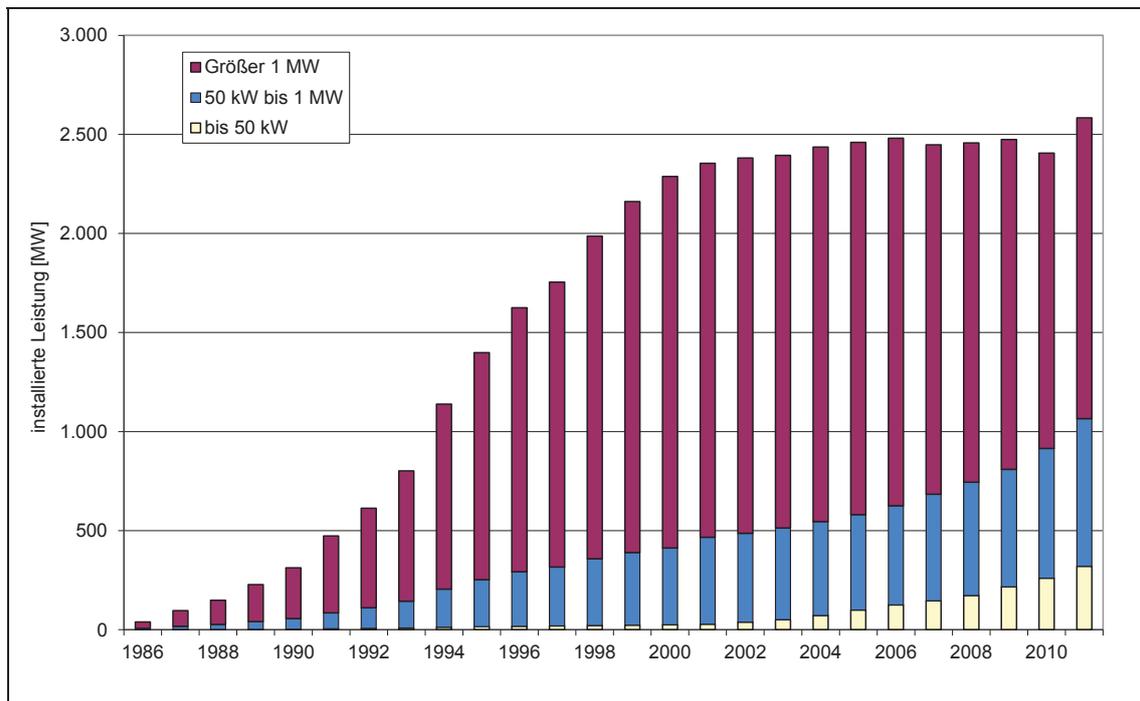
Reine Notstromaggregate werden bei der Umfrage explizit nicht berücksichtigt. Generell wird hier auf einzelne Module abgezielt. Wie viele davon zu Anlagen zusammengefasst werden, ist nicht genau erfassbar, da dieses oftmals den herstellenden Unternehmen nicht bekannt ist.

Die BHKW-Umfrage dient als Grundlage für ein BHKW-Bestandsmodell, in dem außerdem historische Daten seit 1986 aus der ASUE-Datenbank und der Zeitschrift Energie & Management berücksichtigt werden. Diese „historischen Zahlen“ sind zum großen Teil nur aggregiert verfügbar, deshalb wurde die Aufteilung in fossile und biogene Energieträger sowie in die Größenklassen „größer/ 50 kW-1 MW/ bis 50 kW“ durch geeignete Abschätzungen vorgenommen. In dem Bestandsmodell wird weiterhin angenommen, dass das Jahr der Meldung des Absatzes dem Jahr der Inbetriebnahme entspricht. Weitere detaillierte Angaben zum Aufbau des Bestandsmodells sind in Öko-Institut (2010, 2011 und 2012) zu finden.

Im Folgenden beschränkt sich die Berücksichtigung der BHKW-Umfrage ausschließlich auf die fossil betriebenen Anlagen, deren Erfassungsgrad durch Abgleich mit verschiedenen Quellen als sehr hoch angesehen werden kann.

Unter der Annahme, dass übliche BHKW-Anlagen nach rund acht Jahren vollständig überholt und nach 15 Jahren stillgelegt werden, ergibt sich ein Bestand an installierter Leistung, der in der Abbildung 4-1 dargestellt ist.

Abbildung 4-1 *Installierte elektrische Leistung von fossil betriebenen BHKW 1986 – 2011*



Quellen: *AGFW-Hauptbericht 1998, VDEW-BHKW-Statistik 1998, Statistisches Bundesamt (Tabelle 067, 1998), ASUE, Wagner (1999), FGBHKW, E&M, Annahmen und Berechnungen Öko-Institut.*

Insgesamt ergibt sich damit im Jahr 2011 eine installierte elektrische Leistung an fossilen BHKW von gut 2.500 MW, die in den letzten Jahren (bis auf das Jahr 2011) in der Gesamtsumme nicht bedeutend gestiegen ist. Der Anteil der installierten Leistung von Anlagen unter 50 kW ist dabei erheblich angewachsen auf 12 % im Jahr 2011, der Anteil von Anlagen mit 50 kW bis 1 MW ist dagegen nur leicht angestiegen. In der Tabelle 4-5 sind die Entwicklungen bezüglich des Zubaus, des Netto-Zubaus (also mit Berücksichtigung der Stilllegungen im jeweiligen Jahr) und der Bestandsentwicklung dargestellt.

Tabelle 4-5 Entwicklung des Bestands fossil betriebener BHKW, 1986-2011

Fossil betriebene BHKW	1986	1990	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
	MW _{el}											
Zubau	39	85	232	70	95	102	106	128	149	205	269	438
bis 50 kW	0	1	3	13	21	29	27	23	28	46	48	62
50kW-1MW	7	14	39	24	20	21	34	64	58	53	119	134
größer 1 MW	32	70	190	33	54	53	46	40	63	106	102	242
Netto-Zubau	39	85	232	13	42	24	21	-33	9	17	-68	178
bis 50 kW	0	1	3	12	21	28	26	21	26	44	44	59
50kW-1MW	7	14	39	14	11	7	19	37	35	21	62	90
größer 1 MW	32	70	190	-14	11	-12	-24	-92	-52	-48	-174	28
Bestand	39	313	1.987	2.394	2.436	2.460	2.481	2.448	2.457	2.474	2.406	2.584
bis 50 kW	0	3	21	51	71	99	125	146	173	216	261	320
50kW-1MW	7	53	337	463	474	481	501	538	572	593	655	745
größer 1 MW	32	256	1.629	1.881	1.891	1.880	1.855	1.764	1.712	1.664	1.491	1.519

Quellen: AGFW-Hauptbericht 1998, VDEW-BHKW-Statistik 1998, Statistisches Bundesamt (Tabelle 067, 1998), ASUE, Wagner (1999), FGBHKW, E&M, Annahmen und Berechnungen Öko-Institut.

Bei den fossilen BHKW unter 1 MW fand ein jährlicher Anstieg der Leistung des BHKW-Bestands statt. Bei den größeren Anlagen über 1 MW nahm die Leistung in der Summe seit dem Jahr 2004 ab, erst im Jahr 2011 zeigt sich erstmals wieder ein positiver Wert von 28 MW bei den Nettoinstallationen. Der Zubau im Bereich der kleinen Leistungen konnte bis auf das Jahr 2007 einen jährlichen Zuwachs der installierten Leistung des Gesamt-Bestands sichern.

Bei den Betrachtungen sind Umwidmungen und vorzeitige Stilllegungen bislang nicht berücksichtigt. Letzteres fällt für die fossilen BHKW zahlenmäßig nicht sehr ins Gewicht, da sich die äußeren Gegebenheiten (wie vor allem die Brennstoffpreise) für diese Anlagen über die Lebensdauer nicht stark verändert haben- anders als bei den Pflanzenöl-BHKW, bei denen Stilllegungen wegen extrem gestiegener Energieträgerpreise zu beachten sind. Mit Umwidmungen durch die Umstellung von fossilen auf biogene Energieträger ist besonders ab dem Jahr 2010 verstärkt zu rechnen, da die Förderung durch das KWKG in diesem Jahr für zahlreiche Anlagen ausgelaufen ist und diese durch die Umstellung auf die Verwendung biogener Energieträger eine Förderung durch das EEG erhalten könnten.

Für die weitere Betrachtung werden von hier an nur noch Anlagen unter 1 MW berücksichtigt, die nicht in den Tabellen 066 und 067 des Statistischen Bundesamtes enthalten sind.

Nach umfänglichen Analysen (siehe dazu auch Öko-Institut 2011) wird für den gesamten Bestand an BHKW eine Volllaststundenanzahl von 3.577 h/a angesetzt, die sich aus historischen Daten ergibt (siehe dazu Öko-Institut 2009). Unter Verwendung dieser Volllaststunden ergibt sich durch Multiplikation mit der Leistung eine jährliche Stromer-

zeugung aus dem Anlagenbestand. Durch erneute Multiplikation mit einer durchschnittlichen Stromkennzahl von 0,65⁴ lässt sich die KWK-Wärmeerzeugung berechnen.

Tabelle 4-6 KWK-Strom- und Wärmeerzeugung fossiler BHKW unter 1 MW elektrischer Leistung nach dem Bestandsmodell

Fossile BHKW unter 1 MW		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
KWK-Stromerzeugung	TWh	1,8	2,0	2,1	2,2	2,4	2,7	2,9	3,3	3,8
KWK-Wärmeerzeugung	PJ	10	11	12	12	14	15	16	18	21

Quelle: *BHKW-Umfrage des Öko-Instituts, Berechnung Öko-Institut.*

Die KWK-Stromerzeugung ist danach im betrachteten Zeitraum von 1,8 auf 3,8 TWh angestiegen, die Wärmeerzeugung parallel dazu von 10 auf 21 PJ.

Ein Vergleich mit Daten der Netzbetreiber zu nach dem KWKG geförderten KWK-Strommengen sowie eine Gesamtbetrachtung der Stromerzeugung in Deutschland (und anderen unveröffentlichten Quellen) erlaubt die Einschätzung, dass die hier vorgestellten Ergebnisse der BHKW-Umfrage eine sehr gute Abdeckung des BHKW-Marktes ermöglichen und damit als belastbar angesehen werden können (siehe Öko-Institut 2012a).

4.3 Biogen betriebene KWK-Anlagen

Im Bereich der biogen betriebenen Anlagen fand eine starke Entwicklung in den letzten Jahren statt, die getrennt von den drei bisher genannten Kategorien betrachtet werden muss. Es herrscht eine große Unsicherheit über die installierte Leistung, aber auch über den tatsächlichen Betrieb der Anlagen sowie die technischen Parameter, unter denen die Anlagen betrieben werden. Im Gegensatz zu den fossilen BHKW werden biogene KWK-Anlagen nur zu einem deutlich geringeren Teil im KWK-Betrieb gefahren, der sowohl vom Einsatzgebiet, der Größe der Anlage als auch der Art des Energieträgers abhängt. Anlagen werden oftmals in direkter Abhängigkeit von den Energieträgerpreisen betrieben und können auch vollständig außer Betrieb genommen werden, sofern diese keinen wirtschaftlichen Betrieb gewährleisten (z. B. Pflanzenöl-BHKW). Dazu kommt eine unbekannte Zahl von Anlagen, die von fossilen auf biogene Energieträger (Biomethan) umgestellt worden sind.

Aus diesen Gründen wurde für die Berechnung der KWK-Stromerzeugung aus Biomasse-Anlagen außerhalb der Erfassung in den Tabellen 066 und 067 des Statistischen Bundesamtes ein anderer Weg als für die kleinen fossilen BHKW gewählt: Die Berechnung basiert auf den Daten von AGEE-Stat (BMU 2012a) zur Stromerzeugung aus biogenen Energieträgern:

⁴ Expertenschätzung von B.KWK und Öko-Institut.

Tabelle 4-7 *Stromerzeugung aus biogenen Energieträgern, 2003 - 2011*

Biogene Stromerzeugung nach AGEE-Stat	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
	TWh _{el}								
Gesamt	6,1	8,0	11,0	14,8	19,8	22,9	26,0	29,1	31,9
Biomasse (fest, flüssig, gasf.)	4,6	6,1	9,0	12,8	17,8	20,9	24,1	27,3	30,2
Feste Biomasse	2,9	4,7	7,0	8,5	9,9	11,3	11,4	11,2	11,3
Flüssige Biomasse	0,2	0,3	0,3	0,9	1,5	1,5	2,0	1,7	1,4
Biogas	1,5	1,1	1,7	3,3	6,4	8,1	10,8	14,5	17,5
Deponiegas	0,7	1,0	1,1	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6
Klär gas	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1

Quelle: *BMU 2012a.*

Die verwendeten Daten enthalten die biogene Stromerzeugung durch Anlagen der allgemeinen Versorgung, der industriellen Kraftwirtschaft und der zumeist kleinen, statistisch nur über die Einspeisung erfassten Anlagen. Es handelt sich dabei um Bruttowerte, da üblicherweise der biogen erzeugte Strom vollständig eingespeist und der Eigenbedarf aus dem Netz bezogen wird. Deutlich zu erkennen ist, dass der Anstieg der biogenen Stromerzeugung hauptsächlich im Bereich der festen und gasförmigen Biomasse stattgefunden hat. Dabei ist eine stetige jährliche Dynamik beim Biogas zu beobachten, die bis zum Jahr 2008 ebenfalls bei der festen Biomasse stattfand. Allein die Stromerzeugung aus Deponiegas geht seit dem Maximum im Jahr 2006 zurück. Dieses beruht auf dem Verbot der Deponierung von biologisch abbaubaren Abfällen durch die Anforderungen der Abfallablagereungs- und Deponieverordnung seit dem Jahr 2005. Mit einem gewissen zeitlichen Verzug macht sich dies auch in der Stromerzeugung aus Deponiegas bemerkbar, so dass die Stromerzeugung aus Deponiegas in den nächsten Jahren sukzessive weiter sinken wird.

Die Betrachtung der AGEE-Stat Zahlen umfasst diejenigen Energieträger, bei denen die Anwendung der KWK möglich und üblich ist. Es bleibt zu erwähnen, dass auch im Bereich der Geothermie die KWK zur Anwendung kommt, jedoch ist die Gesamtstromerzeugung aus diesem Bereich (noch) so gering (18,8 GWh im Jahr 2011), dass sie hier nicht weiter berücksichtigt wird.

Die Berechnung basiert neben dem EE-Mengengerüst der AGEE-Stat auf den Daten der Bundesnetzagentur zur EEG-vergüteten Stromeinspeisung aus Biomasse-Anlagen. Diese beruhen auf den Informationen der Übertragungsnetzbetreiber. Dem Öko-Institut liegen diese Daten für die Jahre 2006 bis 2010 nach Anlagen und Vergütungskategorien aufgeschlüsselt vor. Die nach dem EEG vergütete Stromerzeugung ist niedriger als die nach AGEE-Stat berichtete Gesamterzeugung, da die Vergütung mit bestimmten Voraussetzungen verbunden ist, die nicht von allen Anlagen erfüllt werden. Von 2006 bis 2009 ist der Teil der biogenen Stromerzeugung, der durch das EEG vergütet wird, stetig von 81 auf 95 % angestiegen, im Jahr 2010 war erstmals ein Rückgang auf 92 % zu verzeichnen. Die nach dem EEG vergütete Stromerzeugung nahm damit von 10,4 auf 25,1 TWh zu. Den Daten der BNA kann die nach dem EEG mit einem KWK-Bonus vergütete Stromerzeugung entnommen werden. Auch diese ist sehr dynamisch

in den betrachteten Jahren gewachsen: von 1,2 TWh im Jahr 2006 auf 9,3 TWh im Jahr 2010.

Tabelle 4-8 Nach dem EEG vergütete Stromerzeugung aus Biomasse

Nach EEG vergütete Stromerzeugung aus Biomasse	2006	2007	2008	2009	2010
		KWK-Anteil			
Gesamt	10,4	15,9	19,1	23,0	25,1
davon mit KWK-Bonus	1,2	3,4	5,3	8,0	9,3

Quellen: BNA 2011; eigene Berechnungen des Öko-Instituts.

Die vergütete KWK-Stromerzeugung aus den BNA-Daten stellt somit einen ersten Anhaltspunkt für die KWK-Stromerzeugung aus Biomasse dar.

Hintergrundinformationen zu den Vergütungsregelungen des EEG für Biomasse:

Die nach dem EEG vergütete Stromerzeugung aus Biomasse (fest, flüssig und gasförmig) nahm im Zeitraum 2006 auf 2010 von 10,4 auf 24,5 TWh zu (siehe folgende Tabelle).

Tabelle 4-9 Nach dem EEG vergütete Stromerzeugung aus Biomasse, 2006-2010

Nach EEG vergütete Stromerzeugung aus Biomasse nach Inbetriebnahmejahr	2006	2007	2008	2009	2010
		TWh _{el}			
bis Ende 2003	5,2	5,2	4,9	5,2	5,1
2004	1,8	2,2	2,2	2,6	2,6
2005	2,6	3,4	3,4	3,7	3,7
2006	0,8	4,3	4,6	5,1	5,0
2007	0,0	0,8	3,4	4,0	3,9
2008	0,0	0,0	0,5	1,9	2,1
2009	0,0	0,0	0,0	0,5	2,2
2010	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6
Gesamt	10,4	15,9	19,1	23,0	25,1

Quellen: BNA 2011, eigene Berechnungen Öko-Institut.

Die Vergütung nach dem EEG folgt einem komplexen System aus Vergütungsregeln, was dazu führt, dass für eine einzelne große Biomasseanlage die Vergütung nach zahlreichen verschiedenen Vergütungskategorien erfolgt. Für die KWK-Stromerzeugung gibt es für das Jahr 2010 alleine fünf Bonus-Arten, die es ermöglichen könnten, die Entwicklung der KWK-Stromerzeugung aus Biomasse-Anlagen detailliert zu untersuchen:

K: Für KWK-Strom aus Anlagen mit Inbetriebnahme ab dem Jahr 2009

KWK: Für KWK-Strom aus Anlagen mit Inbetriebnahme zwischen 2004 und 2008

KA3: Für KWK-Strom aus Anlagen mit Inbetriebnahme vor 2004 innerhalb der Leistungszone bis 500 kW, der bis zur Novelle des EEG noch keine Vergütung erhalten konnte

K09+K10: Für KWK-Strom aus Anlagen mit Inbetriebnahme zwischen 2004 und 2008, der im Jahr 2009 oder 2010 erstmalig erzeugt wurde.

Die mit einem KWK-Bonus vergütete Stromerzeugung aus Biomasse-Anlagen stieg im Zeitraum von 2006 auf 2010 Zeitraum von 1,2 TWh auf 9,3 TWh, wobei der Zuwachs von 2009 auf 2010 deutlich schwächer ausfiel als in den Vorjahren (siehe Tabelle 4-8). In der folgenden Tabelle sind die sich daraus ergebenden KWK-Anteile nach Inbetriebnahme-Jahrgängen dargestellt:

Tabelle 4-10 KWK-Anteil der nach dem EEG vergüteten Stromerzeugung aus Biomasse, 2006-2009

Nach EEG vergütete KWK-Stromerzeugung aus Biomasse nach Inbetriebnahmejahr	2006	2007	2008	2009	2010
	KWK-Anteil				
bis Ende 2003	0%	0%	0%	5%	6%
2004	15%	23%	30%	35%	38%
2005	27%	31%	34%	40%	44%
2006	26%	35%	39%	46%	49%
2007	-	42%	43%	52%	53%
2008	-	-	31%	41%	51%
2009	-	-	-	49%	32%
2010	-	-	-	-	17%
Gesamt	12%	21%	28%	35%	37%

Quellen: BNA 2011, eigene Berechnungen Öko-Institut.

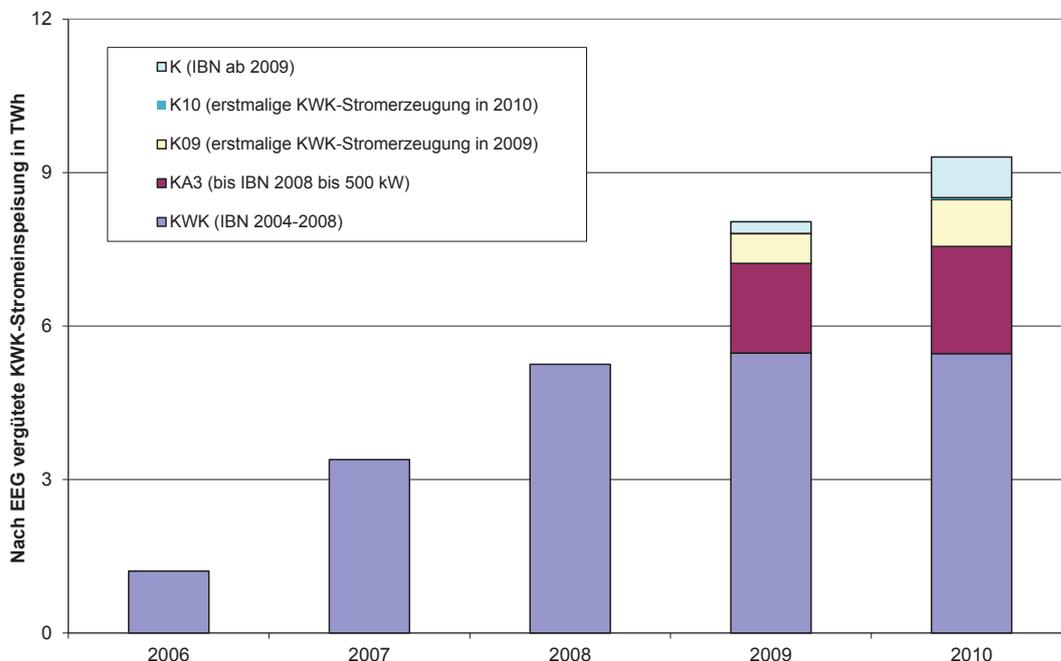
Der durchschnittliche KWK-Anteil über alle Inbetriebnahme-Jahrgänge stieg damit kontinuierlich von 12 auf 37 %.

Auch innerhalb der einzelnen Inbetriebnahme-Jahrgänge stiegen die KWK-Anteile stetig bis auf Höchstwerte von 53 % pro Inbetriebnahme-Jahr im Jahr 2010. Der Anstieg innerhalb der einzelnen Kategorien der Inbetriebnahme-Jahre beruht auf dem zeitlichen Verzug der Inbetriebnahme der Anlagenteile der Wärmeperipherie: Da diese oftmals erst nach der Inbetriebnahme der stromerzeugenden Anlagen fertig gestellt wird, kann die KWK-Vergütung erst mit einem gewissen zeitlichen Verzug in Anspruch genommen werden.

Zusätzlich muss berücksichtigt werden, dass sich die Vergütungsansprüche mit der Novelle des EEG geändert haben und damit seit 2009 auch Anlagen mit einer Inbetriebnahme bis Ende 2003 unter bestimmten Bedingungen eine Vergütung für KWK-Strom erhalten können. Im Jahr 2009 waren das 0,26 TWh aus Anlagen, die bis Ende 2003 in Betrieb gingen, im Jahr 2010 war sogar noch ein leichter Anstieg auf 0,31 TWh zu bemerken.

In der folgenden Abbildung ist die vergütete KWK-Stromerzeugung nach den verschiedenen Vergütungskategorien unterteilt:

Abbildung 4-2 Nach dem EEG vergüteter KWK-Strom 2006-2010



Quellen: BNA 2012; eigene Berechnungen Öko-Institut.

Der größte Teil der KWK-Stromerzeugung (5,5 TWh) stammt im Jahr 2010 damit aus Anlagen, die bereits in den Vorjahren den KWK-Strom vergütet bekommen haben (Vergütungscode KWK), 2,1 TWh ist „alter“ KWK-Strom aus diesen Anlagen, der seit 2009 nun auch vergütet wird (KA3). Knapp 1 TWh aus diesen Anlagen beträgt die Strommenge, die erstmalig im Jahr 2009 oder 2010 in KWK erzeugt wurde (K09 und K10). 1 TWh stammt aus Anlagen mit Inbetriebnahme im Jahr 2009 oder 2010(K).

Bei einer detaillierten Untersuchung der BNA-Daten zur Vergütung nach dem EEG (BNA 2012) fallen einige Unstimmigkeiten hinsichtlich der KWK-Codes auf. Nach Rücksprache mit Versorgungsnetzbetreibern erfolgt die Vergabe der Vergütungskategorien durch Wirtschaftsprüfer, die die Anlagen abnehmen. Von der BNA und den Versorgungsnetzbetreibern werden diese Kategorien nur sehr stichprobenartig und bei offensichtlichen Unstimmigkeiten überprüft. Es kann deshalb angenommen werden, dass es durchaus zu Ungenauigkeiten in Bezug auf die Einordnung zu den verschiedenen KWK-Codes kommen kann.

Um die nicht EEG-vergütete KWK-Stromerzeugung ebenfalls zu berücksichtigen, wurde im Rahmen des KWK-Monitorings 2010 eine detaillierte Methodik entwickelt (siehe dazu Öko-Institut 2012a). Auf Basis eines jährlichen KWK-Anteils, der sich aus den BNA-Daten ergibt, und anderen Annahmen, wurde die gesamte biogene KWK-

Stromerzeugung ermittelt. Dabei wurde die nicht nach dem EEG vergütete biogene Stromerzeugung (als Differenz zwischen AGEE-Stat und BNA) berücksichtigt, ebenso wie die nicht vergütete KWK-Stromerzeugung (z. B. aus Anlagen mit einer Inbetriebnahme vor dem 1.1.2004, oberhalb bestimmter Leistungszonen oder wegen anderer Ausschlusskriterien). Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind in der Tabelle 4-11 dargestellt.

Tabelle 4-11 Gesamte KWK-Stromerzeugung aus biogenen Anlagen, 2006 - 2010

Gesamte biogene KWK-Stromerzeugung	2006	2007	2008	2009	2010
	TWh _{el}				
Gesamt	3,3	5,2	6,9	9,1	10,5
Biomasse	3,2	5,0	6,7	8,9	10,4
davon					
IBN vor 2004	1,4	1,3	1,3	1,3	1,4
IBN ab 2004	1,7	3,7	5,4	7,6	9,0
Deponiegas	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Klärgas	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2

Quellen: Statistisches Bundesamt (Erhebungen 066 und 067), BMU 2012a, BNA 2012, eigene Berechnungen Öko-Institut.

Damit beträgt die gesamte biogene KWK-Stromerzeugung der allgemeinen Versorgung, der industriellen Kraftwirtschaft und der Anlagen außerhalb der Erfassung der 066 und 067 im Jahr 2010 10,5 TWh. Gegenüber 2006 hat damit mehr als eine Verdreifachung stattgefunden.

Von der gesamten biogenen KWK-Stromerzeugung muss anschließend die biogene Stromerzeugung der allgemeinen Versorgung sowie der industriellen Kraftwirtschaft (Tabellen 066+067) abgezogen werden. Damit ergibt sich die KWK-Stromerzeugung der biogenen Anlagen außerhalb der statistischen Erfassung der Tabellen 066 und 067 das in Tabelle 4-12 gezeigte Bild.

Tabelle 4-12 KWK-Stromerzeugung aus biogenen Anlagen außerhalb der statistischen Erfassung der Erhebungen 066+067, 2006-2010

KWK-Stromerzeugung von Biomasse-Anlagen außerhalb der Statistiken 066 und 067	2006	2007	2008	2009	2010
	TWh _{el}				
AGEE-Stat, nach Abzug der AV und IKW	0,5	2,5	4,0	5,5	6,6
Biomasse	0,4	2,4	3,9	5,3	6,5
Deponiegas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Klärgas	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Quellen: Statistisches Bundesamt (Erhebungen 066 und 067), BMU 2012a, BNA 2012, eigene Berechnungen Öko-Institut.

Es zeigt sich, dass die statistisch nicht über die Erhebungen 066 und 067 erfasste KWK-Stromerzeugung aus Deponie- und Klärgas mit 0,1 TWh über den gesamten Zeitraum nicht weiter ins Gewicht fällt, hingegen die KWK-Stromerzeugung aus fester, flüssiger und gasförmiger Biomasse von 0,4 TWh im Jahr 2006 auf 6,5 TWh im Jahr 2010 sehr stark angestiegen ist.

Unter Verwendung einer jährlichen durchschnittlichen Stromkennzahl (0,55 im Jahr 2006 ansteigend bis auf 0,73 im Jahr 2010) lässt sich anschließend die KWK-Wärmeerzeugung dieser Anlagen ermitteln:

Tabelle 4-13 KWK-Wärmeerzeugung aus biogenen Anlagen außerhalb der statistischen Erfassung der Tabellen 066+067, 2006-2010

	2006	2007	2008	2009	2010
	PJ				
KWK-Wärmeerzeugung biogener Anlagen außerhalb der Tabellen 066 und 067	3,4	14,2	21,9	28,3	32,9
Biomasse	2,7	13,5	21,2	27,5	32,1
Deponiegas	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
Klärgas	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7

Quellen: Statistisches Bundesamt (Erhebungen 066 und 067), BMU 2012a, BNA 2012, eigene Berechnungen Öko-Institut.

Während sich die KWK-Stromerzeugung der Biomasse-Anlagen außerhalb der statistischen Erfassung von 2006 auf 2010 mehr als verzehnfacht hat, ist die damit verbundene Wärmeerzeugung etwas schwächer angestiegen.

Nach Analyse der Daten der AGEE-Stat und des statistischen Bundesamtes kann geschlossen werden, dass die Erfassung für die Erhebungen 066 und 067 des Statistischen Bundesamtes nicht mit dem dynamischen Ausbau in diesem Sektor Schritt gehalten hat. So besteht besonders im Bereich der Anlagen, die mit fester Biomasse betrieben werden, eine erhebliche Lücke in der Erfassung, die dem Statistischen Bundesamt bekannt ist. Der schnelle Ausbau in dem Bereich der Anlagen mit einigen Megawatt und die fehlende Meldepflicht führten dazu, dass die statistischen Landesämter keine vollständige Kenntnis über die Aufnahme des Betriebs dieser Anlagen hatten. In den kommenden Jahren soll der Erfassungsgrad deutlich steigen, es ist deshalb mit einer Verschiebung zwischen den Kategorien zu rechnen. Grundsätzlich bedeutet das aber bis zu einer Verbesserung der Datenlage, dass die in diesem Abschnitt berichteten biogenen Anlagen nicht ausschließlich eine Leistung unter 1 MW aufweisen, sondern dass hier entgegen der eigentlichen Methodik auch größere Anlagen enthalten sind.

Für die Zusammenfassung der KWK-Erzeugung im nächsten Kapitel wurde die biogene Stromerzeugung im Jahr 2011 mit den Ende 2012 verfügbaren Statistiken abgeschätzt. Dabei wurde die gleiche Methodik wie für die Vorjahre angesetzt, nur wurden alle BNA Daten zur EEG-Vergütung, die zu diesem Zeitpunkt noch nicht verfügbar waren, aus dem Jahr 2010 übernommen.

4.4 Zusammenfassung

Die gesamte KWK-Stromerzeugung ist im Zeitraum 2003 – 2011 von 75,6 auf 91,0 TWh angestiegen, was einer Steigerung um 20 % entspricht (siehe Abbildung 4-3). Die allgemeine Versorgung ist an diesem Anstieg nicht beteiligt: die KWK-

Stromerzeugung der öffentlichen Versorgung schwankte innerhalb des Zeitraum nur leicht. Die KWK-Stromerzeugung der industriellen Kraftwirtschaft ist nahezu konstant gestiegen, bis 2011 ggü. 2003 um insgesamt 21 %. Der Zuwachs der fossilen und biogenen Anlagen außerhalb der statistischen Erfassung der 066 und 067 ist hingegen ungleich höher: So verdoppelte sich die KWK-Stromerzeugung der kleinen fossilen Anlagen im betrachteten Zeitraum. Die der biogenen Anlagen außerhalb der Tabellen 066 und 067 begann erst 2006 ins Gewicht zu fallen und hat sich seitdem mehr als verzehnfacht. In Bezug auf die gesamte KWK-Stromerzeugung hatten die Anlagen außerhalb der Erhebungen 066 und 067 im Jahr 2011 einen Anteil von 13 %.⁵

Abbildung 4-3 KWK-Stromerzeugung in Deutschland, 2003-2011



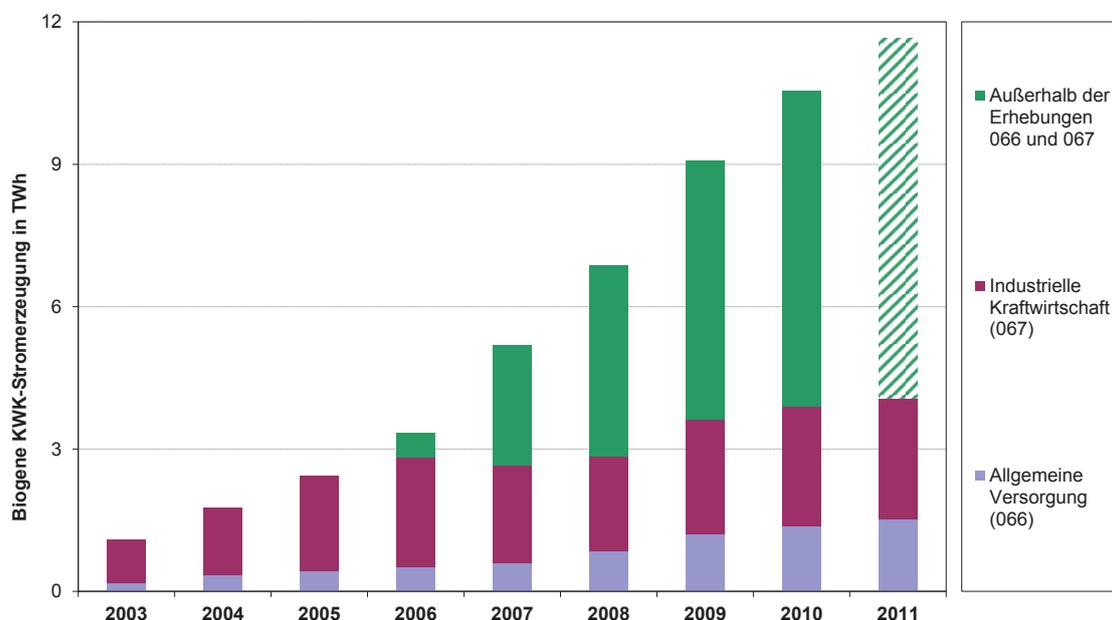
⁵ Da die Daten zur EEG-Vergütung der BNA für das Jahr 2011 noch nicht vorliegen, handelt es sich bei den Zahlen zur biogenen Stromerzeugung außerhalb der Tabellen 066 und 067 an allen Stellen in diesem Bericht um Schätzwerte, die in der Methodik des KWK-Monitoring auf Basis der bis November 2012 vorliegenden statistischen Daten des STBA und aus BMU 2012 ermittelt wurden.

KWK-Stromerzeugung	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
	TWh								
Biogene Anlagen außerhalb der Erhebungen 066 und 067	0,0	0,0	0,0	0,5	2,5	4,0	5,5	6,6	7,6
Fossile BHKW außerhalb der Erhebungen 066 und 067	1,8	2,0	2,1	2,2	2,4	2,7	2,9	3,3	3,8
Industrielle Kraftwirtschaft	23,5	22,9	25,6	25,8	25,8	25,7	26,6	29,8	28,4
Allgemeine Versorgung	50,3	52,4	52,3	54,0	51,9	53,8	50,5	53,4	51,1
Gesamt	75,6	77,2	80,0	82,5	82,6	86,2	85,4	93,1	91,0
Biogen	1,1	1,8	2,4	3,3	5,2	6,9	9,1	10,5	11,7
Fossil	74,6	75,5	77,6	79,2	77,4	79,3	76,3	82,6	79,3
Anteil biogen	1,4%	2,3%	3,0%	4,0%	6,3%	8,0%	10,6%	11,3%	12,8%

Quellen: StBA (Erhebungen 066 und 067); BHKW-Umfrage der Öko-Instituts, BMU 2012a, BNA 2012.

Der Anteil der biogenen KWK-Stromerzeugung stieg von 2003 auf 2011 von 1,4 % auf 12,8 % und lag im Jahr 2011 bei 11,7 TWh. Damit ist die gekoppelte biogene Stromerzeugung mit einer Verzehnfachung doppelt so stark angestiegen wie die gesamte biogene Stromerzeugung (siehe Tabelle 4-7). In der Abbildung 4-4 ist die Entwicklung der biogenen KWK-Stromerzeugung nach den verschiedenen Erzeuger-Kategorien dargestellt:

Abbildung 4-4 Entwicklung der biogenen KWK-Stromerzeugung, 2003-2011



Biogene KWK-Stromerzeugung	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
	TWh								
Außerhalb der Erhebungen 066 und 067	0,0	0,0	0,0	0,5	2,5	4,0	5,5	6,6	7,6
Industrielle Kraftwirtschaft	0,9	1,4	2,0	2,3	2,1	2,0	2,4	2,5	2,5
Allgemeine Versorgung	0,2	0,4	0,4	0,5	0,6	0,9	1,2	1,4	1,5
Gesamt	1,1	1,8	2,4	3,3	5,2	6,9	9,1	10,5	11,7

Quellen: StBA (Tabellen 066 und 067); BMU 2012a; BNA 2012, eigene Berechnungen Öko-Institut.

In der allgemeinen Versorgung ist ein stetiger Anstieg der biogenen KWK-Stromerzeugung zu verzeichnen, in der industriellen Kraftwirtschaft lässt sich seit dem Jahr 2005 eher eine Stagnation beobachten. Der Anstieg außerhalb der Erhebungen 066 und 067 ist absolut dominierend, wobei der schnelle Ausbau der biogenen KWK-Anlagen berücksichtigt werden muss, der dazu geführt hat, dass zahlreiche Anlagen noch nicht durch die Statistischen Landesämter erfasst wurden. Das bedeutet, dass damit zu rechnen ist, dass sich das Bild in den kommenden Jahren zu einem stärkeren Anstieg im Bereich der allgemeinen Versorgung hin verschieben wird.

Eine vollständige Übersicht über die KWK-Stromerzeugung nach Brennstoffen ist in Tabelle 4-14 zusammen gestellt:

Tabelle 4-14 KWK-Stromerzeugung nach Brennstoffarten

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
	TWh								
Gesamt	75,6	77,2	80,0	82,5	82,6	86,2	85,4	93,1	91,0
Kohle	24,6	24,0	20,8	19,3	17,9	18,2	18,2	20,8	19,3
Öl	4,3	3,9	3,9	3,7	3,7	3,1	2,8	2,6	2,2
Gas	43,1	45,2	49,6	52,7	52,5	54,7	52,0	55,3	53,9
Biomasse	1,9	2,4	3,2	4,3	6,3	8,2	10,4	12,1	13,3
Sonstige	1,7	1,8	2,5	2,6	2,2	2,0	2,0	2,3	2,3
AV +IKW	73,8	75,3	77,9	79,8	77,6	79,5	77,0	83,2	79,6
Kohle	24,6	24,0	20,8	19,3	17,9	18,2	18,2	20,8	19,3
Öl	3,9	3,5	3,5	3,3	3,3	2,7	2,4	2,3	1,9
Gas	41,7	43,6	47,9	50,9	50,4	52,5	49,4	52,4	50,4
Biomasse	1,9	2,4	3,2	3,8	3,8	4,1	4,9	5,4	5,7
Sonstige	1,7	1,8	2,5	2,6	2,2	2,0	2,0	2,3	2,3
Kleine BHKW < 1 MW	1,8	2,0	2,1	2,2	2,4	2,7	2,9	3,3	3,8
Öl	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3
Gas	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,3	2,5	2,9	3,5
Biogen außerhalb der Tabellen 066 und 067	0,0	0,0	0,0	0,5	2,5	4,0	5,5	6,6	7,6

Biomasse AV+IKW inklusive biogenem Anteil von Müll, Biogen außerhalb der Erhebungen 2011 geschätzt.

Quellen: StBA (Erhebungen 066 und 067); BHKW-Umfrage der Öko-Instituts, BMU 2012a, BNA 2012.

Die KWK-Stromerzeugung findet vor allem in gasbetriebenen Anlagen statt, wobei der Anteil an der gesamt-KWK-Stromerzeugung im betrachteten Zeitraum bei etwa 60 % relativ konstant geblieben ist. Der Kohleanteil ist in den ersten Jahren gesunken, stagniert jedoch seit 2007 bei 21-22 %. Wie aus den vorhergehenden Analysen zu erwarten zeigt der Biomasse-Anteil die stärkste Entwicklung von 3 auf 15 %⁶.

Die gesamte KWK-Wärmeerzeugung ist im Gegensatz zur KWK-Stromerzeugung nur um 8 % von 644 PJ im Jahr 2003 auf 697 PJ im Jahr 2011 gestiegen. Der Anteil der industriellen Kraftwirtschaft an der Wärmeerzeugung ist merklich höher, die biogenen und fossilen Anlagen außerhalb der statistischen Erfassung der 066 und 067 trugen hier im Jahr 2011 nur 8 % zum Gesamtergebnis bei.

Abbildung 4-5 KWK-Wärmeerzeugung in Deutschland, 2003-2011



KWK-Wärmeerzeugung	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
	PJ								
Biogene Anlagen außerhalb der Erhebungen 066 und 067	0	0	0	3	14	22	28	33	37
Fossile BHKW außerhalb der Erhebungen 066 und 067	10	11	12	12	14	15	16	18	21
Industrielle Kraftwirtschaft	295	279	288	282	287	286	285	313	304
Allgemeine Versorgung	338	361	365	370	348	355	343	363	335
Gesamt	644	650	665	668	663	678	673	727	697

Quellen: StBA (Tabellen 066 und 067); BNA 2012; BMU 2012a; BHKW-Umfrage des Öko-Instituts.

⁶ In der Darstellung hier ist der biogene Anteil des Mülls mit in die Biomasse einbezogen worden, wodurch der Wert für Biomasse gegenüber der vorhergehenden Tabelle noch etwas höher liegt.

Für die Betrachtung der Entwicklung der KWK-Stromerzeugung ist auch ein Blick auf die gesamte Stromerzeugung erforderlich. Dazu wird die ermittelte gesamte KWK-Stromerzeugung einmal zur Brutto-Stromerzeugung nach der Statistik der Kohlenwirtschaft (STRERZ) und einmal zur Netto-Stromerzeugung ins Verhältnis gesetzt. Die Netto-Stromerzeugung wird dabei berechnet durch Abzug des Eigenverbrauchs von der Brutto-Stromerzeugung: Der Eigenverbrauch der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft wird den statistischen Erhebungen 066+067 entnommen und der Eigenverbrauch der sonstigen Stromerzeugung mit 7 % angenommen (Tabelle 2-14).

Tabelle 4-15 Berechnung der KWK-Anteile an der Gesamtstromerzeugung, 2003-2011

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
	TWh								
Gesamte KWK-Stromerzeugung	76	77	80	83	83	86	85	93	91
Stromerzeugung Kond+KWK (netto, AV+IKW)	542	543	543	552	537	534	489	518	478
Allgemeine Versorgung	498	499	498	505	488	489	446	469	446
Industrielle Kraftwirtschaft	44	44	46	47	49	46	43	49	47
Brutto-Stromerzeugung insgesamt (STRERZ)	607	615	621	637	637	637	592	628	615
Eigenverbrauch AV+IKW (brutto-netto)	39	39	39	39	39	38	36	37	35
Eigenverbrauch Private (netto+7%)	2	2	3	3	4	5	5	5	7
Netto-Stromerzeugung	566	574	579	594	594	594	552	586	573
	%								
KWK-Anteil bezogen auf Brutto-Stromerzeugung	12,5%	12,6%	12,9%	13,0%	13,0%	13,5%	14,4%	14,8%	14,8%
KWK-Anteil bezogen auf Netto-Stromerzeugung	13,4%	13,4%	13,8%	13,9%	13,9%	14,5%	15,5%	15,9%	15,9%

Quellen: Statistik der Kohlenwirtschaft; StBA (Tabellen 066 und 067); eigene Berechnungen Öko-Institut.

Die Definition des KWK-Ziels einer Verdopplung des KWK-Anteils auf 25 % bis zum Jahr 2020, bezog sich auf die Bruttostromerzeugung. Da die KWK-Stromerzeugung jedoch stets als Netto-Wert vorliegt, sollte dieser auch auf die Netto-Stromerzeugung bezogen werden. Der so ermittelte KWK-Anteil beträgt 13,4 % im Jahr 2003 und stieg schwach, aber kontinuierlich auf 15,9 % in den Jahren 2010 und 2011 an.

Ebenfalls in der allgemeinen Diskussion sind verschiedene Annahmen zur installierten KWK-Leistung. Im Prinzip sollte unter dieser nur die elektrische installierte Engpaßleistung einer Anlage verstanden werden, die der maximalen elektrischen Leistung bei gleichzeitiger maximaler Wärmeauskopplung entspricht. Dabei sollte also nur derjenige Anteil der elektrischen Leistung betrachtet werden, der direkt mit der Wärmeauskopplung verbunden ist (die KWK-Scheibe). Im Rahmen des KWK-Monitorings (Öko-Institut 2012a) wurde die derzeit installierte Leistung für die allgemeine Versorgung, die industrielle Kraftwirtschaft und die nicht durch die Erhebungen 066 und 067 erfassten fossilen und biogenen Anlagen. Bei einer gesamten im Jahr 2010 installierten elektrischen Engpassleistung von 78,3 GW betrug die KWK-Leistung 28,5 GW, dabei entfallen 95 % der installierten Leistung auf die allgemeine Versorgung und die industrielle Kraftwirtschaft (Tabelle 4-16).

Tabelle 4-16 *Installierte elektrische Leistung (gesamt und KWK) im Jahr 2010*

	Elektrische Netto- Engpassleistung	Elektrische KWK-Leistung (netto)
	GW	
Gesamt	78,3	28,5
Dampfturbinen	54,4	14,9
Gasturbinen	18,0	10,2
Motoren + Sonstige Anlagen	5,9	3,5
Gesamt AV + IKW	74,1	26,4
Dampfturbinen	54,0	14,7
Gasturbinen	18,0	10,2
Motoren + Sonstige Anlagen	2,1	1,5
Außerhalb der Erhebungen 066 und 067	4,2	2,1
Dampfturbinen	0,4	0,1
Motoren	3,8	2,0

Quelle: Öko-Institut 2012a.

Eine Aufgliederung der KWK-Stromerzeugung auf die verschiedenen Anlagenarten ist in Tabelle 4-17 dargestellt. Die KWK-Stromerzeugung in Gasturbinen hat im betrachteten Zeitraum deutlich zugenommen von 28,7 auf 38,9 TWh, ebenso die KWK-Stromerzeugung in Motoren, die einen noch deutlicheren Anstieg von 5,3 auf 13,7 TWh aufweist. Der Anstieg bei den Motoren beruht vor allem auf der verstärkten Erzeugung außerhalb der Erhebungen 066 und 067.

Tabelle 4-17 *KWK-Stromerzeugung nach Anlagenarten*

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
	TWh								
Gesamt	75,6	77,2	80,0	82,5	82,6	86,2	85,4	93,1	91,0
Dampfturbinen	41,6	41,1	37,7	36,3	35,8	35,9	36,1	40,2	38,3
Gasturbinen	28,7	30,2	36,2	39,4	38,1	40,3	38,3	40,4	38,9
Motoren	5,3	5,8	5,9	6,8	8,6	9,8	10,9	12,4	13,7
Sonstige Anlagen	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
AV + IKW	73,8	75,3	77,9	79,8	77,6	79,5	77,0	83,2	79,6
Dampfturbinen	41,6	41,1	37,7	36,1	35,1	34,7	34,5	38,2	36,0
Gasturbinen	28,7	30,2	36,2	39,4	38,1	40,3	38,3	40,4	38,9
Motoren	3,5	3,9	3,9	4,2	4,4	4,4	4,2	4,4	4,5
Sonstige Anlagen	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Kleine BHKW < 1 MW	1,8	2,0	2,1	2,2	2,4	2,7	2,9	3,3	3,8
Motoren	1,8	2,0	2,1	2,2	2,4	2,7	2,9	3,3	3,8
Biogen außerhalb der Erhebungen 066 und 067	0,0	0,0	0,0	0,5	2,5	4,0	5,5	6,6	7,6
Dampfturbinen	0,0	0,0	0,0	0,2	0,8	1,2	1,6	2,0	2,3
Gasturbinen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Motoren	0,0	0,0	0,0	0,4	1,8	2,8	3,8	4,7	5,3

Biomasse AV+IKW inklusive biogenem Anteil von Müll, Biogen außerhalb der Tabellen 2011 geschätzt

Quellen: StBA (Erhebungen 066 und 067); BHKW-Umfrage der Öko-Instituts, BMU 2012a, BNA 2012.

5 Netzgebundene Wärmeversorgung

Analog zu der vorhergehenden Darstellung des Ist-Zustands der KWK-Erzeugung werden in diesem Kapitel der Bestand der Wärmenetze, die Netzeinspeisung und die Fernwärmenachfrageentwicklung der letzten Jahre dargestellt und diskutiert. Anschließend wird die Entwicklung des Wärmenetzausbaus verschiedenen Förderinstrumenten zugeschrieben. Zurückgegriffen wird dabei insbesondere auf Angaben des Statistischen Bundesamtes (StBA), des Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. (AGFW), des Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW), der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) und des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi), ergänzt um Ergebnisse aus Erhebungen im Rahmen der MAP-Evaluierungen.

Mit den Erhebungsbögen über „die Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung der Stromerzeugungsanlagen für die allgemeine Versorgung – 066K“⁷, „die Stromerzeugungsanlagen der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden – 067“ sowie „Erzeugung, Bezug, Verwendung und Abgabe von Wärme – 064“⁸ erfassen die Statistischen Ämter der Länder heute bereits alle in öffentliche Wärmenetze einspeisenden Anlagen, sofern sie eine thermische Leistung von mindestens 2 MW oder eine elektrische Leistung (KWK-Anlagen) von mindestens 1 MW besitzen. Um die kleineren Anlagen ebenfalls weitestgehend aufnehmen zu können, wurde auf Evaluationen laufender Förderungen für Wärmenetze zurückgegriffen. Hier sind in erster Linie das Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWKG) sowie das Marktanreizprogramm für erneuerbare Energien (MAP) zu nennen (siehe Kapitel 9.1 und 9.11). Da Wärmenetze mit einem Einspeiseanteil von KWK ab 60 % gemäß der MAP-Förderrichtlinie, Paragraph 14.1.4.2 sowie §5, Abs. 1, Nr. 2 KWKG zunächst durch das KWKG zu fördern sind, kann es bezüglich des Netzausbaus zu Doppelzählungen kommen, wenn die Evaluationsergebnisse zum Wärmenetzausbau beider Förderungen aufsummiert werden. Weil eine Förderung über beide Instrumente sehr wahrscheinlich ist, wird der über das KWKG geförderte Netzzubau mit biogenen Brennstoffen nicht gewertet. Eine ausführlichere Untersuchung des Beitrags des KWKG zum Netzausbau ist in Kapitel 6.2.2 zu finden. Mit der Förderrichtlinie vom 20. Juli 2012 wird die kumulierte Förderung von KWKG und MAP aufgehoben. Insofern die Wärmeeinspeisung zu mindestens 60 % aus hocheffizienter KWK stammt, wird nur durch das KWKG gefördert. In allen anderen Fällen von EE(anteiligen-)-Wärmenetzen kann eine Förderung durch das MAP beantragt werden.

⁷ Jährliche Primärerhebung mit Auskunftspflicht bei maximal 1000 Betreibern von Unternehmen und Betrieben der Elektrizitätsversorgung. Energieversorgungsunternehmen (EVU) sind gemäß dem „Zweiten Gesetz zur Neuregelung des Energiewirtschaftsrechts“ natürliche und juristische Personen, die Energie an andere liefern, ein Energieversorgungsnetz betreiben oder an einem Energieversorgungsnetz als Eigentümer Verfügungsbefugnis besitzen.

⁸ nur Heizwerke

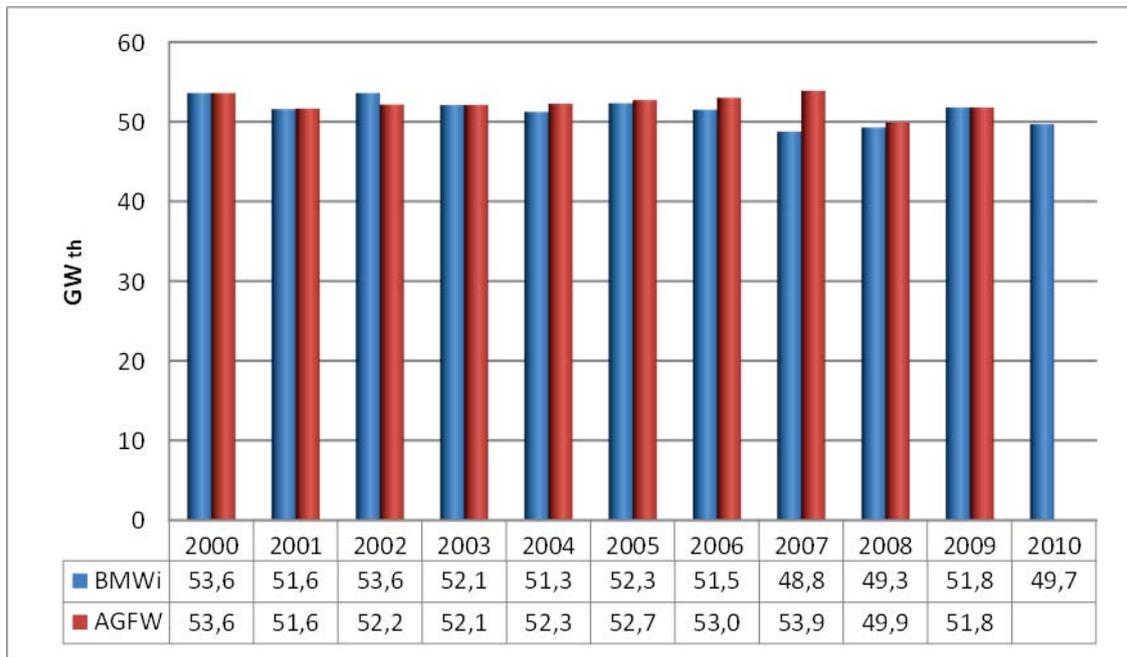
Förderungen der Länder, insbesondere im Zusammenhang mit der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur“ sowie „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ wurden nicht berücksichtigt, da hierzu keine ausreichenden Informationen vorliegen.

5.1 Wärmeerzeugung

Informationen zur Wärmeerzeugungsleistung werden von AGFW, BMWi sowie StBA veröffentlicht. Die Angaben von AGFW und BMWi liegen größtenteils recht nahe zusammen, dies auch, weil die BMWi-Angaben u.a. auch auf die der AGFW zurückgreifen. Das BMWi stützt sich neben AGFW auch auf Angaben der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) sowie eigenem Wissen. AGFW erfasst über seine Mitglieder nach eigener Aussage rund 90 % der bundesweit in Nah- und Fernwärmenetzen installierten Leistung von etwa 57 GW_{th}⁹. Die Daten des StBA zur Erzeugungsleistung sind auf Heizkraftwerke der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft begrenzt, deren thermische Netto-Engpassleistung betrug im Jahr 2010 64 GW_{th}. Für die Gesamtabstschätzung der installierten Einspeiseleistung werden sie nicht weiter herangezogen, da die gesammelte Einspeisung der Heizkraftwerke und Heizwerke in das Fernwärmenetz nicht ausgewiesen ist. Die AGFW und BMWi-Daten zeigen eine etwa gleichbleibende installierte Wärmeleistung von etwa 52 GW_{th}.

⁹ Angabe von 57 GW_{th} Anschlussleistung in AGFW-Branchenreport 2009, S. 13

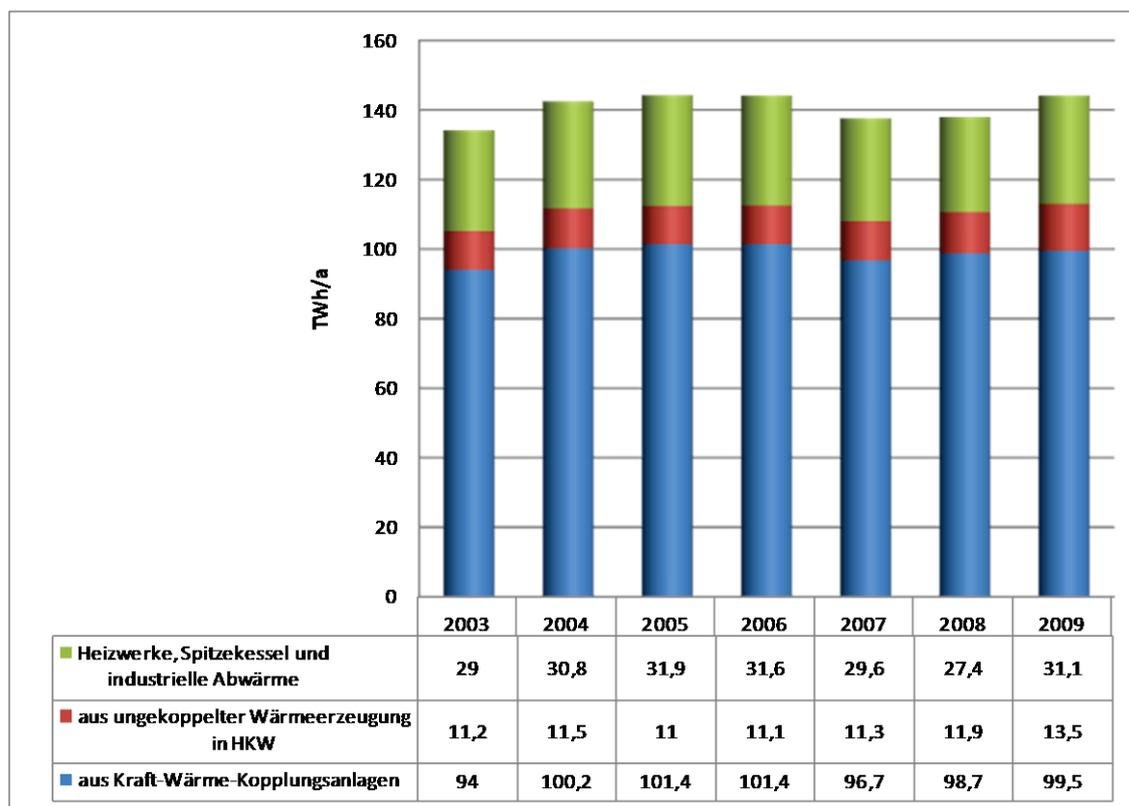
Abbildung 5-1 *Installierte Wärmeleistung für Fernwärme; Gegenüberstellung der Angaben von AGFW und BMWi, 2000-2010*



Quelle: BMWi 2012, AGFW-Branchenreporte und Hauptberichte 2000 bis 2009.

Seit dem Jahre 2003 erhebt das Statistische Bundesamt Daten zur Erzeugung, zum Bezug, zur Verwendung und Abgabe von Wärme (Statistik-Nr. 064). Diese Daten sind zusammen mit den Ergebnissen der Erhebung 066 in der folgenden Abbildung dargestellt. Gut 70 % der Fernwärmeerzeugung in öffentlichen Netzen wird in KWK bereitgestellt (vgl. Abbildung 5-2).

Abbildung 5-2 Fernwärmeerzeugung und KWK-Anteil 2003-2009



Quelle: StBA 2010, eigene Darstellung.

5.2 Trassenlängen

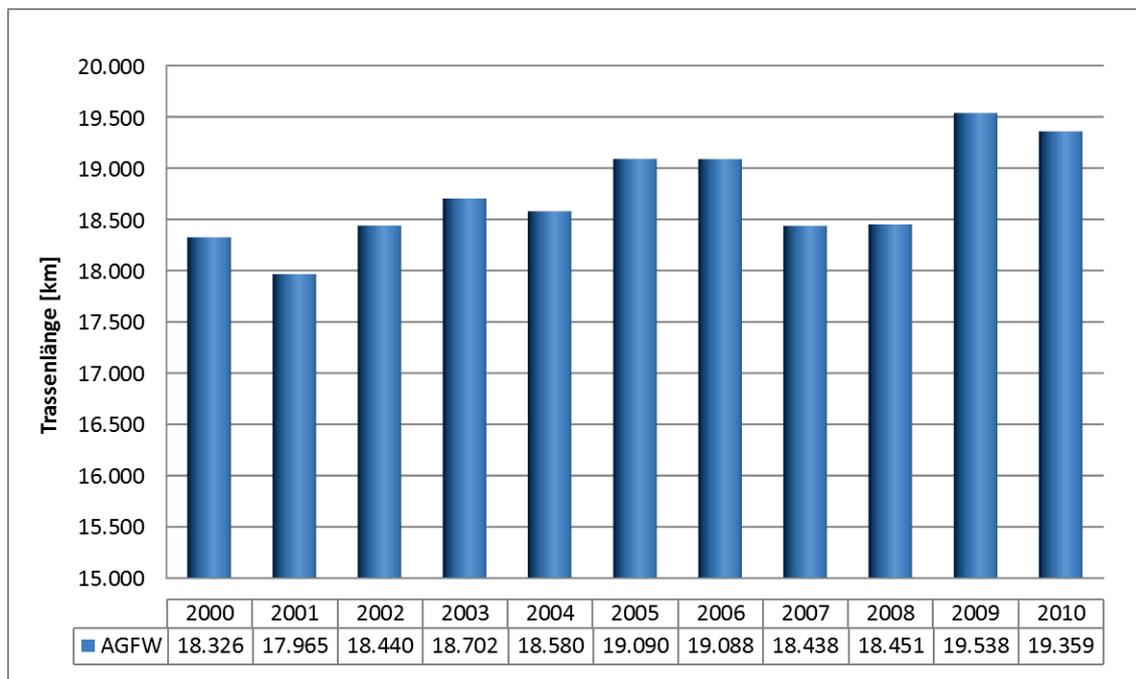
Nach Aussage der AGFW werden mit rund 20.000 km durch den Verband selbst nur rund 20 % der Wärmenetztrassen in Deutschland statistisch erfasst¹⁰. Die Abfragen des statistischen Bundesamts über die Fragebögen 064 „Erhebung über Erzeugung, Bezug, Verwendung und Abgabe von Wärme“ und 066K „Monatsbericht über die Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung der Stromerzeugungsanlagen für die allgemeine Versorgung“ beinhalten nur Wärmemengen, Technologie und Brennstoffe, nicht aber die Infrastruktur. Daher sind hier keinerlei Rückschlüsse möglich. Veröffentlichungen des BDEW korrespondieren mit denen der AGFW, während die Angaben seitens des Verbandes kommunaler Unternehmen e.V. (VKU) niedriger liegen.

Die übrigen nicht von AGFW erfassten rund 80.000 km sind teils ebenfalls große Fernwärmenetze, deren Betreiber jedoch nicht Mitglied des AGFWs und deshalb nicht über die AGFW-Statistik erfassbar sind. Aufgrund der Differenz von statistisch erfass-

¹⁰ Aussage des AGFW, vgl. dazu den AGFW Branchenreport 2009, S.14 auf Basis eigener Abschätzungen, davon ein Großteil Heizwassernetze bis DN 200 und damit auch inkl. Unterverteilungen und Stichleitungen zu Gebäuden sowie Nahwärmenetze. Etwa ein Viertel der 100.000 km sind nach den Einschätzungen Nahwärmenetze mit geringen Druck- und Temperaturparametern.

ten Gesamtwärmeeinspeisungen durch das Statistische Bundesamt und den Angaben des AGFW kann in Bezug auf die übrigen 80.000 km nur festgehalten werden, dass die Versorgungsdichte und der Wärmeabsatz bei einem Großteil dieser restlichen Netzlänge deutlich geringer ausfällt, da der AGFW und der VKU mit ihren Mitgliedern in Bezug auf die Wärmeabnahme einen wesentlichen Teil der öffentlichen Fernwärmeversorgung abdecken¹¹. Die Schwankungen begründen sich aus der Entwicklung der Umfrageteilnehmer und der von diesen eingebrachten Informationen zu ihren Wärmenetzen.

Abbildung 5-3 Entwicklung der im Rahmen der AGFW-Mitgliederbefragung erfassten Wärmenetz-Trassenlänge in Deutschland, 2000-2010



Quellen: AGFW 2010.

Statistisch nicht erfasste Wärmenetze

Aus den jährlichen Evaluierungsberichten zum MAP waren diejenigen Erzeugungsleistungen, Einspeisungen und Netzlängen zu eruieren, welche bisher nicht durch die Statistiken erfasst werden. Bereits seit 2004 werden Wärmenetze, damals noch in direktem Zusammenhang mit Biomasse- und Geothermieheiz-(kraft)-werken gefördert. Seit 2008 werden Wärmenetze auch unabhängig von einer Anlage bezuschusst. Aus den

¹¹ Im Abgleich mit den Daten des StBA (Energie auf einen Blick, 2009) beträgt die Wärmenetzeinspeisung der AGFW-Mitglieder rund 60 %. StBA erfasst mit der Umfrage nur den Wirtschaftszweig WZ 35 „Energieversorgung“, wodurch Eigenerzeugung ausgeschlossen ist. Jedoch werden von StBA alle Anlagen (und deren Netze) ab 2 MW_{th} bzw. 1 MW_{el} erfasst.

MAP-Evaluierungen geht hervor, dass insbesondere Heizwerke die Netzförderung in Anspruch genommen haben. Zu den wenigen geförderten KWK-Anlagen sind nur Anzahl und gesamte Leistung bekannt, wobei die durchschnittliche Leistung deutlich über 1 MW_{el} liegt. Es wird daher angenommen, dass sie bereits in den Statistiken erfasst sind. Auch wurden 2009 große Solarthermieanlagen mit einer Leistung von etwa 6,3 MW_{th} gefördert, wobei hier aufgrund der großen Anzahl an Anlagen nachfolgend nicht von einer Einspeisung in ein öffentliches Wärmenetz ausgegangen wird. In 2009 wurden zudem zwei Geothermieanlagen gefördert, die zusammen 19 MW_{th} leisten und damit auch über den Erhebungsbogen erfasst sein sollten (siehe Hinweis in Abschnitt 9.11).

Als nicht in der amtlichen Statistik erfasste Anlagen können die Biomasseheizwerke mit einer thermischen Leistung unter 2 MW betrachtet werden. Wird die potenzielle Wärmeerzeugung der Anlagen, die in den Jahren 2004 bis 2010 gefördert und in Betrieb gegangen sind über die Jahre addiert, ergibt sich ein Wert von knapp 0,9 TWh. Damit kann geschlussfolgert werden, dass zusätzlich zu der Wärmeerzeugung aus den Erhebungen etwa eine TWh zu berücksichtigen ist. Gegenüber dem Wert von etwa 140 TWh aus Fernwärme (siehe Abbildung 5-2) fällt die Wärmeerzeugung aus Anlagen unter 2 MW damit kaum ins Gewicht.

Tabelle 5-1 MAP-Förderung von Wärmenetzen, die in der amtlichen Statistik nicht erfasst worden sind, 2004-2010

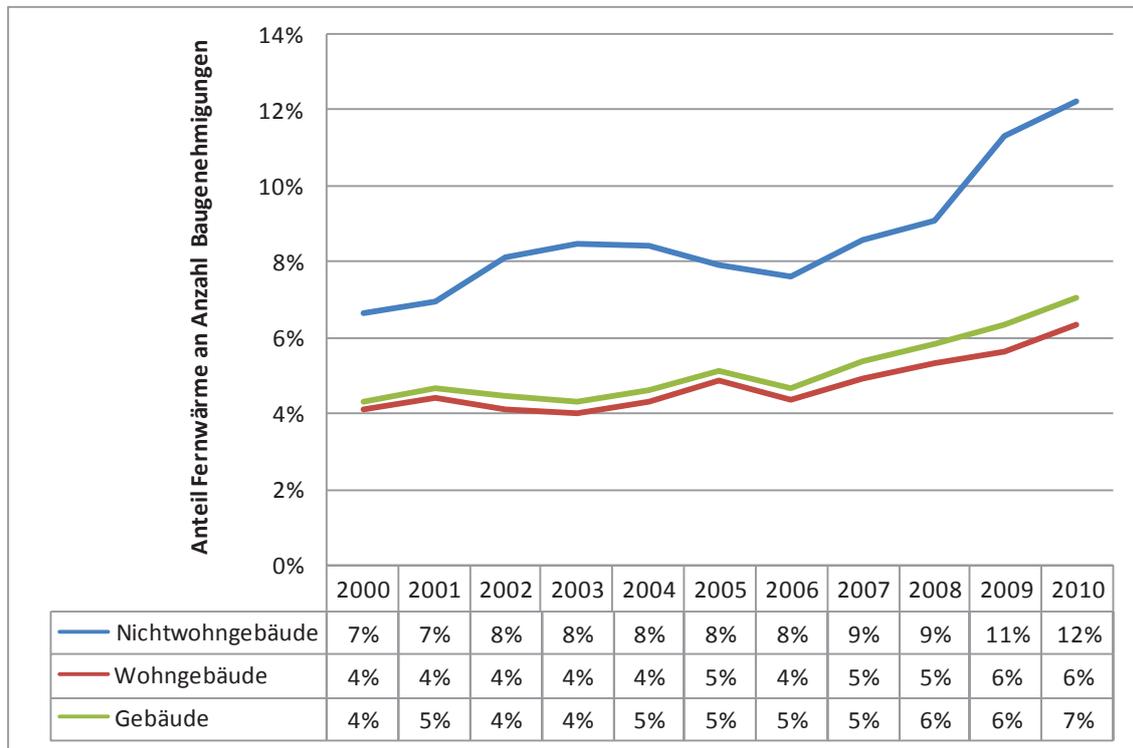
MAP-Förderungen	Einheit	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Förderungen	Anzahl	16	257	234	75	243	1.207	1.319
Tilgungszuschuss	T€					13	71.132	
Länge geförderter Netze gesamt	km	6	85	117	26	155	803	
Wärmeabnehmer	Anzahl						11.100	
Biomasseheizwerke								
neu installierte Heizwerke gesamt	Anzahl	178	443	231	115	150	78	520
neu installierte Leistung Heizwerke gesamt				111.430	40.191	52.423	27.060	153.342
davon < 2 MW thermisch	kWth							
davon < 2 MW thermisch	Anzahl	76	188	219	115	150	76	509
davon < 2 MW thermisch	kWth	22.820	56.795	79.130	40.191	52.423	22.736	128.839
davon < 2 MW thermisch	GWh	55	136	190	97	127	59	332

Quelle: MAP-Evaluierungen; teils Hochrechnungen aufgrund aggregierter Werte.

5.3 Fernwärmeversorgung von Neubauten

Den Daten des StBA sind die Anteile der Hauptssysteme zur Wärmeerzeugung von Neubauten zu entnehmen. Bei diesen ist seit 2007 ein Anstieg des Anteils von Fernwärme als vorwiegend verwendete Heizenergie im Neubau zu verzeichnen, insbesondere im Segment Nichtwohngebäude, wie Abbildung 5-4 verdeutlicht.

Abbildung 5-4 Anteil Gebäude mit Fernwärme als Heizenergie an der Gesamtanzahl genehmigter Gebäude



Quelle StaBA: Bautätigkeit, Fachserie 5, Reihe 1 – verschiedene Jahre.

Seit dem Jahr 2006 ist eine deutlich kontinuierliche Zunahme der Fernwärmeversorgung von Neubauten zu erkennen, sowohl bei den Wohngebäuden als auch bei den Nichtwohngebäuden.

6 KWKG-Förderung 2009-2012

Das wichtigste Förderinstrument der KWK ist das KWKG. Die Förderung, die in dessen Rahmen erfolgte, wird in diesem Kapitel beleuchtet, zum einen in Hinblick auf KWK-Anlagen (Kapitel 6.1) zum anderen auf Wärmenetze (Kapitel 6.2). Die Angaben zur Förderung werden jeweils anschließend in Bezug gesetzt zum Bestand an KWK-Anlagen bzw. Wärmenetzen, wie er in den beiden vorhergehenden Kapiteln erfasst wurde.

6.1 Förderung von KWK-Anlagen

6.1.1 Angaben zur erfolgten Förderung

Die Tabelle 6-1 zeigt die im Rahmen des KWKG geförderten KWK-Anlagen (Neuanlagen und Modernisierungen), welche im Zeitraum 2009-2012 in Betrieb gegangen sind, differenziert nach Leistungsklassen. Bei der Einordnung des Zahlenwerks ist zu berücksichtigen, dass es sich bei den dort verbuchten Neuerrichtungen (teilweise) auch um den Ersatz bereits vorhandener Anlagen handelt, so dass in diesen Fällen dem Neubauumfang ein entsprechendes Rückbauvolumen bzw. eine geänderte Betriebsweise der Altanlage gegenübersteht (vgl. Kapitel 4.1.2). Bei den Modernisierungen sind die Leistungswerte nach der Anlagenerneuerung eingeflossen, was i.d.R. eine mehr oder weniger große Leistungserhöhung gegenüber dem Ausgangszustand bedeutet.

Vergleicht man die Einzeljahre miteinander, zeigt sich folgendes Bild: Im Jahr 2010 ging eine geförderte elektrische Gesamt-Nettoleistung von etwa 794 MW_{el} ans Netz, was gegenüber 2009 (546 MW_{el}) einen deutlichen Anstieg darstellte. Dieser resultierte im Wesentlichen aus der Inbetriebnahme von sechs großen KWK-Anlagen über 50 MW_{el}. Im Jahr 2009 ging nur eine Anlage oberhalb dieser Leistungsgrenze in Betrieb. Bei den Anlagen mit einer Leistung von bis zu 50 kW_{el} hingegen war aufgrund der Einstellung der Mini-KWK-Förderung (vgl. Kap.9.10) im Jahr 2010 gegenüber dem Jahr 2009 ein deutlicher Rückgang der Anlagenzahlen und Anlagenleistung zu verzeichnen. Im Jahr 2011 stieg jedoch die Anzahl der kleinen geförderten BHKW ohne spezielle Kleinanlagen-Förderung bis 50 kW_{el} wieder deutlich an, im Bereich der Anlagen zwischen 10 und 50 kW_{el} sogar wieder auf das Niveau des Jahres 2009. Dieser Trend setzte sich im Jahr 2012 dann besonders in der Leistungsklasse bis 10 kW_{el} weiter fort – nicht zuletzt auch durch den Beginn der Mini-KWK-Förderung zum 1. April (2012).

Insgesamt lag in den Jahren 2011 und 2012 die installierte elektrische Leistung aller in Betrieb gegangenen und geförderten KWK-Anlagen mit 583 MW_{el} bzw. 381 MW_{el} jedoch wieder deutlich unter dem Niveau von 2010, da nur wenige große Anlagen in Betrieb genommen wurden. Im Jahresvergleich von 2011 zu 2010 stieg die Gesamtzahl der Anlagen, insbesondere wegen des Zuwachses bei den 1 kW_{el}-Anlagen. Von 2011 zu 2012 erfolgte ein weiterer Anstieg, auch – wie bereits beschrieben – bedingt durch die Mini-KWK-Förderung.

In den einzelnen Jahren trugen die verschiedenen Leistungsklassen in unterschiedlicher Weise zur installierten Gesamt-Nettleistung bei, abhängig vom Zeitpunkt der Inbetriebnahme der einzelnen KWK-Großanlagen. So hatten beispielsweise im Jahr 2009 die Anlagen mit einer elektrischen Leistung größer als 2 MW_{el} einen Anteil von 68 %, im Jahr 2010 von 78 %, im Jahr 2011 von 61 % und im Jahr 2012 von 38 %. Anlagen bis zu einer Leistung von 5 MW_{el} waren mit wenigen Ausnahmen BHKW, die Erdgas als Brennstoff einsetzten. Unter den Anlagen mit über 5 MW_{el} Leistung sind BHKW nur noch im Einzelfall vertreten. Stattdessen waren verschiedene Dampfturbinen-Konfigurationen, Gasturbinen mit Abhitzeessel und GuD-Anlagen mit unterschiedlichen Brennstoffen (Erdgas, SK, Braunkohle, Müll, EBS, Gichtgas) anzutreffen.

Tabelle 6-1 Im Rahmen des KWKG geförderte KWK-Anlagen (Neuerrichtungen + Modernisierungen) nach Leistungsklassen und Inbetriebnahmejahr

Leistungsklasse	2009		2010		2011		2012		2009-2012	
	Anzahl	MW _{el}	Anzahl	MW _{el}						
Gesamt	5.145	546	3.528	794	4.672	583	5.342	381	18.687	2.304
<= 10 kW _{el}	3.349	18	2.011	10	2.746	11	3.421	13	105	1.735
> 10 <= 50 kW _{el}	1.486	38	1.132	31	1.486	40	1.469	39	1.483	630
> 50 kW _{el} <= 2 MW _{el}	286	121	359	138	417	175	434	186	187	301
> 2 <= 100 MW _{el}	23	229	26	615	22	173	18	143	123	100
> 100 MW _{el}	1	140	0	0	1	184	0	0	459	143

Quelle: Aufbereitung des UBA auf Basis der Daten des BAFA.

Der hier betrachteten geförderten Leistung wird die geförderte KWK-Strommenge im zeitlichen Verlauf gegenüber gestellt. Deutlich zu erkennen ist der Einbruch im Jahr 2010 durch das Auslaufen der Förderung der Bestandsanlagen und die Zunahme des Anteils der Stromerzeugung aus Anlagen unter 2 MW_{el}.

Tabelle 6-2 Im Rahmen des KWKG geförderte KWK-Stromerzeugung

Förderkategorien	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
	GWh							
Gesamte geförderte KWK-Stromerzeugung	59.753	60.267	46.077	46.460	53.309	21.006	7.397	9.503
alte Bestandsanlage	14.519	12.433						
neue Bestandsanlage (1990-2002 in Bet	36.137	33.231	31.507	31.094	37.436			
Modernisierte Anlage	8.512	13.776	13.588	14.236	13.782	16.097	2.086	2.556
Mod. (2002-2005)					13.612	15.096		
Hocheffizient ab 2009					170	1.000	2.086	2.556
Gesamt unter 2 MW	585	827	981	1.130	1.699	2.615	2.278	2.357
Kleine bis 50 kW und Brennstoffzelle	135	200	265	308	481	792	972	942
Bis 50 kW ab 2002 in Betrieb	129	196	264	307	478	789	971	940
Brennstoffzelle	6	4	1	1	2	3	1	2
Neue kleine 50 kW bis 2 MW	450	627	717	822	1.219	1.823	1.307	1.415
50 kW bis 2 MW mit IBN 2002-2009					1.031	1.136		
Hocheffiziente Anlagen ab 2009					187	687	1.307	1.415
Hocheffiziente Neuanlagen über 2 MW ab 2009					387	1.812	2.768	4.590

Quellen: Jahresabrechnung zum KWKG (2005-2011) und Datenbasis zum KWKG (2012) vom VDN bzw. 50 Herz, Amprion, EnBW Transportnetze, Transpower.

Insgesamt wurde eine Förderung von rund 9 500 GWh im Jahr 2012 durch das KWKG prognostiziert, davon 2 556 GWh aus seit dem Jahr 2009 modernisierten Anlagen, 2 357 GWh aus Anlagen unter 2 MW und 4 590 GWh aus Neuanlagen über 2 MW. Damit werden etwa 6 000 GWh von Anlagen gefördert, die seit 2009 neu in Betrieb gegangen sind. Bemerkenswert ist der erhebliche Zuwachs von 2011 auf 2012, der vor allem auf einem erheblichen Anstieg bei den Anlagen über 2 MW herrührt.

6.1.2 Einordnung der Förderung in die gegenwärtige Entwicklung

In den Jahren 2009 bis 2012 ist durch das KWKG eine Förderung der Neuerrichtung oder Modernisierung von KWK-Anlagen mit einer elektrischen Nettoleistung von knapp 2,3 GW_{el} gewährt worden (siehe Tabelle 6-1). Da darin sowohl Ersatz für Altanlagen, Modernisierungen als auch Neuerrichtungen enthalten sind, kann diese Zahl nur eingeschränkt zu der in Kapitel 4.4 dokumentierten gesamten KWK-Leistung von 28,5 GW_{el} ins Verhältnis gesetzt werden.

Geht man jedoch als grobe Abschätzung davon aus, dass alle 15 Jahre der Ersatz einer KWK-Anlage erforderlich ist, müssten durchschnittlich pro Jahr 1,9 GW_{el} neu installiert werden, in vier Jahren wären es damit knapp 8 GW_{el}. Gerade im Bereich der fossilen Anlagen ist nach den Ergebnissen in Kapitel 4 zumindest seit 2003 kein erheblicher Ausbau zu verzeichnen. Deshalb kann nicht angenommen werden, dass das Durchschnittsalter im Bestand deutlich niedriger ist, denn nur durch ein geringes Durchschnittsalter könnte erklärt werden, dass der Bedarf an Ersatzanlagen noch erheblich unter dem Wert von 1,9 GW_{el} pro Jahr liegen würde. Unter diesem Blickwinkel erscheint der durch das KWKG induzierte Zubau an KWK-Leistung von 2,3 GW_{el} innerhalb von vier Jahren zumindest nicht über die Installation der erforderlichen Ersatzleistung hinaus zu gehen. Allein die Ausarbeitung eines KWK-Anlagen-Bestandsmodells könnte Auskunft über diese Frage geben.

Bei einer gesamten KWK-Stromerzeugung von 91 TWh im Jahr 2011 kann festgestellt werden, dass die in diesem Jahr durch das KWKG geförderte KWK-Stromerzeugung mit 7,4 TWh gerade mal gut 8 % beträgt. Bezieht man nur die fossile Stromerzeugung ein, liegt der Prozentsatz bei gut 9 %.

Durch das EEG hingegen wurden im Jahr 2010 9,3 TWh KWK-Strom gefördert (siehe Tabelle 4-8), was einem Anteil an der gesamten biogenen KWK-Stromerzeugung von 86 % entspricht (s. Tabelle unter der Abbildung 4-4), bzw. 10 % der gesamten KWK-Stromerzeugung.

6.2 Förderung von Wärmenetzen

6.2.1 KWKG-Förderung 2009-Oktober 2012

Seit dem Beginn der Wärmenetzförderung durch das KWKG sind insgesamt 1.816 Maßnahmen gefördert worden, wobei im Jahr 2011 die höchste Anzahl mit 558 pro Jahr in der Übersicht auffällt (siehe Tabelle 6-3). Die Zahlen für das Jahr 2012 sind

noch nicht vollständig verfügbar, die durchschnittlichen monatlichen Werte stützen jedoch diese Schlussfolgerung. Im Jahr 2009 wurden 264 km Wärmenetz durch das KWKG gefördert, in 2010 rund die doppelte Länge. Im Zeitraum von Januar 2011 bis Oktober 2012 ist mit 683 km durchschnittlich eine etwas geringere Länge an Wärmenetzen gefördert worden als im Jahr 2010. Insgesamt liegt der Schwerpunkt der Anträge beim Ausbau fossil betriebener Netze, hinsichtlich der Wärmenetzlänge halten sich der Ausbau und der Neubau etwa in der Waage. Die Förderung von Netzzusammenschlüssen und Netzverstärkungsmaßnahmen fallen kaum ins Gewicht.

Bei der Betrachtung der geförderten Wärmenetzlängen muss berücksichtigt werden, dass aufgrund von Förderungen aus verschiedenen Programmen nicht der gesamte Ausbau allein bzw. primär durch das KWKG induziert wurde. Dazu werden in Kapitel 6.2.2 die verschiedenen Förderinstrumente für Wärmenetze vorgestellt, ein sich daraus ableitender Überblick über den induzierten Trassenausbau nach Förderprogrammen ist in Tabelle 6-7 zu finden.

Tabelle 6-3 Förderungen von Wärmenetzen im Rahmen des KWKG, 2009-2012 (Stand 12.10.12)

	Anzahl				
	2009	2010	2011	Jan-Okt 2012	gesamt
Wärmenetzausbau	124	248	886	558	1.816
<i>mit fossiler Wärme</i>	55	119	679	435	1.288
<i>mit regenerativer Wärme</i>	69	129	207	123	528
<i>Neubau</i>				192	721
<i>Ausbau</i>				324	986
<i>Netzzusammenschluss</i>				13	57
<i>Netzverstärkungsmaßnahme</i>				29	52
	Trassenlänge in km				gesamt
	2009	2010	2011 - Okt 2012		
Wärmenetzausbau	264	532	683		1.479
<i>mit fossiler Wärme</i>	185	349	373		907
<i>mit regenerativer Wärme</i>	79	183	310		572
<i>Neubau</i>	87	278	363		728
<i>Ausbau</i>	169	241	295		705
<i>Netzzusammenschluss</i>	2	10	13		25
<i>Netzverstärkungsmaßnahme</i>	5	4	12		21

Ausbau ist die Erweiterung eines bestehenden Wärmenetzes zum Anschluss bisher nicht durch Wärmenetze versorgter Abnehmender durch die Errichtung neuer Wärmenetzbestandteile mit allen Komponenten, die zur Übertragung von Wärme vom bestehenden Wärmenetz bis zum Verbraucherabgang erforderlich sind. (§ 5a, Abs. 3 KWKG)

²⁾ **Netzverstärkungsmaßnahmen** sind diejenigen Maßnahmen, die zu einer Erhöhung des transportierbaren Wärmevolumenstroms von mindestens 50 Prozent im betreffenden Trassenabschnitt führen.

³⁾ **Zusammenschluss** bestehender und bisher getrennter Wärmenetze

Quelle: BAFA 2012, eigene Darstellung.

Für die Jahre 2009 und 2010 sind detaillierte Angaben zu den Anteilen an Brennstoffen der durch das KWKG (mit-) geförderten Wärmenetze verfügbar (Tabelle 6-4).

Tabelle 6-4 Netzlänge nach Art der Bautätigkeit und eingesetzten Brennstoffen, 2009-2010

Trassenlänge	Netzneubau		Netzausbau		Netzverstärkung		Netzzusammenschluss		Summen	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Biogas	42%	49%	6%	7%	0%	0%	0%	3%	17%	29%
Biomasse	24%	8%	7%	4%	0%	0%	0%	0%	13%	6%
Braunkohle	1%	2%	2%	2%	0%	0%	0%	0%	2%	2%
Erdgas	24%	16%	46%	30%	44%	51%	81%	35%	39%	23%
Flüssiggas	2%	0%	1%	0%	0%	0%	5%	0%	1%	0%
Heizöl	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sonstige	0%	20%	8%	10%	2%	46%	0%	12%	5%	15%
Steinkohle	7%	4%	29%	30%	53%	2%	15%	50%	22%	16%
nicht definiert	0%	2%	0%	18%	0%	2%	0%	0%	0%	9%

Quelle: BAFA 2011.

Aus dieser Aufstellung wird ersichtlich, dass der Netzneubau vor allem auf erneuerbaren Energien (inbs. Biogas) basiert, der Netzausbau, die Netzverstärkung und der Netzzusammenschluss dagegen mit der Fernwärmeerzeugung auf Basis von Steinkohle und Gas in Verbindung steht.

Tabelle 6-5 Förderung von Wämenetzneubauten durch das KWKG nach Brennstoff und Trassenmeterlänge, 2009-2010

Neubau Anzahl	bis 250 Meter		250 bis 1.000 Meter		1.000 bis 10.000 Meter	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Biogas	7	5	34	65	11	38
Biomasse	6	4	5	9	6	8
Braunkohle	1	1	1	1		1
Erdgas	18	38	17	29	5	11
Flüssiggas	1	2			1	
Heizöl						
Sonstige		2		8		4
Steinkohle	7	12	2	5	2	3
nicht definiert				1		1
Summe	40	64	59	118	25	66

Neubau Trassenlänge [km]	bis 250 Meter		250 bis 1.000 Meter		1.000 bis 10.000 Meter	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Biogas	1,1	0,9	19,0	37,1	16,4	75,3
Biomasse	0,8	0,6	3,2	4,3	16,9	16,3
Braunkohle	0,2	0,1	0,9	0,3		3,9
Erdgas	2,4	3,9	7,5	13,1	11,0	27,3
Flüssiggas	0,2	0,1	0,0	0,0	1,3	
Heizöl	0,0	0,0	0,0	0,0		
Sonstige	0,0	0,4	0,0	4,8		8,6
Steinkohle	0,9	0,3	0,9	2,5	4,7	8,0
nicht definiert	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	4,4
Summe	5,5	6,3	31,5	62,8	50,3	143,9

Quelle: BAFA 2011.

6.2.2 Weitere Förderinstrumente

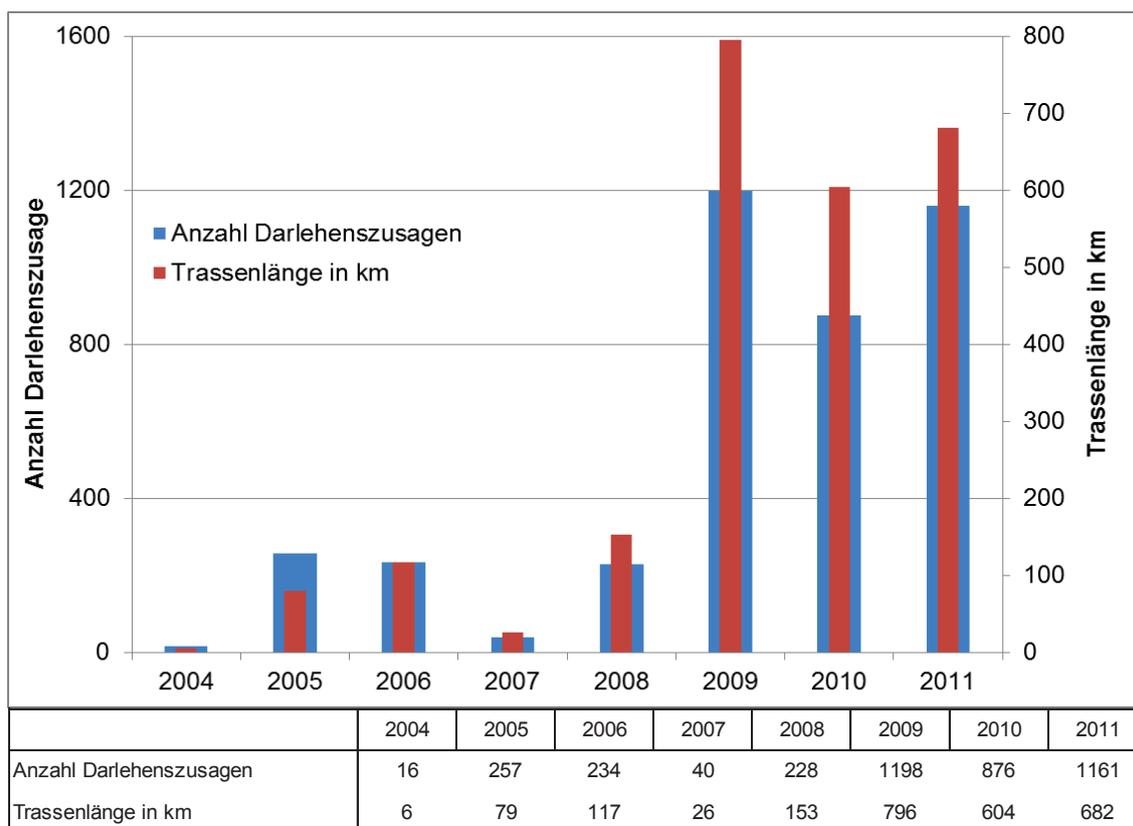
Neben dem KWKG, welches seit 2009 auch die Unterstützung von Wärmenetzen beinhaltet, zielen weitere Instrumente auf die Förderung der KWK in der netzgebundenen Wärmeversorgung: Seit 2008 werden durch Anlagen auf Basis erneuerbarer Energien gespeiste Wärmenetze separat durch das MAP gefördert, davor waren es nur Erzeugungsanlage und Wärmenetz im Zusammenhang. Den durch das MAP unterstützte Wärmenetzbau im Zeitraum 2004 bis 2011 zeigt Abbildung 6-1. Die im Jahr 2009 erfolgte Programmmodifizierung bildet sich dort mit hohen Förderzahlen ab 2009 deutlich ab. Eine Gegenüberstellung der KWK- und MAP-Förderung von Wärmenetzen im Jahr 2009 beinhaltet Tabelle 6-6. Mit der MAP-Richtlinie vom 20.07.2012 werden abweichend dazu KWKG-förderfähige Wärmenetze nicht mehr unterstützt.

Das EEG fördert zwar direkt keine Wärmenetze, setzte aber mit dem EEG 2004 und dann modifiziert mit dem EEG 2009 durch einen KWK-Bonus dafür erhebliche Anreize. Mit der EEG-Novelle 2012 wurde aufgrund der Verpflichtung zur Abwärmenutzung bei Biogasanlagen im EEG-Vergütungsregime der KWK-Bonus abgeschafft und in die Grundvergütung eingepreist (vgl. Kapitel 9.2).

Auch im Zuge der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (GAK) wurden in der Vergangenheit einige Wärmenetze gefördert, im Jahr 2009 wurden 100 für eine Förderung durch die GAK angemeldet (BMELV 2009), im Jahr 2010 waren es 72 (BMELV 2010).

Gewisse unterstützende Wirkung auf den Ausbau von Wärmenetzen können seit 2009 auch dem EEWärmeG zugewiesen werden, dadurch dass Fernwärme mit einem Wärmemengenanteil von mindestens 50 % aus hocheffizienten KWK-Anlagen als Ersatzmaßnahme akzeptiert wird (vgl. Kapitel 9.3). Auch begünstigt die EnEV den Wärmenetzausbau etwas, indem bei einem guten Primärenergiefaktor des Wärmenetzes der Dämmstandard geringer ausfallen kann (vgl. Kapitel 9.8).

Abbildung 6-1 Wärmenetzförderung durch das MAP, 2004-2011



Quelle: MAP-Evaluationsberichte 2004 bis 2012.

Tabelle 6-6 Gegenüberstellung der Wärmenetzförderung von MAP 2009 und KWKG 2009

	MAP 2009	KWK-G 2009
Gegenstand der Förderung	Neu- und Ausbau von Netzen; Errichtung von Hausübergabestationen	Neu- und Ausbau von Netzen
Voraussetzung Wärmeherzeugung	Solar $\geq 20\%$, Rest überwiegend aus hocheffizienter KWK oder WP; fossiler Spitzenkessel $\leq 20\%$ EE $\geq 50\%$ (biogener Anteil von Siedlungsabfällen gilt als EE)	Versorgung der angeschlossenen Abnehmer zu mehr als 60 % aus hocheffizienter KWK
weitere Voraussetzungen	Mindestens 500 kWh pro Jahr und Meter Trasse Mindestwärmeabsatz	keine minimale Wärmemenge

Fördersätze	Ersterschließung: 60 Euro/m Sonst: 80 Euro/m Förderung nach KWKG-G: zusätzlich 20 Euro/m zur KWKG-Förderung Hausübergabestationen: 1.800 Euro pro Station (nur falls kein Anschlusszwang und verbindliche Anschlussverträge bei Inbetriebnahme)	1 Euro pro m und mm Nenn-durchmesser
Förderhöchstgrenze	max. 1,0 Mio. Euro für Wärmenetze; bei Geothermie bis zu 1,5 Mio. Euro; bis zu 300.000 Euro je Wärmespeicher	bis zu 20 % der Investitionskosten des Neu- oder Ausbaus, maximal 5 Mio. Euro je Wärmenetz. Soweit eine Förderung nach dem KWKG abgelehnt oder gekürzt wurde, ist eine Förderung im MAP möglich.

Quelle: eigene Darstellung.

6.2.3 Einordnung der KWKG-Förderung

Im Kapitel 6.2.2 wurden kurz die verschiedenen Förderinstrumente beschrieben, die einen Ausbau der Wärmenetze bewirken. Unter diesen sind vor allem das KWKG, das MAP und das EEG von Bedeutung und müssen für die Beurteilung der Wirkung des KWKG voneinander getrennt werden. Als Wertungsvorgabe für die Zuordnung wird dabei maßgeblich diejenige Rahmenbedingung gesetzt, welche den ursprünglichsten Anreiz setzt.

Biogas- und Feststoffbiomasseanlagen haben einen hohen Beitrag zum Ausbau der Wärmenetze geleistet. Sofern diese Anlagen Strom und Wärme gekoppelt produzieren, dabei einen Wärmeanteil über 60 % aufweisen und in Wärmenetze einspeisen, sind diese gemäß der MAP-Förderrichtlinien, Absatz 14.1.4.2 in Verbindung mit § 5, Abs. 1, Nr. 2 KWKG zunächst über das KWKG zu fördern. Darüber hinaus kann durch das MAP eine Zusatzförderung erfolgen, sofern „im Mittel über das gesamte förderbare Netz ein Mindestwärmeabsatz von 500 kWh pro Jahr und Meter Trasse nachgewiesen wird“.

Die Kombination der Förderquellen KWKG und MAP dürfte jedoch nur für kleine Netze mit geringem Nenndurchmesser und hohen spezifischen Trassenkosten Vorteile bringen. Grund hierfür ist, dass für die KWKG-Förderung die Zuschüsse seitens MAP bei den Investitionskosten angerechnet werden müssen (§ 7a, Abs. 2 KWKG) und von der verringerten Investitionssumme maximal 20 % ausgezahlt werden. Die alleinige Förderung über das KWKG ist nur für sehr große EE-Netze ab etwa rund 17 km vorteilhaft,

da hier das MAP (mit Ausnahme Geothermie) auf 1 Millionen Euro je Projekt begrenzt ist. Es kann daher berechtigt abgeleitet werden, dass im Vergleich der beiden Instrumente sich das MAP, wegen der allgemein kleineren biogenen Netze, für den Trassenbau bei EE-Wärme verantwortlich zeichnen kann.

Da diese Anlagen jedoch neben der Nutzwärme auch Strom erzeugen, sind für die Investitionsentscheidung vielmehr die Bedingungen des EEG entscheidend. Dort werden Stromerzeugungsanlagen mit einem zusätzlichen KWK-Bonus von 3 ct/kWh prämiert, wenn die Abwärme in der im EEG definierten Weise genutzt wird (Anlage 3 EEG).

Sicherlich wird nicht in jedem Fall der KWK-Bonus des EEG allein entscheidend für den Bau des Wärmenetzes gewesen sein. Für eine rentable Investition sind wohl auch die Zuschüsse über das MAP für die Umsetzungsentscheidung mit verantwortlich. Aufgrund der vorangehenden Wertungsvorgabe werden jedoch der in Tabelle 6-4 ausgewiesene, nach dem KWKG geförderte Trassenausbau, welcher vorrangig Wärme aus mit Biogas und fester Biomasse betriebenen Anlagen transportiert, dem EEG zugestanden. Damit verbleiben dem KWKG für das Jahr 2009 185 km, für 2010 349 km und im Jahr 2011 373 km Wärmenetzausbau, welche allein durch das KWKG initialisiert wurden.

Aus den Fördermaßnahmen des Marktanreizprogramms (MAP) sind die geförderten Trassenkilometer bekannt (s. Abbildung 6-1). Da hier unterstellt wird, dass aufgrund der Förderung der mit EE-Wärme beschickten Netze aus beiden Förderprogrammen (KWKG und MAP) eine Doppelzählung der zugebauten Trassenlänge erfolgt ist, und da dieser Zubau dem EEG zugeschrieben wurde, ist ab dem Jahr 2009 dem MAP ebenfalls die Trassenlänge abzuziehen, die in Tabelle 6-4 regenerativen Brennstoffen zugewiesen wurde.

Damit ergibt sich die in der folgenden Tabelle dargestellte Zuordnung der Wärmenetzlängen auf die drei wichtigsten Fördermechanismen.

Tabelle 6-7: Aufteilung des Wärmenetzausbaus nach den jeweils primär verantwortlichen Förderrahmen

	Aus dem jeweiligen Rechtsrahmen induzierter Netzausbau in km				
	2008	2009	2010	2011	Gesamt
Gesamt	153	981	953	1055	3.142
KWKG		185	349	373	907
MAP	153	717	421	372	1.663
EEG		79	183	310	572

Quelle: eigene Berechnungen.

Die Förderung durch das KWKG ist in Bezug auf die geförderte Gesamtlänge im Zeitraum 2009 bis 2011 (dem Zeitraum, in dem alle drei Instrumente wirksam waren) als nachrangig hinter dem MAP anzusehen, die indirekte Wirkung des EEG ist offensichtlich nicht zu vernachlässigen. Im Zeitverlauf ist jedoch zu bemerken, dass sich die Zahlen der drei Förderinstrumente über die Jahre angleichen und im Jahr 2011 nahezu gleich groß sind.

7 Zukünftiger KWK-Ausbau

7.1 KWK-Potenziale

Für die Abschätzung des zukünftigen KWK-Ausbaus wurden zahlreiche Studien ausgewertet, die zum Teil sehr unterschiedlich sind in Bezug auf eine Vielzahl von Aspekten. Dabei wurden zum einen die Angaben zur KWK-Strom- und -Wärmeerzeugung betrachtet, zum anderen aber auch unabhängig davon die Entwicklung der Fernwärme, da deren Potenzial ein Teil des Potenzials der KWK-Wärme ist.

Die Literaturquellen unterscheiden sich zum einen in Bezug auf den Studientyp. So gibt es Veröffentlichungen, die sich auf das Potenzial der KWK-Strom- und Wärmeerzeugung beziehen. Zum anderen gibt es Szenarienrechnungen, die den Ausbau der KWK-Strom- und Wärmeerzeugung auf Basis verschiedener Annahmen simulieren. Diese beiden Studienarten lassen sich jedoch nicht immer streng voneinander trennen (und sind als solche auch nicht immer explizit in der Literatur ausgewiesen), da sich aus dem technischen Potenzial das wirtschaftliche Potenzial unter Berücksichtigung verschiedener (energiewirtschaftlicher) Rahmenbedingungen ergibt. Gleichermäßen ermitteln Szenarienrechnungen auf Basis verschiedener Annahmen konkrete Ausbaupfade für die KWK.

Die Annahmen beziehen sich sowohl auf sozioökonomische Rahmenbedingungen wie beispielsweise eine sich ändernde Wärmenachfrage als auch auf verschiedene energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen wie der Ausbau der erneuerbaren Energien. Des Weiteren unterliegen die Szenarienrechnungen einem Set an Annahmen in Bezug auf Politiken und Maßnahmen, die die KWK-Strom- und Wärmeerzeugung beeinflussen. Der zeitliche Horizont der Potenzialabschätzungen sowie der Szenarienrechnungen variiert ebenfalls.

Weiterhin sind die maßgeblichen Annahmen in Bezug auf die Kraft-Wärme-Kopplung nicht immer explizit in den Studien ausgewiesen. Dies liegt zum Teil auch daran, dass der Fokus vieler Expertisen nicht spezifisch auf die Kraft-Wärme-Kopplung ausgerichtet ist, sondern andere Studienziele verfolgt (beispielsweise WWF (2009)).

Aufgrund der großen Heterogenität der untersuchten Studien, ist eine systematische Vereinheitlichung der Ergebnisse in Bezug auf das KWK-Potenzial nur eingeschränkt möglich. Dennoch wird im Folgenden ein Überblick über die Ergebnisse der Analyse dargestellt: Zum einen werden die in den Studien explizit erwähnten Entwicklungen der KWK-Stromerzeugung und der sich daraus ergebenden KWK-Wärmeerzeugung miteinander verglichen. Zum anderen werden die Expertisen in Hinsicht auf die ausgewiesenen Potenziale der netzgebundenen Wärme untersucht, um den möglichen Entwicklungsspielraum der KWK-Fernwärme und damit auch der KWK-Wärmeabzustecken.

7.1.1 Strom- und Wärmeerzeugung

Der folgende Kasten enthält wesentliche Szenarienergebnisse verschiedener Studien in Bezug auf die Potenziale der KWK-Strom- und Wärmeerzeugung einschließlich relevanter Angaben zu sozioökonomischen Rahmenbedingungen, Politiken und Maßnahmen sowie Technologien und Brennstoffe. Tabelle 7-1 stellt die Spannbreiten der KWK-Strom- und Wärmeerzeugung in den einzelnen Studien tabellarisch dar. Abbildung 7-1 und Abbildung 7-2 bilden die Ergebnisse als eine statistische Auswertung ab, wofür die Darstellung als Box-Plot gewählt wurde. Diese ist hier zielführend, um die Auswirkungen von im Vergleich extremen Ergebnissen, welche das Gesamtbild entsprechend verzerren können, zu begrenzen. Daher wird neben dem Mittelwert auch der Median¹² sowie das obere und untere Quartil¹³ dargestellt.

BEI/DLR (2005) ermitteln unter Annahme eines Hochpreisszenarios sowie einer sinkenden Strom- und Wärmenachfrage ein wirtschaftliches Potenzial der KWK-Erzeugung von 351 TWh KWK-Strom und 1.181 PJ KWK-Wärme im Jahr 2020, wobei der größte Teil auf die Fernwärme-KWK sowie auf die industrielle KWK entfällt. Die KWK-Erzeugung erfolgt überwiegend auf Erdgas-Basis.

Blesl (2007) geht in einer Potenzialabschätzung für das Jahr 2020 von einer KWK-Stromerzeugung in Höhe von 310 TWh und einer KWK-Wärmeerzeugung von 1.250 PJ aus. Dies wird vor allem durch eine Erweiterung der KWK-Nutzung in Haushalten sowie im GHD-Sektor als auch durch eine verstärkte KWK-Nutzung in der Industrie erreicht.

DIW et al. (2007) enthält eine Übersicht von Szenarienrechnungen anderer Studien und stellt eigene Abschätzungen an. Die Spannweite der erwarteten KWK-Stromerzeugung im Jahr 2030 reicht dabei von 25 TWh unter Annahme eines Auslaufens der KWK-Förderung und unter Berücksichtigung einer brennstoffdifferenzierten Zuteilung im Emissionshandel (eigene Modellrechnung) bis zu einer maximalen Erzeugung von 150 TWh (KWK-Stromerzeugung (brutto) in Must-run-Anlagen, referenziert aus einer anderen Quelle).

dena (2008) geht in einer Szenariendiskussion bei einem verstärkten Ausbau regenerativer Energien sowie der Kraft-Wärme-Kopplung und sinkender Strom- und Wärmenachfrage von einer installierten elektrischen Leistung in KWK-Anlagen von rund 26 GW in den Jahren 2020 und 2030 aus, womit 143 TWh KWK-Strom erzeugt werden, was einem KWK-Anteil von mehr als 23 % entspricht.

Greenpeace (2008) enthält ein Szenario, in dem die Erreichung der Klimaschutzziele für Deutschland bei einem Atomausstieg bis 2023 durch sinkende Strom- und Wärmenachfrage erreicht wird. In diesem Szenario ergibt sich eine KWK-Stromerzeugung von 170 TWh im Jahr 2020.

¹² Wird die Gesamtheit der Werte aufsteigend geordnet, so ist der Median derjenige Wert, der bei der Hälfte der Gesamtheit zu finden ist. Der Median hat – im Gegensatz z. B. zum Durchschnitt – den Vorteil, nicht auf Ausreißerwerte zu reagieren.

¹³ Ein Quartil (Viertelwert) ist die Größe einer Häufigkeits- oder Wahrscheinlichkeitsverteilung, die diese in vier gleich große Teile unterteilt. Der Interquantilabstand gibt die Differenz zwischen dem oberen und dem unteren Quartil an und umfasst daher 50 % der Verteilung.

FfE (2009) enthält drei Szenarien für den Zeithorizont bis 2050. Dabei erreicht die KWK-Stromerzeugung zwischen 120 und 180 TWh im Jahr 2030 und 190 bis 200 TWh im Jahr 2050.

Öko-Institut et al. (2009) entwickelte zwei verschiedenen Szenarien für den Zeithorizont 2020/2030, wobei der Referenzfall im Wesentlichen vom Bestand der KWK-Politik (KWKG 2009) ausgeht. Das ambitionierte Szenario führt die KWK-Förderung im KWKG über das Jahr 2016 hinaus fort, beinhaltet ein Förderprogramm für Mikro-BHKW und umfasst ein CO₂-Preissignal für Wärmeverbraucher außerhalb des Emissionshandels. Das ambitionierte Szenario geht darüber hinaus von verstärkten Anstrengungen zur Endenergieeinsparung (Gebäudesanierung usw.) aus. Die KWK-Stromerzeugung im Referenzfall erreicht 111 TWh (davon 21 TWh biogen) im Jahr 2030. Aufgrund der niedrigeren Wärmenachfrage liegt die KWK-Stromerzeugung trotz verstärkter KWK-Förderung im ambitionierten Szenario lediglich bei 77 TWh (davon 23 TWh biogen) im Jahr 2030.

WWF (2009) geht in zwei verschiedenen Szenarien (Referenz- und Innovationsszenario) bis 2050 von einer KWK-Stromerzeugung von 77 TWh (2020) und 74 TWh (2050) im Referenzszenario sowie von 28 TWh (2050) im Innovationsszenario aus.

UBA (2009) nimmt in einem Szenario bis 2030 basierend auf dem Leitszenario 2008 einen KWK-Anteil der Stromerzeugung von 25 % (davon 10 % biogen) im Jahr 2030 an.

BET (2010) untersucht die Entwicklung der KWK-Stromerzeugung bis 2020/2025 sowohl unter Annahme des aktuellen KWKG als auch unter Berücksichtigung einer Verlängerung und Ausweitung des bestehenden KWKG. In beiden Fällen wird eine sinkende Strom- und Wärmenachfrage unterstellt. Während im ersten Fall ein KWK-Stromanteil von 16,8 % erreicht wird, sind es 25 % im Falle eines verbesserten KWKG. Neben verschiedenen erzeugungsseitigen Maßnahmen zeichnet sich das ambitionierte Szenario durch einen verstärkten Ausbau der Fernwärmetrassen aus.

Nitsch et al. (2010) weist unter der Annahme einer sinkenden Strom- und Wärmenachfrage sowie eines starken Ausbaus der Nahwärme und der Objektversorgung eine installierte elektrische KWK-Leistung von rund 30 GW und einen KWK-Stromanteil von ca. 22 % im Jahr 2020 aus.

EWI et al. (2010) erstellte im Rahmen der Berechnungen für das Energiekonzept eine Vielzahl von Szenarien mit einem Zeithorizont bis 2020/2050. Diese basieren alle auf weitreichenden CO₂-Minderungen (40 % bis 2020, 85 % bis 2050) sowie auf verschiedenen Szenarien für die Laufzeitverlängerung von Kernkraftwerken (ohne Laufzeitverlängerung, Verlängerung um 4, 12, 20 und 28 Jahre) sowie zwei verschiedenen Effizienzpfaden. Die KWK-Wärmeerzeugung in den Szenarien erreicht dabei eine Spannbreite von 690 bis 881 PJ im Jahr 2020 und von 751 bis 1.016 PJ im Jahr 2050.

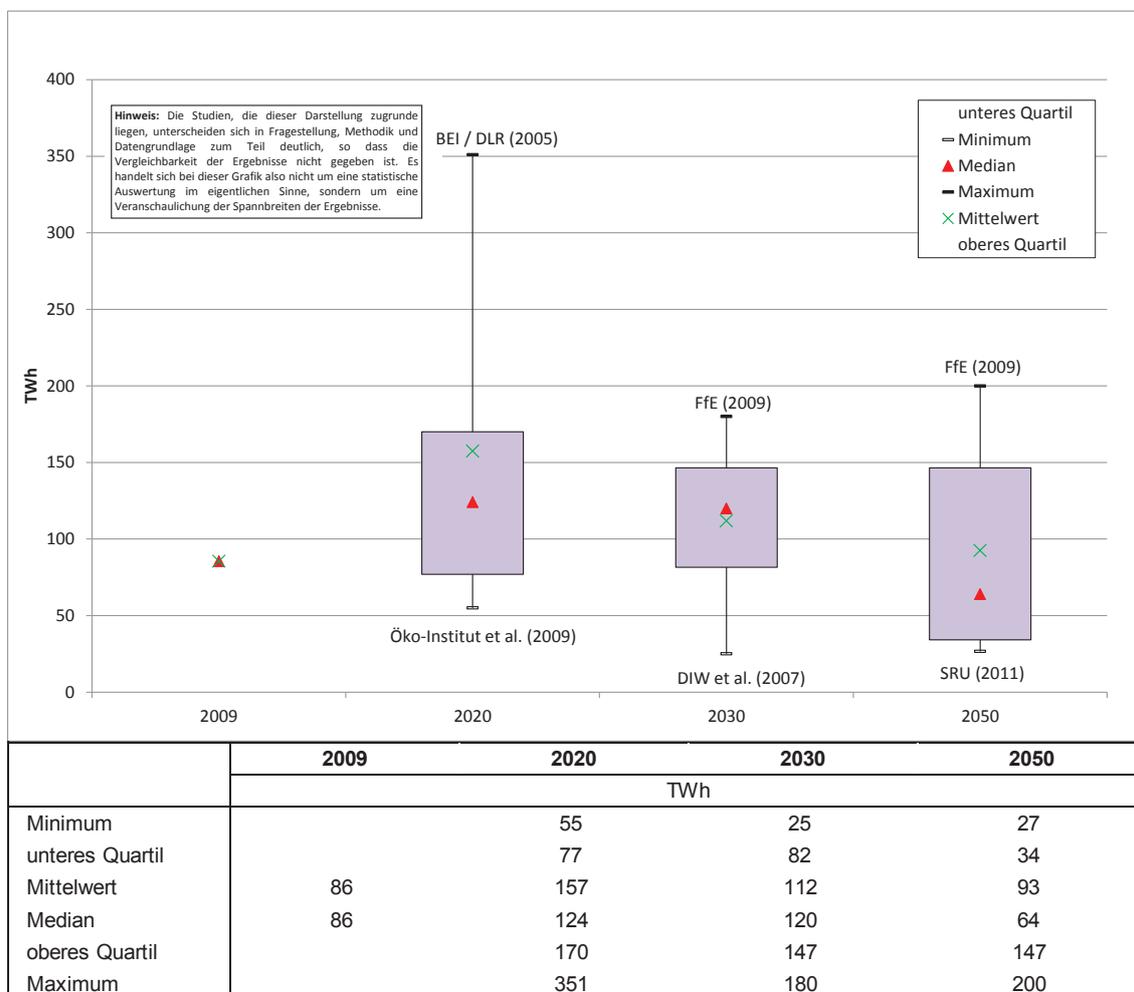
SRU (2011) untersucht eine Vielzahl von Szenarien bis 2050 zur Erreichung des Ziels einer vollständigen Stromversorgung auf Basis erneuerbarer Energien. Variationen betreffen die Stromnachfrage (leicht sinkend, steigend) sowie verschiedene Szenarien in Bezug auf den Anteil von Importstrom zur Erfüllung der Zielerreichung. Die KWK-Stromerzeugung weist innerhalb der Szenarien eine große Bandbreite auf. So liegt diese im Jahre 2050 zwischen 27 und 174 TWh. Gleichmaßen variiert die installierte elektrische KWK-Leistung sehr stark zwischen rund 5 GW und 25 GW. Die KWK-Erzeugung findet ausschließlich auf Basis erneuerbarer Energien statt, vor allem feste und gasförmige Biomasse.

Tabelle 7-1 Spannweiten der Potenziale der KWK-Strom- und Wärmeerzeugung, 2020, 2030, 2050¹⁴

Quelle	2020				2030		2050			
	KWK-Stromerz. TWh		KWK-Wärmeerz. PJ		KWK-Stromerz. TWh		KWK-Stromerz. TWh		KWK-Wärmeerz. PJ	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
BEI/DLR (2005)	351	351	1.181	1.181	-	-	-	-	-	-
Blesl (2007)	310	310	1.250	1.250	-	-	-	-	-	-
DIW et al. (2007)	112	112	-	-	25	150	-	-	-	-
dena (2008)	143	143	-	-	143	143	-	-	-	-
Greenpeace (2008)	170	170	-	-	-	-	-	-	-	-
FfE (2009)	-	-	-	-	120	180	120	200	-	-
Öko-Institut et al. (2009)	55	75	-	-	77	111	-	-	-	-
WWF (2009)	77	77	-	-	-	-	28	74	-	-
Nitsch et al. (2010)	124	124	331	331	-	-	124	124	331	331
EWI et al. (2010)	-	-	690	881	-	-	-	-	690	881
SRU (2011)	-	-	-	-	-	-	27	174	-	-

Quelle: Eigene Zusammenstellung.

Abbildung 7-1 Box-Plot für die Potenziale der KWK-Stromerzeugung, 2009-2050



¹⁴ Keine Angaben zur KWK-Wärmeerzeugung im Jahr 2030 in den Studien vorhanden.

Quelle: Eigene Darstellung.

Abbildung 7-2 Box-Plot für die Potenziale der KWK-Wärmeerzeugung, 2009-2050



Quelle: Eigene Darstellung.

Die Zusammenschau der Potenziale und Szenarien der verschiedenen Studien zeigt eine große Bandbreite der künftig möglichen KWK-Strom- und Wärmeproduktion über unterschiedliche Zeiträume. Die KWK-Stromerzeugung (in unterschiedlichen zeitlichen Horizonten) erreicht dabei minimal 25 TWh und maximal 351 TWh. Die KWK-Wärmeerzeugung (die nur für einige Studien angegeben wurden) liegt zwischen 205 PJ¹⁵ und 1.250 PJ. Damit liegen die Studienergebnisse zum Teil deutlich über, aber auch deutlich unter der 2009 erreichten Erzeugung (Abschnitt 4.4).

Zentral für die Ergebnisse sind im Wesentlichen zwei Faktoren. Zum einen entscheidet die Förderung der KWK-Technologie und des Ausbaus der Wärmenetze wesentlich über die Zunahme der KWK-Strom- und Wärmeproduktion (Angebotsseite). Darüber hinaus ist das Ausmaß der Anstrengungen in Bezug auf die Senkung der Endenergienachfrage (z.B. Gebäudesanierung) fundamental für die generelle Größenordnung des Wärmebedarfs (Nachfrageseite). Dies führt dazu, dass ambitionierte Szenarien, die eine verstärkte KWK-Förderung neben der Senkung der Wärmenachfrage vorsehen, zum Teil eine geringere KWK-Erzeugung aufweisen als Szenarien, die lediglich eine moderate (oder keine) KWK-Förderung vorsehen, jedoch auch geringere Anstrengungen im Bereich der Senkung der Wärmenachfrage unterstellen.

Darüber hinaus gibt es Entwicklungen in Bezug auf die KWK, deren Einfluss zurzeit schwer abzuschätzen ist. So wird beispielsweise vermehrt diskutiert, inwiefern kleine Blockheizkraftwerke, stromgeführt betrieben und mit Wärmespeicher ausgerüstet, zur Integration fluktuierender erneuerbarer Energien eingesetzt werden können (siehe beispielsweise Hohmeyer (2010) und Öko-Institut (2012b)). Bei einer Installation von 100.000 kleinen Einheiten mit je 19 kW elektrischer Leistung (Lichtblick (2010)), ergäbe sich eine zusätzliche elektrische KWK-Leistung von 1,9 GW. Bei einer angenommenen jährlichen Nutzungsdauer von 2.000 Stunden entspricht dies einer KWK-Stromerzeugung von 3,8 TWh. Damit wird deutlich, dass ein Ausbau solcher kleiner Blockheizkraftwerke erst ab einer deutlich höheren Marktdurchdringung das absolute Potenzial der KWK-Stromerzeugung signifikant beeinflusst. Aufgrund der stromgeführten Fahrweise ist bei diesem Konzept außerdem damit zu rechnen, dass der Anteil der Nutzwärme sinkt: Da die Wärme unabhängig vom Strombedarf produziert wird, sind gut dimensionierte Speichersysteme erforderlich, die jedoch stets einen gewissen Wärmeverlust mit sich bringen. Es wird derzeit sogar über BHKW-Konzepte nachgedacht, die eine Wärmeabfuhr „über das Dach“ und damit eine zeitweise Fahrweise im Kondensationsbetrieb ermöglichen sollen.

Aus der Abschätzung des Potenzials der KWK-Strom- und Wärmeproduktion und der Bewertung der wesentlichen Einflussfaktoren wird deutlich, dass das KWK-Potenzial und damit auch die KWK-Förderung nur sinnvoll im Zusammenhang mit der Instrumentierung von Strategien zur Senkung der Wärmenachfrage sowie den Anforderungen

¹⁵ Abgeschätzt auf Basis der niedrigsten erwarteten KWK-Stromerzeugung (25 TWh) und der durchschnittlichen Stromkennzahl des Jahres 2009 (0,44) (Tabelle 4-3).

des Stromsystems zu Integration erneuerbarer Energien betrachtet werden kann (Kapitel 10).

Welchen Anteil am KWK-Potenzial auf den Einsatz von Biomasse entfällt, hängt vor allem ab von den Annahmen zur Gesamt-Verfügbarkeit der Biomasse (unter Einbeziehung von verschiedensten Anforderungen an die Bereitstellung der Biomasse aber auch Import-Exportfragen) sowie von Annahmen zum Anteil der Biomasse, die für die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung zur Verfügung stehen wird. Diese Größen werden regelmäßig in der Leitstudie abgeschätzt (Nitsch et al. 2012), auf die an dieser Stelle verwiesen werden soll. Generell festzuhalten ist, dass jegliche energetische Nutzung von Biomasse wegen der in jedem Fall zunehmend begrenzten Verfügbarkeit so effizient wie möglich zu erfolgen hat und deshalb die Förderung des Einsatzes von Biomasse weitgehend an einen KWK-Betrieb gebunden sein sollte.

7.1.2 Netzgebundene Wärmeversorgung

Im Folgenden werden die wesentlichen Studien und Veröffentlichungen der letzten fünf Jahre analysiert und hieraus die Bandbreite der Einschätzungen extrahiert. Von den insgesamt ausgewerteten 29 Studien und Veröffentlichungen konnten im Zusammenhang mit Fernwärme nur zehn Quellen herangezogen werden. Zwar gibt es weitere Untersuchungen zum künftigen Fernwärmeausbau, doch nutzen, diskutieren oder vergleichen diese oftmals eine der folgenden zehn Quellen oder beziehen sich gar auf ältere Untersuchungen von z.B. der AGFW oder der Enquete-Kommission. Andere wiederum diskutieren nur die Rahmenbedingungen und die damit verbundenen Auswirkungen, ohne aber konkrete Größen zu nennen.

Die zehn genutzten Quellen sind weiterhin in Potenzialstudien und Ausbauszenarien zu unterscheiden. In den Potenzialstudien werden die technischen, teilweise auch die wirtschaftlichen Potenziale für den Einsatz von Fernwärme ermittelt, wobei Siedlungsstrukturen und deren Nutzwärmebedarf für die Zukunft hochgerechnet werden. Die Ausbauszenarien dagegen haben weniger das technische Potenzial im Fokus, als vielmehr die politischen Ziele und Randbedingungen sowie die sich mitunter daraus bedingende Wirtschaftlichkeit der Unternehmungen. Hier ist mit einer großen Bandbreite an Ergebnissen zu rechnen, die durch die Randannahmen stark beeinflusst werden. Auch die Herangehensweise an die Fragestellung, ob es sich um eine zielorientierte Ausgestaltung oder eine Bottom-Up-Analyse handelt, wirkt sich hier auf die Ergebnisse deutlich aus.

Tabelle 7-2 Ausgewertete Studien zur Fernwärmeversorgung

Autor		Studientyp
BEI/DLR 2005	Bremer Energieinstitut, DLR	Potenzialabschätzung
Blesl 2007	Blesl, M. (IER)	Potenzialabschätzung
Blesl 2010	Blesl, M. (IER)	Potenzialabschätzung
UBA 2007a	Fischedick et al.	Potenzialabschätzung
EWI et al. 2010	Schlesinger et al.	Szenario (EE zielorientiert)
FfE 2009	Beer et al.	Szenario
Nitsch 2009	DLR, IfnE	Szenario (EE zielorientiert)
Nitsch 2010	DLR, IfnE, IWES	Szenario (EE zielorientiert)
UBA 2007b	Strohschein et al	Szenario
WWF 2009	Matthes et al.	Szenario

7.1.2.1 Ergebnisse aus den Potenzialstudien

Eine Zusammenführung und Gegenüberstellung der zuvor genannten Arbeiten zu den Fernwärmepotenzialen ist an dieser Stelle nicht zielführend, da unterschiedliche Sektoren (Haushalte, GHD, Industrie) betrachtet und die Daten mal in End-, mal in Nutzenergie¹⁶ ausgewiesen wurden. Im Folgenden wird die Vorgehensweise in den verschiedenen Studien und deren Ergebnisse kurz beschrieben:

BEI/DLR 2005 gehört zu den detaillierten Potenzialeinschätzungen, die mittels eines Bottom-Up-Ansatzes vom Status Quo die Entwicklung in die Zukunft bei definierten Randbedingungen abschätzt. Dabei werden technische wie wirtschaftliche Potenziale untersucht. Ein örtlich fein untergliedertes Wärmebedarfsmodell bildet die Grundlage der Berechnungen. An Sektoren werden allerdings lediglich Haushalte und Gewerbe/Handel/Dienstleistungen betrachtet, dies aber detailliert unter Berücksichtigung der Siedlungsstruktur in Deutschland. Die Angaben zum Nutzenergiewärmebedarf aus Fernwärme reichen von rund 640 PJ/a (Niedrigpreisszenario Wirtschaftlichkeit) bis rund 815 PJ/a (Hochpreisszenario volkswirtschaftliche Betrachtung) im Jahr 2020.

Blesl 2007 ist ein Beitrag zum „Branchentreff KWK“ am 31. Januar 2007 in Berlin. Mit Verweis auf die AGFW-Hauptstudie sowie eigenen Arbeiten des IER wird der Endenergieverbrauch an Fernwärme für 2020 auf etwa 1.235 PJ/a geschätzt.

Blesl 2010 fokussiert das Fernwärmepotenzial der Haushalte bis 2050. Unter der Annahme, dass sich der Nutzwärmebedarf der Haushalte bis 2050 nahezu halbiert und unter Verwendung von Kenngrößen fernwärmeversorgter Gemeinden in den Gemeindekategorien aus dem Jahr 2006/2007, wird der Nutzwärmebedarf auf rund 280 PJ im Jahr 2020 abgeschätzt. Der Wärmenetzausbau erreicht dabei eine Ausdehnung von rund 41.000 km.

Auch UBA 2007a erarbeitet über eine Siedlungstypisierung die bestehenden Potenziale, die sich aufgrund der Bebauungsdichte wirtschaftlich ergeben könnten. Der Fokus liegt hierbei auf der Verwendung von lokal verfügbaren erneuerbaren Energien bei einem Nahwärmenetzausbau bis zu maximal 10 km je Netz. Entsprechend abweichend dominiert mit rund 370 PJ Nutzenergiebedarf in 2020 mehr der ländliche Raum statt einwohnerreichen und städtischen Kommunen, wie sie der AGFW-Hauptbericht von 2004 ermittelt hat.

Das Spektrum des Nutzenergiebedarfs reicht somit von 280 PJ pro Jahr für die Haushalte (Blesl 2010), über 380 PJ/a für HH und GHD (UBA 2007a) bis 837 PJ/a für HH, GHD und Industrie (BEI/DLR 2005). Der Endenergieverbrauch wird allein bei Blesl 2007 mit 1.235 PJ/a für 2020 angegeben und ist daher nicht mit den anderen Angaben vergleichbar.

¹⁶ Nutzenergie: Energie, die vom Heizsystem unter normierten Bedingungen abgegeben werden muss, um den Heizwärmebedarf und den Trinkwasserwärmebedarf zu decken. (Quelle: TU-Darmstadt)

7.1.2.2 Ergebnisse der Ausbauszenarien

Zum Fernwärmeausbau liegt eine große Anzahl an Szenarien vor, wenn auch nur von wenigen Forschungseinrichtungen. Da sämtliche Angaben als Endenergiebedarf ausgewiesen sind, kann hier eine Zusammenschau der Ergebnisse erfolgen.

EWI et al. 2010 gehen der Frage nach, mit welchen technischen Maßnahmen künftig der Energieverbrauch und damit die Treibhausgasemissionen zu verringern sind, um die angestrebten Klimaziele zu erreichen (zielorientierter Ansatz). Dabei werden auch mögliche Auswirkungen der betrachteten Instrumente abgeschätzt. Betrachtet und einzeln analysiert werden die Sektoren private Haushalte, Gewerbe/Handel/Dienstleistungen, Industrie und Verkehr sowie der Umwandlungssektor. Bezüglich der Strompreisentwicklung – und damit der wirtschaftliche Anreiz für den Bau bestimmter Kraftwerke - wird auch der Einfluss der Erzeugungsanlagen im übrigen Europa berücksichtigt. In den verschiedenen Szenarien werden hierbei die Auswirkungen einer AKW-Laufzeitverlängerung zwischen 4 bis 28 Jahre auf den Strompreis und die sich hieraus ergebende Entwicklung des Kraftwerksparks untersucht. Hieraus ergibt sich mit den übrigen getroffenen Annahmen ein Spektrum für den Fernwärmeverbrauch von 407 bis 424 PJ in 2020.

Auch **FfE 2009** untersucht den Einfluss einer Kernenergielaufzeitverlängerung auf den Energiebedarf bis 2050, wobei in den Szenarien von 40 bzw. 60 Jahren ausgegangen wird, sofern sich der Betrieb wirtschaftlich darstellen lässt. Es wird ebenfalls eine Betrachtung der verschiedenen Sektoren durchgeführt. Das sich hieraus ergebende Spektrum für 2020 reicht von rund 630 PJ/a im Referenzszenario bis 950 PJ/a im Szenario mit einer Laufzeitverlängerung um bis zu 40 Jahre.

Nitsch 2009 und 2010 verfolgen ebenfalls einen zielorientierten Ansatz, wobei hier der Beitrag eines engagierten Ausbaus erneuerbarer Energien zur Erreichung der Klimaziele Untersuchungsschwerpunkt ist. Nitsch 2010 baut auf den Ergebnissen von 2009 auf und aktualisiert diese unter Berücksichtigung der derzeitigen Ausbauentwicklung bei den EE. Mit einer vollständig dynamischen und teilweise räumlich aufgegliederten Simulation der Stromversorgung soll eine wesentlich detailliertere Projektion der Struktur der zukünftigen Energieversorgung gewährleistet werden. Zudem wird in Szenario „C“ die Laufzeitverlängerung und deren Auswirkungen andiskutiert. Entgegen der zuvor genannten Studien liegt der Fernwärmeabsatz in den Szenarien in 2020 mit rund 650 PJ gleich auf. Erst mit 2030 ergeben sich geringfügige Unterschiede.

UBA 2007b vergleicht die Entwicklung zwischen einer Bottom-Up-Analyse (Referenzszenario), welche auf dem heutigen Stand an politischen Instrumenten basiert und lediglich eine absehbare technische Entwicklung fortführt, und einem zielorientierten Szenario (Klimaschutzszenario), welches mögliche Wege zur Erreichung einer Emissionsminderung von 40% bis 2020 und 50% bis 2030 beschreibt. Die Ergebnisse für 2020 liegen mit rund 405 PJ (Referenz-Szenario) und 450 PJ (Klimaschutzszenario) in etwa auf Höhe der Ergebnisse von EWI et al. 2010, steigen jedoch bis 2030 weiter bis auf 515 PJ im Klimaschutzszenario.

WWF 2009 beschäftigt sich mit der Fragestellung, unter welchen technischen und politischen Voraussetzungen sich die Treibhausgasemissionen um 95 % bis 2050 reduzieren lassen und

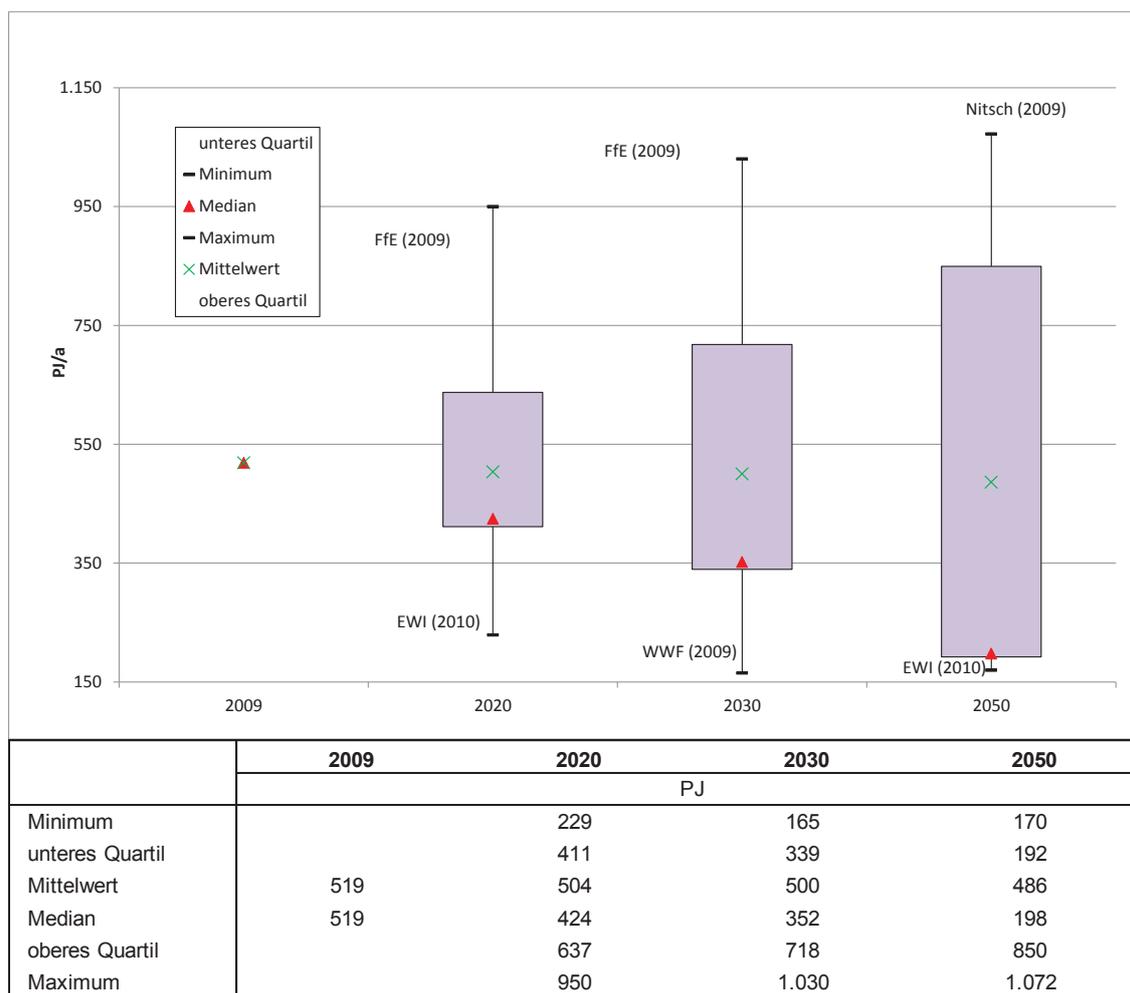
welche Auswirkungen dies auf die Wirtschaftsstruktur und die Lebensweise haben würde. Neben einem Referenzszenario wird im Innovationsszenario eine Ausbaustrategie für erneuerbare Energien entwickelt, wobei jeweils CCS (Carbon Capture and Storage), das als Brücke für die Kraftwerksparktransformation dienen könnte, als zusätzliche Variante betrachtet wird. Der Kernenergieausstieg wird weiterhin vorausgesetzt. Wie in zuvor genannten Untersuchungen wurden auch hier differenzierte Betrachtungen der Verbrauchssektoren Haushalte, GHD, Industrie und Verkehr durchgeführt. Aufgrund der hier unterstellten Entwicklungen geht die Nachfrage an Fernwärme deutlich zurück und weist 2020 im Referenzszenario noch rund 260 PJ und im Innovationsszenario noch etwa 230 PJ auf.

Das Spektrum über all diese Studien eröffnet einen Korridor des künftigen netzgebundenen Wärmeabsatzes zwischen 230 bis 665 PJ in 2020, je nach Szenarienstrategie und Rahmenbedingungen.

Um dieses Spektrum zusammenzufassen und einen möglichen Trend ableiten zu können, wird nachfolgend ein Box-Plot genutzt. Abbildung 7-3 zeigt – ausgehend von der Fernwärmenachfrage in 2009 mit rund 519 PJ (siehe Abbildung 5-2) - das Spektrum bis 2050 auf, welches aus den Ausbauszenarien extrahiert wurde. Auffällig sind die Maxima und Minima, welche einmal durch die Leitstudie 2010 (Nitsch 2011) (Maxima) und die WWF-Studie 2009 (Minima 2020 und 2030; Minimum 2015 aus EWI et al. 2010) gesetzt werden. Aufgrund dieser Extrema hält sich der Mittelwert bis 2050 auf dem Niveau von 2009. Der Median dagegen sinkt zunehmend in den betrachteten Jahren ab. Der Grund hierfür liegt im Charakter des Medians, der weniger als der Mittelwert auf Extremwerte reagiert und der vergleichsweise großen Anzahl an Szenarien bei EWI et al. 2010, die einen abnehmenden Wärmebedarf und damit einhergehend eine rückläufige Nachfrage nach Fernwärmebedarf unterstellen.

Dem gegenüber stehen Nitsch (2011) und FfE (2009), die zwar auch einen sinkenden Endenergiebedarf bei der Raumwärme annehmen, jedoch von einer weitergehenden Erschließung bestehender Nah- und Fernwärmepotenziale in ihren Szenarien ausgehen, wobei die Erschließung lokaler EE-Potenziale eine wichtige Rolle spielt.

Abbildung 7-3 Nachfragekorridor für netzgebundene Wärme, wie er sich aus den betrachteten Ausbauszenarien (mit und ohne Laufzeitverlängerung) bis 2050 ergibt



Quelle: Eigene Darstellung.

Die Bandbreite der Minima und Maxima der potenziellen Fernwärmenachfrage steigt damit im Zeitverlauf bis zu einer maximalen Differenz von 880 PJ im Jahr 2050.

Die KWK-Wärmeerzeugung beträgt im Jahr 2050 dagegen 331 bis 881 PJ und liegt damit innerhalb des unteren und oberen Quartils des Fernwärme-Potenzials (vgl. Abschnitt 7.1.1 und Abbildung 7-2).

7.1.3 Zusammenfassende Ergebnisse zum KWK-Potenzial

Die Ergebnisse der Studienauswertungen zeigen, dass aus heutiger Sicht eine hohe Unsicherheit bezüglich der zukünftigen Entwicklung der KWK-Strom- und Wärmeerzeugung sowie des Fernwärmeabsatzes besteht. Die Bandbreite der Ergebnisse ist in allen drei untersuchten Bereichen sehr groß. Dabei fällt auf, dass die Ergebnisvariabilität in Bezug auf die KWK-Wärme im Jahr 2020 besonders ausgeprägt ist, wohingegen

die der netzgebundenen Wärme kontinuierlich bis zu einem Maximum im Jahr 2050 ansteigt. Darin spiegeln sich grundlegend unterschiedliche Sichtweisen auf die Fortentwicklung der netzgebundenen Wärme wieder, wobei je nach Prognose des Ausbaus der Wärmenetze oder des abnehmenden Wärmebedarfs unterschiedliche Szenariovorstellungen verfolgt wurden.

Bezieht man sich im Bereich der KWK-Stromerzeugung alleine auf die Mediane, die sich aus der Literaturbetrachtung ergeben, zeigt sich bis 2020 ein steigender Trend von 85 TWh (2009) auf 124 TWh, danach ein zunächst leicht (120 TWh im Jahr 2030), dann stark fallender Trend (64 TWh im Jahr 2050). Die Mediane des Vergleichs der Studienergebnisse zur KWK-Wärmeerzeugung zeigen ausgehend vom Jahr 2009 (673 PJ) ebenfalls einen Anstieg bis zum Jahr 2020 (764 PJ) und sinken dann leicht bis zum Jahr 2050 (719 PJ), sie steigen also ausgehend vom Jahr 2009 bis 2050 etwas an.

Der netzgebundene Wärmeverbrauch ist auf Grund des Verbrauchs der KWK-Wärme durch die Industrie (2009: um 221 PJ) im Vergleich zur gesamten KWK-Wärme generell deutlich niedriger. Betrachtet man die Zusammenschau der Potenziale des Fernwärmeabsatzes, ergibt sich für die Mediane ein sinkender Verlauf, beginnend bei 454 PJ im Jahr 2009 abnehmend auf 424 PJ (2020) und 198 PJ in 2050. Der Abstand zwischen den Medianen der KWK-Wärme und der netzgebundenen Wärme nimmt über die Zeit zu. Auf Grund des Zuschnitts der Untersuchung (basierend auf verschiedenen Studien) ist eine direkte Schlussfolgerung im Vergleich der Studien nicht sicher möglich. Dennoch könnte die steigende Differenz zwischen den Medianen der KWK-Wärme und der Fernwärme einen Hinweis auf einen steigenden Anteil der selbstgenutzten Wärme in der Industrie bis 2050 geben.

7.2 In Bau und Planung befindliche und geplante Kraft- und Heizkraftwerke mit einer elektrischen Bruttoleistung größer 10 MW

Der zukünftige Ausbau der KWK im Zuge größerer Anlagen lässt sich – wenigstens für die nächsten Jahre – auch in gewissem Maße über die in Bau und in Planung befindlichen Anlagen abschätzen. Bei der Interpretation dieser Übersichten ist – wie bei den seit 2009 in Betrieb gegangenen Anlagen in Tabelle 4-4 – zu beachten, dass die Höhe der Wärmeauskopplung und damit auch der Brennstoffausnutzungsgrad sehr unterschiedlich sind und dass es sich in der Regel um Ersatz- und Ergänzungskapazitäten handelt (siehe Kapitel 4.1.2). Bei den bereits in Bau befindlichen Projekten sind die wesentlichen technischen Parameter (z. B. auch die installierten Leistungen) bereits fixiert. Hier können ggf. noch Verzögerungen bei der Aufnahme des kommerziellen Betriebs eintreten. Deutlich größere Veränderungen sind dagegen bei den in Planung befindlichen Projekten möglich und wahrscheinlich.

Die Tabelle 7-3 gibt eine Übersicht zu den mit Stand Dezember 2012 (bekannt) im Bau befindlichen fossil gefeuerten Stromerzeugungsanlagen größer 10 MW elektrischer Bruttoleistung mit bzw. ohne Wärmeauskopplung.

Am Standort Schongau tritt eine neue GuD-Anlage anstelle des seit 40 Jahren bestehenden Dampfkraftwerks. Die Eigenstromerzeugung (in KWK) wird sich dadurch wesentlich erhöhen.¹⁷

In Berlin-Lichterfelde ersetzt der Kraftwerksneubau (300 MW_{el} und 230 MW_{th}) das 1972 in Betrieb gegangene HKW mit einer elektrischen Gesamtleistung von 450 MW sowie einer thermischen Leistung von 651 MW. Der Brennstoffausnutzungsgrad soll damit von 70 % auf 90 % steigen.¹⁸

In Bonn wird am Standort Nord die vorhandene Anlage zu einer Gas- und Dampfturbinenanlage umgebaut, welche dann einen Brennstoffausnutzungsgrad von mehr als 86 % erreichen soll. Die Eigenstromerzeugung wird damit, auch unter zusätzlicher Nutzung des in der benachbarten Müllverwertungsanlage gewonnenen Dampfes, von derzeit 230 auf etwa 575 GWh pro Jahr gesteigert.

Das Kraftwerk Hamburg-Moorburg sollte ursprünglich große Mengen Wärme auskoppeln und diese über eine rund 12 km lange Trasse in das Hamburger Fernwärmenetz einspeisen. Der Senat und Vattenfall Europe vereinbarten im November 2011 auf den Bau der teuren und auch bei der Bevölkerung stark umstrittenen Leitung zu verzichten und stattdessen am bestehenden Kraftwerksstandort Wedel eine neue GuD-Anlage zu errichten. Diese soll nach ihrer Inbetriebnahme zur Heizperiode 2016/17 das alte stein-

¹⁷ <http://www.upm.com/de/medien/pressemitteilungen/Pages/UPM-setzt-seine-Investitionen-in-effiziente-Energieerzeugung-fort.aspx>

¹⁸ http://de.wikipedia.org/wiki/Kraftwerk_Berlin-Lichterfelde

kohlenbefeuerte Kraftwerk ersetzen und Wärmeleistung von bis zu 400 MW an das Fernwärmesystem in Hamburg abgeben.¹⁹

An den Standorten Karlsruhe und Mannheim sind die Neubauvorhaben Bestandteil bestehender Großkraftwerke. Hier ersetzt die ausgekoppelte Wärme die aus anderen Blöcken. Aus der höheren Stromkennzahl der Neubauten resultiert jedoch eine zusätzliche KWK-Stromerzeugung.

Im Chemiepark Knapsack befindet sich bereits eine GuD-Anlage mit einer elektrischen Gesamtleistung von 800 MW, welche nun durch Knapsack II mit einer Erzeugungskapazität von etwa 430 MW ergänzt wird.²⁰

Am Standort Eisenhüttenstadt ersetzt das Neubaukraftwerk mit einer elektrischen Bruttoleistung von 56 MW das aus dem Jahr 1953 stammende Altkraftwerk mit 95 MW. Durch das Ersatzbrennstoffkraftwerk „Schwarze Pumpe“ wird die bisherige Wärmelieferung aus dem gleichnamigen Braunkohlekraftwerk substituiert.

Beim Kraftwerksprojekt in Bremen-Mittelsbüren ist eine Auskopplung von Fernwärme zunächst nicht vorgesehen, die Voraussetzungen für eine spätere Nachrüstung werden jedoch mit geschaffen. Als Gründe wurden dabei zum einen angegeben, dass es zurzeit keine weiteren Abnehmer von Fernwärme im Umkreis des Kraftwerks gibt, da der Fernwärmebedarf im Bremer Westen durch bestehende Kraftwerke bereits ausreichend gedeckt wird und werden kann. Zum anderen wird argumentiert, dass ein GuD-Kraftwerk seine Flexibilität durch die Fernwärmeauskopplung verliert, so dass es von den Einsatzmöglichkeiten (am Strommarkt) eingeschränkt wäre.²¹

Das Kraftwerk Datteln 4 würde – falls es in Betrieb geht²² – neben Strom auch ca. 1.000 GWh Fernwärme erzeugen.

¹⁹ <http://www.vattenfall.de/de/innovationskraft-in-wedel.htm> (20.09.12)

²⁰ <http://www.statkraft.de/projekte/deutschland/knapsack2/Default.aspx> (20.09.12)

²¹ <http://gk-bremen.de/projekt/fragen-und-antworten.php> (20.09.12)

²² <http://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/datteln-4-gericht-kippt-genehmigung-fuer-umstrittenes-kraftwerk/6741200.html>

Tabelle 7-3 In Bau befindliche fossil gefeuerte Kraft- und Heizkraftwerke größer 10 MW_{el. brutto} (Stand 31.12.12)

Vorauss. Aufnahme des kommerziellen Betriebs	Eigentümer/Betreiber	Bundesland	Elektr. Bruttol. (MW)	Wärmeauskoppl. (KWK)	Wärmeleistung (MW)	Anlagenart	Brennstoff
KW-Name / Blockname							
Jahr 2013							
Wilhelmshaven 1 - DKW	GDF Suez /BKW FMB Energie	SH	800	nein	0	DT	SK
Bremen-Mittelsbüren	swb Erzeugung GmbH	HB	460	nein	0	GuD	EG
Knapsack – Hürth II	Statkraft Markets GmbH	NW	450	ja	n. b.	GuD	EG
Bonn HKW Nord - GuD	E.- u. W. Bonn/Rhein-Sieg GmbH	NW	74	ja	70	GuD	EG
Lubmin	Industriekraftwerke Greifswald GmbH	MV	37	ja	47	GuD	EG
Bremen-Findorff (Erweiterung)	swb Entsorgung GmbH	HB	34	ja	220	DT	AB
Sindelfingen	Daimler AG	BW	31	ja	42	GT	EG
Jahr 2014							
Karlsruhe-RDK 8	EnBW (Rheinhafen)/StW Karlsruhe	BW	912	ja	220	DT	SK
Hamburg-Moorburg 1	Vattenfall Europe GmbH	HH	827	ja	n. b.	DT	SK
Hamburg-Moorburg 2	Vattenfall Europe GmbH	HH	827	ja	n. b.	DT	SK
Stade - Bützfleth	Dow Deutschland Anlagengesellschaft mbH	NI	163	ja	n. b.	GuD	EG/H ₂
Schongau HKW 1 Neu	UPM-Kymmene GmbH & Co. KG	BY	84	ja	n. b.	GuD	EG
Erfurt-Ost (Erweiterung)	SWE Energie GmbH	TH	31	ja	40	GT	EG
Jahr 2015							
Mannheim 9	GKM	BW	911	ja	500	DT	SK
Jahr 2016							
Berlin-Lichterfelde	Vattenfall Europe GmbH	BE	300	ja	230	GuD	EG
ohne Jahr							
Datteln 4	E.ON Kraftwerke GmbH	NW	1.100	ja	380	DT	SK

Abkürzungen: DT: Dampfturbine, GT: Gasturbine, GuD: Gas- und Dampfturbine, AB: Abfall, EG: Erdgas, SK: Steinkohle, H₂: Wasserstoff, n. b.: nicht bekannt

Quelle: Kraftwerksdatenbank des UBA auf Basis verschiedener Quellen.

Die Tabelle 7-4 gibt eine Übersicht zu den mit Stand Dezember 2012 den UBA bekannten Planungen von fossil gefeuerten Stromerzeugungsanlagen größer 10 MW elektrischer Bruttoleistung mit und ohne Wärmeauskopplung. Der Projektstand der dort dokumentierten Anlagen ist sehr unterschiedlich. So haben einzelne Anlagen bereits ein emissionsschutzrechtliches Genehmigungsverfahren durchlaufen und es wurde bereits die Bauentscheidung getroffen, bei anderen finden wiederum erst Vorplanungen statt. Auch die Realisierungswahrscheinlichkeit muss als sehr unterschiedlich eingeschätzt werden. Es ist davon auszugehen, dass die in der Tabelle 7-4 aufgeführten Anlagen, wenn überhaupt, in der Regel nicht vor 2017 in Betrieb gehen.

Die abschließende Entscheidung zum Bau einer neuen KWK-Anlage haben im Sommer 2012 die Stadtwerke Düsseldorf getroffen. Am bestehenden Kraftwerksstandort Lausward im Düsseldorfer Hafen²³ soll mit dem „Block Fortuna“ das effizienteste Gas- und Dampfturbinenkraftwerk der Welt entstehen. Es erreicht bei einer elektrischen Leistung von 595 MW bei der ausschließlichen Stromerzeugung einen Wirkungsgrad von mehr als 61 %. Zudem sollen 300 MW Fernwärme ausgekoppelt werden.²⁴

Auch die RheinEnergie AG hat im September 2012 beschlossen, das bereits am Standort Köln Niehl bestehende GuD-Kraftwerk durch ein weiteres zu ergänzen.²⁵ Dieses soll eine elektrische Leistung von 450 bis 600 MW haben und 2016 in Betrieb gehen. Die Wärmeleistung von 265 Megawatt sichert nicht nur die Versorgung des Kölner Fernwärmenetzes; durch das neue Kraftwerk kann die Rheinenergie zusätzlich 30.000 weitere Gebäude – etwa in Deutz oder Mülheim – anschließen. Dazu soll eine neue Leitung unter dem Rhein hindurch gelegt werden.²⁶

In Berlin sind neben dem bereits im Bau befindlichen Projekt GuD Lichterfelde weitere Modernisierungsaktivitäten geplant, und zwar die Vorhaben Mahrzahn und Klingenberg. Die Inbetriebnahme des GuD Mahrzahn mit einer elektrischen Leistung von 300 MW und einer thermischen Leistung von 230 MW war ursprünglich für 2016 vorgesehen. Hier rechnet Vattenfall aktuell mit einer Aufnahme des kommerziellen Betriebs nicht vor 2018. Am Standort Klingenberg ist ein gleichartiges/-großes Kraftwerk geplant. Diese Anlage sollte ursprünglich bis zum Jahr 2016 Strom und Wärme liefern; aktuell ist die Inbetriebnahme bis zum Jahr 2020 anvisiert.^{27 28}

In Hamburg beabsichtigt Vattenfall – wie bereits im Kontext des in Bau befindlichen Vorhabens in Moorburg beschrieben – bis zur Heizperiode 2016/17 in Wedel ein GuD-Kraftwerk mit einer elektrischen Leistung von 470 MW und einer thermischen Leistung von 400 MW zu errichten.²⁹

²³ Bislang 520 MW Strom und 330 MW Fernwärme (<http://www.swd-ag.de/unternehmen/erzeugungsanlagen/lausward.php>) (20.09.12)

²⁴ <http://www.swd-ag.de/weltmeisterkraftwerk/index.php> (20.09.12)

²⁵ <http://www.handelsblatt.com/unternehmen/handel-dienstleister/500-millionen-projekt-koelner-rheinenergie-baut-neues-gaskraftwerk/7134706.html>

²⁶ <http://www.general-anzeiger-bonn.de/region/koeln/Aufsichtsrat-gibt-gruenes-Licht-fuer-Gaskraftwerk-article858225.html> (20.09.12)

²⁷ <http://www.vattenfall.de/de/energiekonzept-berlin/modernisierung-des-kraftwerkparcs.htm> (20.09.12)

²⁸ <http://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/berliner-klimapakt-vattenfall-verschiebt-kraftwerksbauten/7117062.html>

²⁹ http://www.vattenfall.de/de/file/120726_Folder_Energiekonzept_HH_10_Seiten.pdf_21861921.pdf (20.09.12)

In Flensburg ersetzen die Stadtwerke Flensburg im Rahmen des Projekts „Kessel 12“ in ihrem Heizkraftwerk bis zum Jahr 2015 zwei alte Kohlekessel durch eine moderne Gas- und Dampfturbinenanlage (GuD).³⁰

In Erfurt-Ost erfolgt die Erweiterung der 1999 in Betrieb genommenen GuD-Anlage um einen Wärmespeicher und um eine zusätzliche Gasturbinen-Abhitzekesseleinheit mit einer elektrischen Leistung von 31 MW sowie einem Wirkungsgrad von 36,4 %. Damit soll die jährliche Stromerzeugung um 150 GWh gesteigert und die Brennstoffausnutzung auf ca. 90 Prozent erhöht werden.³¹

Tabelle 7-4 In Planung befindliche fossil gefeuerte Kraft- und Heizkraftwerke größer 10 MW_{el. brutto} (Stand 31.12.12)

KW-Name / Blockname	Eigentümer/Betreiber	Bundesland	Elektr. Bruttol. (MW)	Wärmeauskoppl. (KWK)	Wärmeleistung (MW)	Anlagenart	Brennstoff
Mecklar-Marbach (Ludwigsau)	Dong Energy Markets GmbH	HE	1.100	ja	n. b.	GuD	EG
Burghausen (Industriegebiet Haiming)	OMV Kraftwerk Haiming GmbH	BY	960	ja	100	GuD	EG
Krefeld-Uerdingen (Chemiepark)	Trianel Kraftwerk Krefeld GmbH	NW	900	ja	n. b.	GuD	EG
Köln-Niehl III	RheinEnergie AG	NW	450-600	ja	265	GuD	EG
Lausward F ("Block Fortuna")	StW Düsseldorf	NW	595	ja	300	GuD	EG
Hamburg Wedel	Vattenfall Europe	HH	470	ja	400	GuD	EG
Karlsruhe-RDK 6s (GuD)	StW Karlsruhe/EnBW (Rheinhafen)	BW	465	ja	n. b.	GuD	EG
Leverkusen	Repower/Currenta	NW	450	ja	n. b.	GuD	EG
Bocholt (Industriepark Mussum)	GDKW Bocholt Power GmbH	NW	430	ja	n. b.	GuD	EG
Braunschweig HKW Nord (GuD)	Braunschweiger Versorgungs AG	NI	430	ja	100	GuD	EG
Premnitz	Atel Havelland Kraftwerk GmbH	BB	400	ja	n. b.	GuD	EG
Berlin-Mahrzahn	Vattenfall Europe GmbH	BE	300	ja	230	GuD	EG
Berlin-Klingenberg	Vattenfall Europe GmbH	BE	300	ja	230	GuD	EG
Dörpen	UPM Nordland Papier GmbH	NI	170	ja	n. b.	GuD	EG
Flensburg GuD	StW Flensburg	SH	75	ja	75	GuD	EG
Rheinberg	Solvay Chemicals GmbH	NW	30	ja	n. b.	DT	EBS
Kiel Humboldtstraße GT 1+2	StW Kiel	SH	22	ja	40	GT	EG

Abkürzungen: DT: Dampfturbine, GT: Gasturbine, GuD: Gas- und Dampfturbine, EG: Erdgas, EBS: Ersatzbrennstoffe, n. b.: nicht bekannt

Quelle: Kraftwerksdatenbank des UBA auf Basis verschiedener Quellen.

³⁰ http://www.stadtwerke-flensburg.de/home/unternehmen/presse/pressemeldungen/detailansicht/article/neue-gasturbine-fuer-stadtwerke-flensburg-kauf-und-wartungsvertrag-unterzeichnet.html?tx_ttnews%5BbackPid%5D=743&cHash=0508215715 (20.09.12)

³¹ http://www.erfurt.de/ef/de/rathaus/aktuell/presse/2012/07/print_43530.shtml (20.09.12)

Die mögliche KWK-Stromerzeugung aller in Bau sowie Planung befindlichen Vorhaben lässt sich schließlich mit ca. 15-20 TWh/a abschätzen.³² Wird jedoch die KWK-Strom-Substitutionen durch Außerbetriebnahme von Altanlagen oder deren modifizierte Betriebsweise berücksichtigt, zeigt sich im Vergleich mit den Ergebnissen der Analyse der Potenziale zur KWK-Erzeugung für das Jahr 2020, dass sich zur Zeit bis zum Jahr 2020 – wenigstens bei den größeren Anlagen – tendenziell eher nur ein geringes Zubau-Volumen abzeichnet. Damit würde die gesamte KWK-Stromerzeugung im Jahr 2020 etwa bei 100 TWh liegen (rund 10 TWh mehr als im Jahr 2011), der Median-Wert von 124 TWh im Jahr 2020 (vgl. Abbildung 7-1) und das KWK-Ziel (siehe Kapitel 3) würde damit wohl nicht erreicht werden. Bei den im Bau befindlichen Kraftwerke lässt sich feststellen, dass vor allem Steinkohlekraftwerke dominieren (mit ca. 5.400 MW_{el} Leistung). Mit zwei Ausnahmen ist jeweils auch eine Wärmeauskopplung vorgesehen, wobei Höhe und Wärmenutzungsgrad sich stark unterscheiden. Bei den geplanten Kraftwerken ist bis auf eine Anlage jeweils Erdgas als Brennstoff vorgesehen. An allen Standorten ist derzeit eine Wärmeauskopplung geplant, auch hier differiert der Umfang jedoch sehr.

7.3 Fazit zur Abschätzung des zukünftigen KWK-Ausbaus

Da das KWK-Ziel als prozentuales Ziel mit Bezug auf die Nettostromerzeugung formuliert wurde, ist dazu eine Abschätzung für das Jahr 2020 erforderlich. Beispielsweise kann dafür, wie in der Zwischenüberprüfung des KWKG (Prognos et al. 2011), das Sofort-Ausstiegsszenarios nach dem Energiekonzept (Prognos et al. 2010) verwendet werden, mit einem Wert von 540 TWh im Jahr 2020. Damit ergäbe sich ein Zielwert für die KWK-Stromerzeugung von 135 TWh. Im Jahr 2011 lag die KWK-Stromerzeugung bei 91 TWh (siehe Abbildung 4-3), eine zusätzliche KWK-Stromerzeugung von rund 45 TWh wäre damit für die Zielerreichung erforderlich.

Der Zielwert von 135 TWh liegt über dem Median der Ergebnisse zur KWK-Stromerzeugung im Jahr 2020 von 125 TWh (siehe Abbildung 7-1), das bedeutet in der Mehrzahl der betrachteten Szenarien liegt die KWK-Stromerzeugung niedriger. Die vorab in Kapitel 6 dargestellten Förderzahlen des KWKG lassen keinen Zubauschub erkennen, der deutlich über den Ersatz der Erzeugung von Altanlagen hinausgeht. Bei der anlagenscharfen Betrachtung der in Bau und Planung befindlichen KWK-Anlagen über 10 MW_{el} in Kapitel 7.2 wurde eine zusätzliche KWK-Stromerzeugung von 10-15 TWh abgeschätzt, wobei ein Teil davon Erzeugung in Altanlagen ersetzt.

³² Hierbei handelt es sich um eine erste Orientierung. Die Wertespanne wurde ermittelt über die Annahme von jeweiligen KWK-Leistungen, die auf Basis der elektrischen Bruttoleistung und der Annahme zum Umfang der Wärmeauskopplung, abgeschätzt wurden, wobei die Anlagenarten und damit verbundene Stromkennzahlen berücksichtigt wurden. Damit lässt sich eine KWK-Leistung von etwa 6 GW abschätzen - wenn alle Anlagen entsprechend in Betrieb gehen würden. Die KWK-Stromerzeugung wurde schließlich für einen durchschnittlichen Betrieb mit 3.000 Jahresvollbenutzungsstunden abgeleitet.

Bei den biogen betriebenen KWK-Anlagen ist in den letzten fünf Jahren, vor allem durch die KWK-Förderung des EEG, ein massiver Ausbau zu verzeichnen gewesen (siehe Tabelle 4-11). Durch die geänderte EEG-Förderung (siehe Kapitel 9.2) und das begrenzte Biomasse-Potenzial kann man nicht sicher davon ausgehen, dass sich dieser Ausbau in der gleichen Stärke in den nächsten Jahren fortsetzen wird.

Allein im Bereich der kleinen fossilen KWK (unter 1 MW) zeigt sich eine deutliche Zunahme in den letzten Jahren (siehe Tabelle 4-6), bei der sich zurzeit keine Trendwende erkennen lässt (siehe dazu auch Gores und Emele (2012)). Allerdings sind die absoluten Zahlen in diesem Segment so gering (3,8 TWh im Jahr 2011), dass dieser KWK-Bereich nicht die Erreichung des Ziels sicherzustellen vermag.

Eine KWK-Stromerzeugung in einer Größenordnung von 135 TWh zeichnet sich auf Basis der verschiedenen Analysen im Rahmen des Forschungsvorhabens und unter den derzeit zu beobachtenden Bedingungen nicht ab.

8 Wirtschaftlichkeitsanalysen

8.1 Vorbemerkungen

Mit dem Inkrafttreten des novellierten Gesetzes „für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz)“ am 19. Juli 2012 und den schon im Juni 2011 aufgehobenen Doppelbegrenzung von maximaler Förderdauer und Jahresvollbenutzungsstunden haben sich die Rahmenbedingungen für die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) in Deutschland spürbar verbessert. Die wirtschaftlichen Aussichten der KWK werden aber auch durch weitere politische Maßnahmen, insbesondere aber durch die generellen Veränderungen der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen, beeinflusst. Diese beiden Kategorien der Einflussparameter sind in den Tabelle 8-1 und Tabelle 8-2 zusammenfassend dargestellt. Beschreibungen zu den einzelnen Instrumenten sind in Kapitel 9 zu finden.

Tabelle 8-1 Politische Rahmenbedingungen und ihre Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit von KWK-Anlagen

Politische Rahmenbedingungen	Auswirkungen auf Wirtschaftlichkeit
KWKG 2012	Erhöhte Zuschlagzahlungen für KWK-Strom; Investitionszuschüsse für Wärme-/Kältenetze und -speicher; teilweise Kompensation der ETS-Nachteile; mit Novellierung Mitte 2011 bereits Verbesserung der Einsatz-Bedingungen durch Aufhebung der Doppelbegrenzung (Förderdauer und Jahresvollbenutzungsstunden).
EEG	Positiv für biogen basierte Stromerzeugung (Deponie-, Klär-, Grubengas und Biomasse) durch EEG-Vergütungsregelungen
EEWärmeG	potenziell positiv; KWK als Ersatzmaßnahme; aber begrenzte Relevanz
EnergieStG	Positiv bezogen auf Wettbewerbssituation auf Wärmemarkt (nicht Stromerzeugung!) durch Steuerbefreiung der Energieinputs
StromStG	Positive Wirkungen der Steuerbefreiung für Anlagen unter 2 MWel ist nach Ablauf der bis zum 31. März 2012 befristeten beihilferechtlichen Genehmigung des Energiesteuergesetzes (vorerst?) entfallen.
Emissionshandel	Tendenziell positive Wirkung durch Einpreisung auf Stromerzeugung; nachteilig im Hinblick auf Wärmeerzeugung, die mit Anlagen konkurrieren, die nicht dem Emissionshandel unterliegen (durch KWKG 2012 im Prinzip kompensiert).
Vorrangregelung EE	Konfliktsituation für KWK; tendenziell negativ

Quelle: *Eigene Darstellung.*

Tabelle 8-2 Wirtschaftliche Rahmenbedingungen und ihre Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit von KWK-Anlagen

Wirtschaftliche Rahmenbedingungen	Auswirkungen auf Wirtschaftlichkeit
Brennstoffkosten (Input)	Erdgas: negativ durch hohes Ausgangsniveau/tendenziell steigender Preise; Kohle: tendenziell negativ wegen CO ₂ -Kosten (abhängig vom "cap")
CO₂-Kosten	Unsichere Wirkungsrichtung; abhängig vom Verhältnis der Strompreis(erlös)steigerung zu den Veränderungen der Zertifikatspreisen
Stromerlöse	Eher negativ auch durch merit order-Effekt bei steigender Nutzung erneuerbarer Energien; aber auch Funktion der CO ₂ -Preise (s.o.)
Wärmeerlöse	Vorsichtig negativ; abhängig vom Wärmefaktor
Kosten Erzeugungsanlage	Tendenziell negativ durch hohe/steigende Investitionskosten
Transport-/Verteilung	Tendenziell negativ durch hohe Investitionskosten
Wärmespeicher	Tendenziell positiv im Hinblick auf die zur Flexibilisierung erforderliche Entkopplung von Strom- und Wärmeerzeugung; Positiv: Förderung
Fahrweise der Anlage	Tendenziell negativ bei Minderung der jahresdurchschnittlichen Auslastung durch flexiblere Fahrweise; positiv: Wärmespeicher
Kalkulationszinssatz	Je niedriger/höher der Kalkulationszinssatz, desto positiver/ negativer die Wirtschaftliche Bewertung
Planungszeitraum	Je kürzer/länger der Planungszeitraum, desto negativer/positiver die wirtschaftliche Bewertung

Quelle: Eigene Darstellung.

In den nachstehenden Kapiteln sollen zunächst die Veränderungen der für die Bewertung der KWK relevanten wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen dargestellt werden. Dem folgt die konkrete Wirtschaftlichkeitsanalyse mit einer Diskussion der dazu getroffenen Annahmen und einer Bewertung der daraus folgenden Ergebnisse.

8.2 Veränderungen der KWK-relevanten wirtschaftlichen Rahmenbedingungen

Die Wirtschaftlichkeit der KWK ist neben den originären wirtschaftlichen Faktoren (Gaspreise, Strompreise/-erlöse, Wärmeerlöse, Zinssatz, Investitionskosten, Betriebskosten u. ä.) abhängig von politisch bestimmten Rahmenbedingungen (z. B. KWK-Gesetz; Ökosteuer, Emissionshandel) sowie von technischen Determinanten (z. B. Niveau und Struktur des jeweiligen Wärmemarktes). Anschließend sollen vorrangig die Veränderungen der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen skizziert werden. Dazu zählt vor allem die Entwicklung der Energiepreise, speziell für Öl, Gas, Kohle und Strom.

Die weltweite Entwicklung der Rohölpreise ist nach wie vor durch eine hohe Volatilität geprägt: Nach einer längeren Phase vergleichsweise niedriger Rohölpreise von Mitte der achtziger bis Mitte der ersten Dekade des 21. Jahrhunderts mit seinem Tiefpunkt Ende der neunziger Jahre, wurde erstmals wieder im Jahr 2004 die 40 \$/bbl-Marke überschritten mit dem Höhepunkt von über 140 \$/bbl. im Juli 2008. Ebenso drastisch fielen die Ölpreise in der Folgezeit bis auf ein Niveau von knapp 34 \$/bbl. Ende 2008. Seither zeichnet sich wieder ein mehr oder weniger ausgeprägter Preisanstieg bis auf

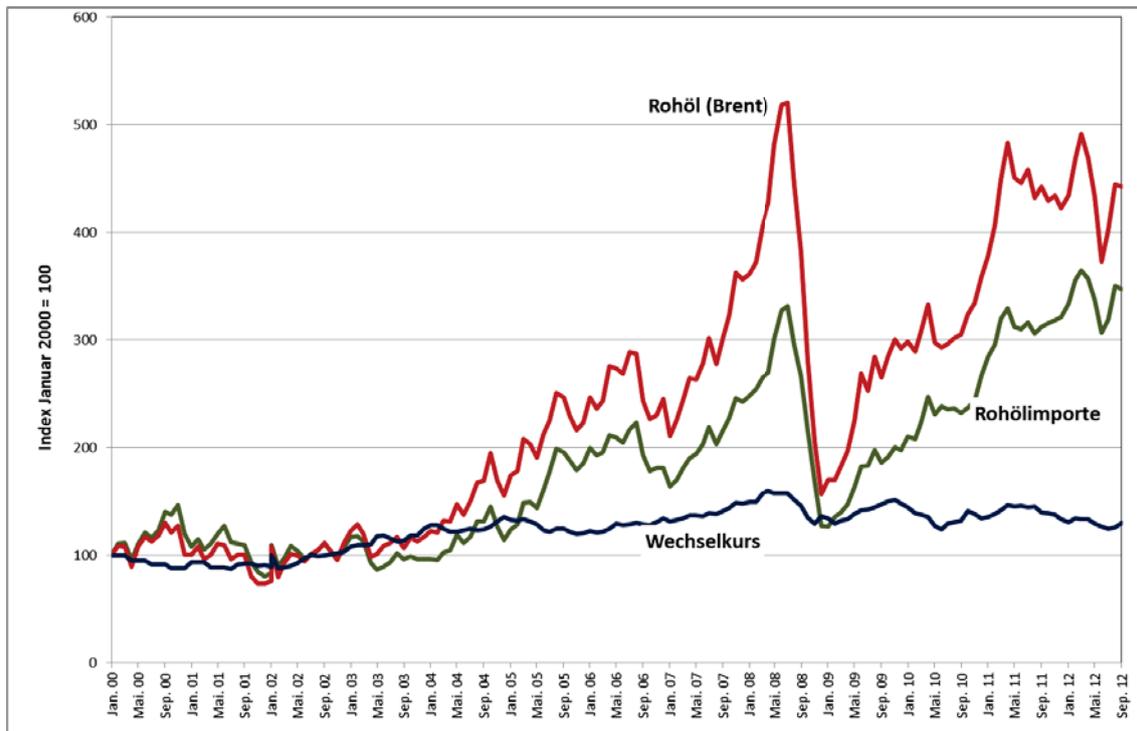
über 100 \$/bbl Anfang 2011 ab. Der zwischenzeitliche Rückgang im Juni/Juli 2012 auf unter 100 \$/bbl wurde bald wieder von einem deutlichen Anstieg auf mehr als 110 \$/bbl abgelöst (Abbildung 8-1). Die Veränderungen der weltweiten Rohölpreise beeinflussten direkt oder indirekt die Importpreise für Rohöl, Mineralölprodukte, Erdgas und Kohle. Differenzen ergeben sich weitgehend durch die jeweilige Entwicklung der Wechselkurse; durch die Höherbewertung des Euro blieb der Anstieg der Rohölimportpreise spürbar lange hinter dem Welt-Rohölpreis zurück; seit Mitte 2008 kehrt diese Tendenz indes leicht um (Abbildung 8-2).

Abbildung 8-1 Weltmarktpreise für Rohöl (Brent) von 2005 bis August 2012



Quelle: Energy Information Administration (EIA), Washington.

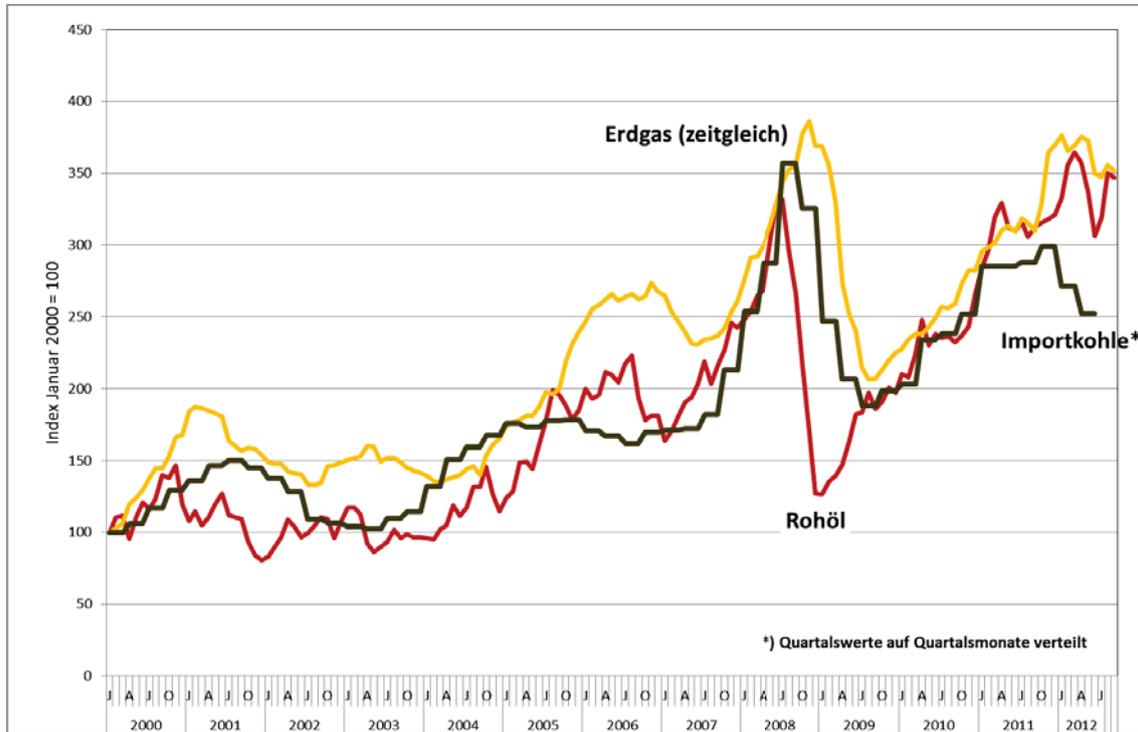
Abbildung 8-2 Welt-Rohölpreise, Rohölimportpreise sowie Wechselkurse in Deutschland von 2000 bis September 2012



Quelle: Statistisches Bundesamt, Mineralölwirtschaftsverband (MWV), Bundesbank.

Noch stärker ausgeprägt stellt sich (zumindest bisher) der Zusammenhang zwischen Rohölimporten und Erdgasimporten dar, wenn auch die Erdgasimportpreise den Rohölpreisen gewöhnlich mit einem Zeitabstand von etwa einem halben Jahr folgen (Abbildung 8-3). Die Abbildung zeigt aber auch dass die Kohlenimportpreise – wenn auch schwächer als das Erdgas – recht eng der Entwicklung der Ölpreise folgen.

Abbildung 8-3 Rohöl-, Erdgas- und Kohlenimportpreise von 2000 bis September 2012

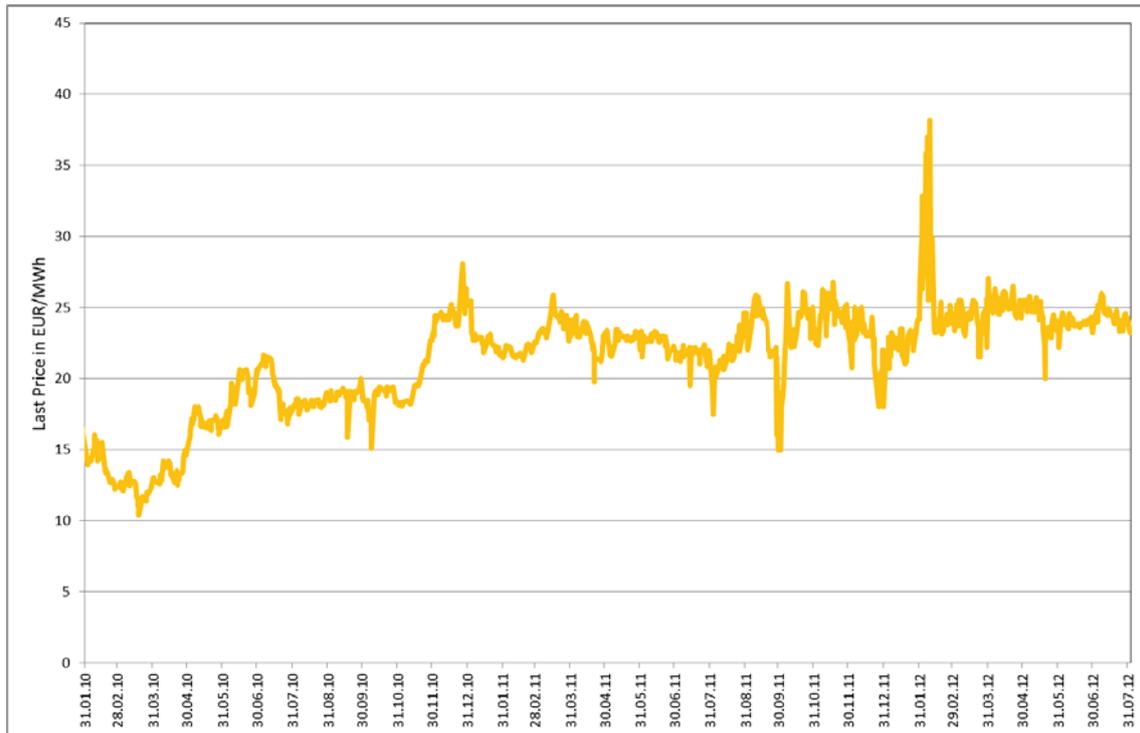


Quelle: BMWi, BAFA.

Die Spotmarktpreise des an der Leipziger EEX gehandelten Erdgases zeigten zwar auch seit 2010 insgesamt steigende Tendenz, doch ist seit Anfang 2011 – bei allen, teilweise kräftigen Schwankungen - eher eine Preisstabilität zu erkennen (Abbildung 8-4). Stärker als die Spotmarktpreise sind die Grenzübergangswerte für Erdgas (s.o.) seit Ende 2009 nahezu durchgängig bis auf die bisherige Spitze von 34 Euro/MWh im Januar gestiegen; seither sind sie aber leicht rückläufig. Sie folgen damit zeitversetzt im Wesentlichen den Ölimportpreisen.

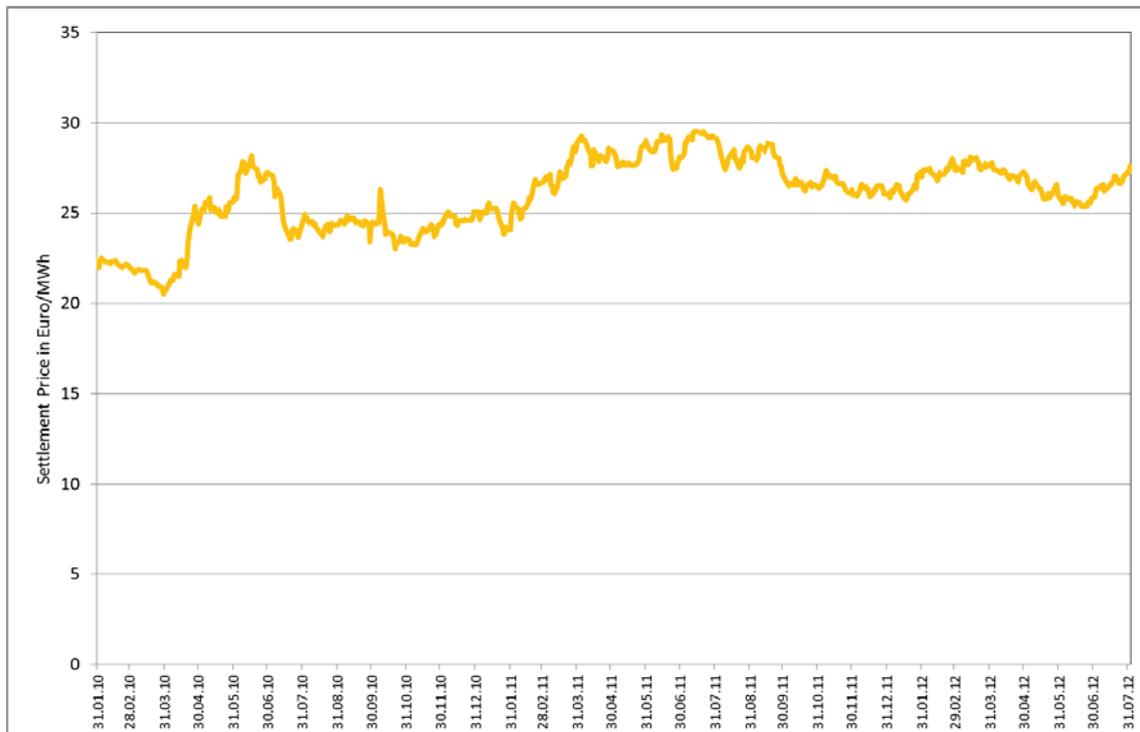
Bei den Futures zeigt sich eine vergleichsweise stabile Entwicklung (in Abbildung 8-5 für den Lieferzeitraum Januar 2014), die seit Ende 2011 stets ein Niveau von 25 Euro/MWh_{Ho}, (entspricht knapp 28 Euro/MWh_{Hu}) überschritten hat. Eine eindeutige Aufwärtstendenz ist insoweit momentan nicht zu erkennen (Abbildung 8-5).

Abbildung 8-4 Erdgas Spotmarktpreise NCG von Anfang 2010 bis Ende Juli 2012



Quelle: EEX.

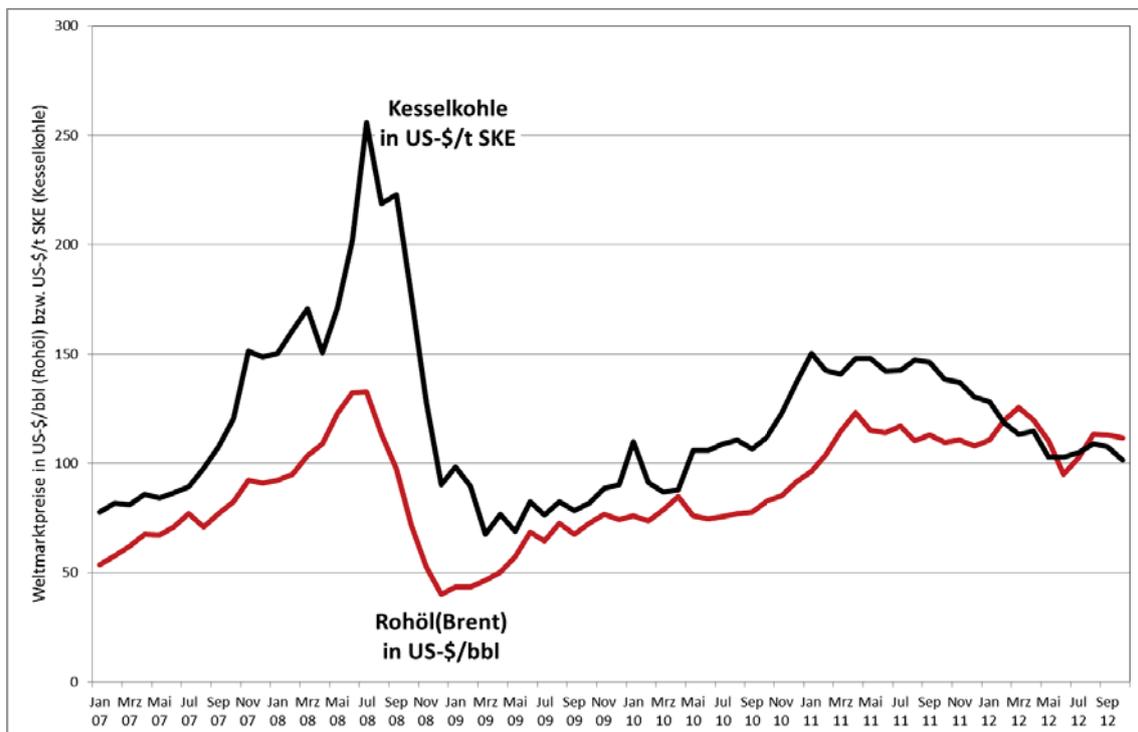
Abbildung 8-5 Erdgas Futures an der EEX für Lieferzeitraum Januar 2014



Quelle: EEX.

Die Preise der international gehandelten Kohlen (Kesselkohle) folgten ebenfalls weitgehend den Veränderungen der Rohölpreise. Ihren Höhepunkt hatten auch sie im Jahr 2008, gefolgt von einem kräftigen Preiseinbruch auf ein Niveau von Anfang 2007. Schon um den Jahreswechsel 2009/2010 wurde die 100 US-\$/t SKE-Marke wieder überschritten; seit Mai 2010 lagen die Weltmarktpreise für Kohlen stets über dieser Marke und erreichten im Januar 2011 mit gut 150 Euro/t SKE einen erneuten Höhepunkt, fielen dann aber stetig auf kaum mehr als 100 Euro/t SKE Mitte 2012 (Abbildung 8-6).

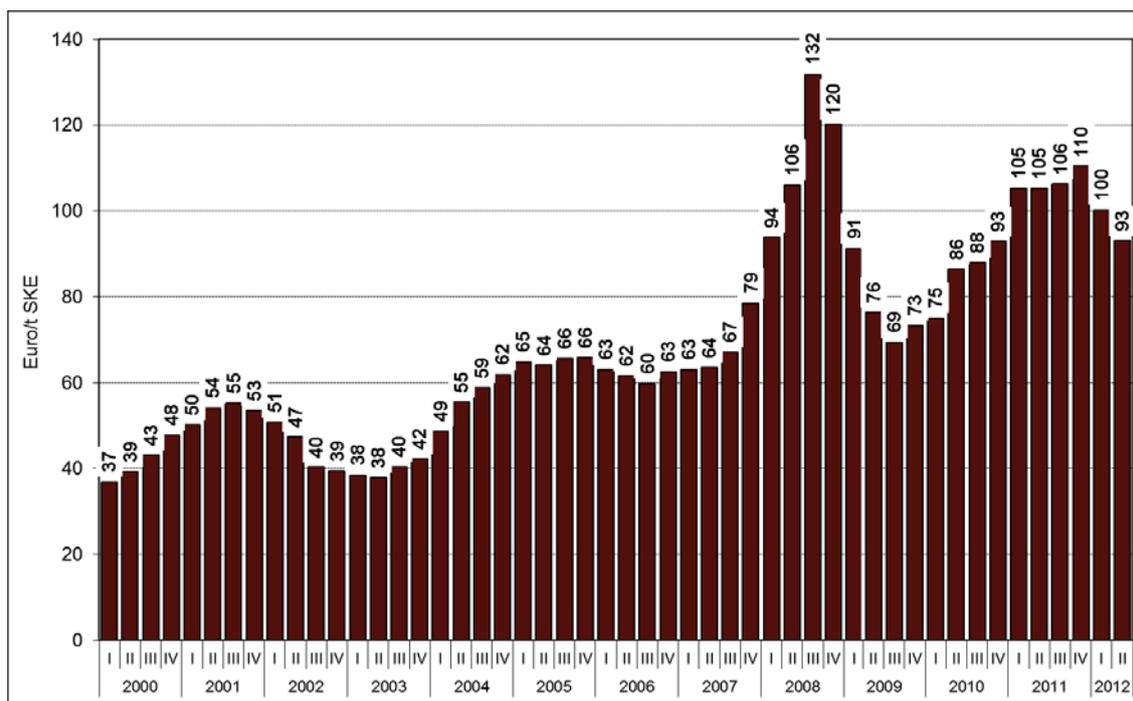
Abbildung 8-6 Entwicklung der Weltmarktpreise für Rohöl und Kohlen von 2007 bis Oktober 2012



Quelle: *Mc Closkey's Coal Report; EIA.*

Ähnlich wie die Weltmarktpreise für Kohlen entwickelten sich die Importpreise für Kraftwerkskohle. Während die Preise von Ende 2004 bis zum 3. Quartal 2007 vergleichsweise stabil blieben, kam es anschließend zu einer außerordentlichen Steigerung bis auf den bisherigen Höchstwert von 132 Euro/t SKE im 3. Quartal 2008. Mit der Finanz- und Wirtschaftskrise 2008/2009 verfielen auch die Importpreise für Kraftwerkskohle auf ein Niveau von rund 70 Euro/t SKE im 3. Quartal 2009, danach haben sich die Preise aber wieder deutlich nach oben entwickelt bis hin zu 110 Euro/t SKE im 4. Quartal 2011; seit Anfang 2012 ist aber erneut ein deutlicher Rückgang bis auf 93 Euro/t SKE im 2. Quartal 2012 festzustellen (Abbildung 8-7).

Abbildung 8-7 Grenzübergangswerte für Steinkohlenimporte vom 1. Quartal 2000 bis zum 2. Quartal 2012

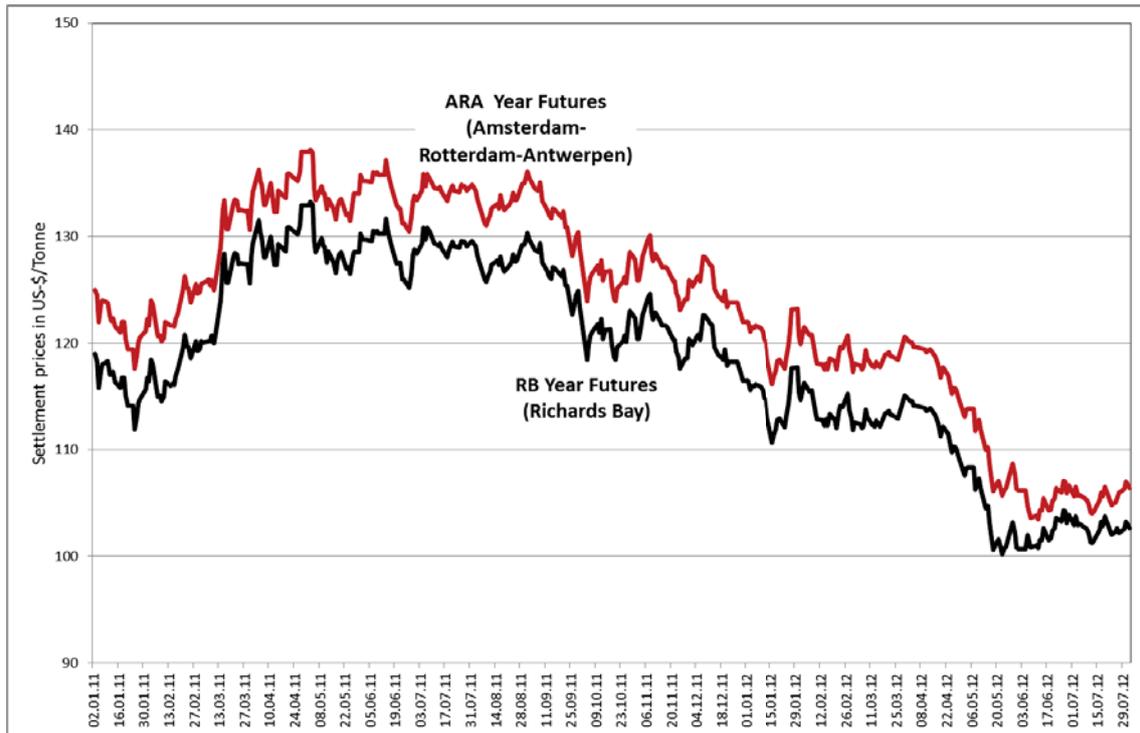


Quelle: BAFA.

Interessant ist, dass auch die an der EEX gehandelten Futures für Kohle eine deutliche Abwärtstendenz aufweisen. Nachdem in den ersten Monaten 2011 noch mit einem kräftigen Anstieg für den Lieferzeitraum Januar 2014 auf bis zu nahezu 140 US-\$/Tonne gerechnet worden war, tendieren die Zukunftserwartungen seither spürbar nach unten; erst im Sommer 2012 deutet sich ein erneuter Preisanstieg an (Abbildung 8-8).

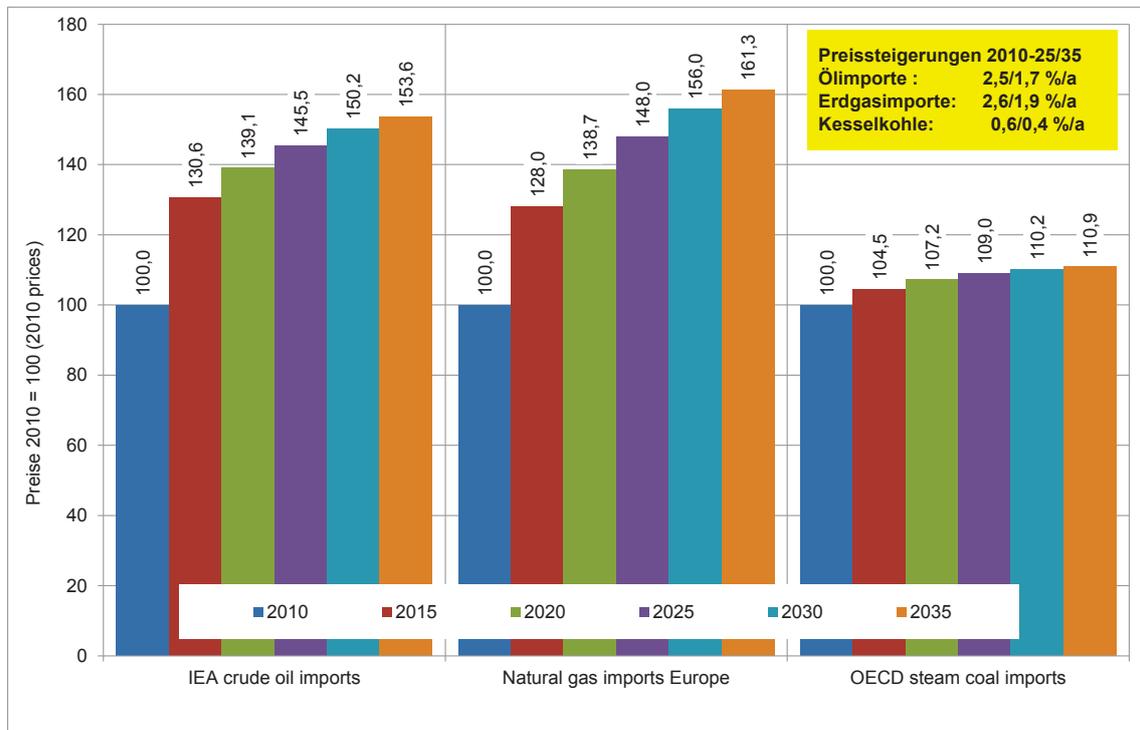
Für die Zukunft wird von der Internationalen Energieagentur (IEA) für alle fossilen Energien eine mehr oder weniger deutliche Steigerung angenommen. So sollen von 2010 bis 2035 im jährlichen Durchschnitt die Rohölpreise um 1,7 % und die Gasimportpreise in Europa um 1,9 % anziehen, während für die Kesselkohle eine Preissteigerung von lediglich 0,4 % pro Jahr erwartet wird (Abbildung 8-9).

Abbildung 8-8 Kohle Futures an der EEX 2011 und 2012 für Lieferzeit Januar 2014



Quelle: EEX.

Abbildung 8-9 Annahmen der IEA zur künftigen Entwicklung der Preise fossiler Energieträger von 2010 bis 2035



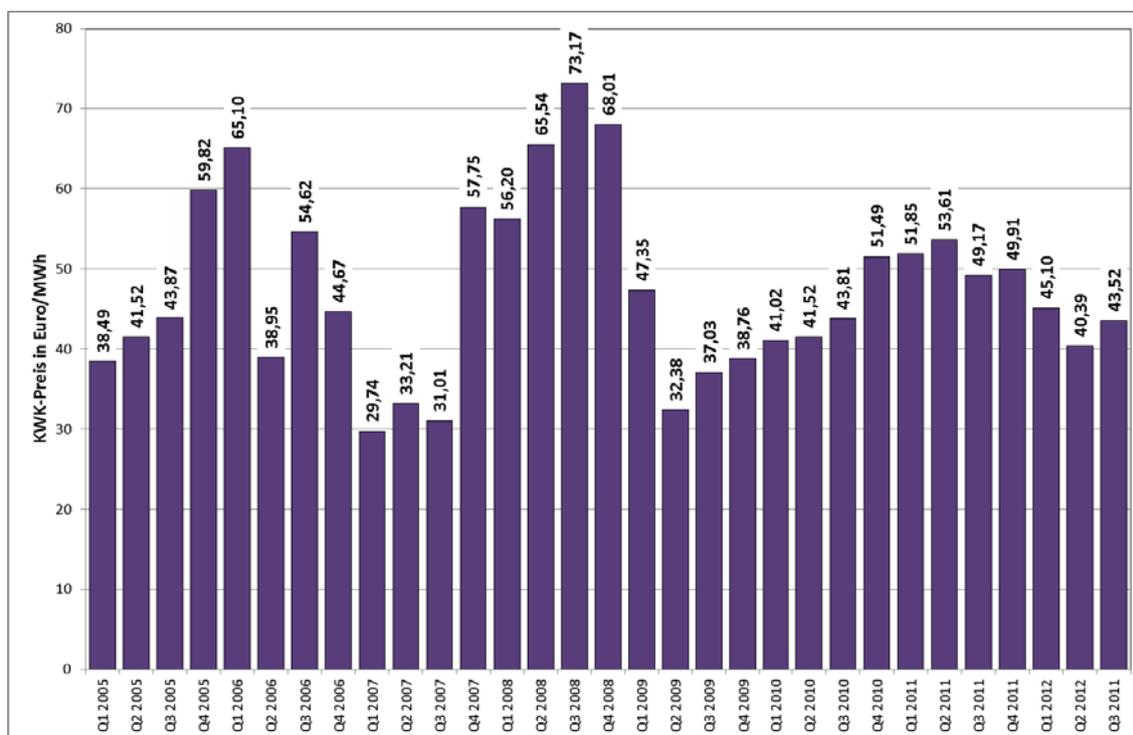
Quelle: Internationale Energie Agentur (IEA), Paris 2011.

Wesentlich für die Wirtschaftlichkeit von KWK-Anlagen sind nicht nur die Kraftwerks-Inputpreise für die Brennstoffe Erdgas und Kohle, sondern auch die Strompreise als Indikator für den potentiell zu erwartenden Stromerlös sowie schließlich die Erlöse, die aus der Wärmeerzeugung zu erzielen sind.

Gemessen an dem durchschnittlichen Preis für Baseload-Strom an der EEX, der „übliche Strompreis“ nach dem KWK-Gesetz für KWK-Anlagen bis 2 MW, zeigte sich in der Vergangenheit eine ausgesprochen schwankende Entwicklung. Die Höchstpreise im Jahr 2006 mit Spitzen von 65 Euro/MWh im 1. Quartal 2006 fielen um mehr als die Hälfte auf unter 30 Euro/MWh im 1. Quartal 2007. Zu einer erneuten Spitze kam es im Anschluss an die drastischen Energiepreissteigerungen im 3. Quartal 2008 mit Werten von 73 Euro/MWh, die abermals von einem starken Preisverfall gefolgt wurde. Seit dem 2. Quartal 2009 ist allerdings, getrieben durch den wirtschaftlichen Aufschwung, wieder eine kontinuierliche Aufwärtsbewegung der Preise bis auf knapp 54 Euro/MWh im 2. Quartal 2011 zu verzeichnen. Seither sind die Preise freilich erneut deutlich gesunken auf zuletzt (2. Quartal 2012) nur wenig mehr als 40 Euro/MWh; im 3. Quartal 2012 fielen sie mit reichlich 43 Euro/MWh wieder etwas höher aus (Abbildung 8-10).

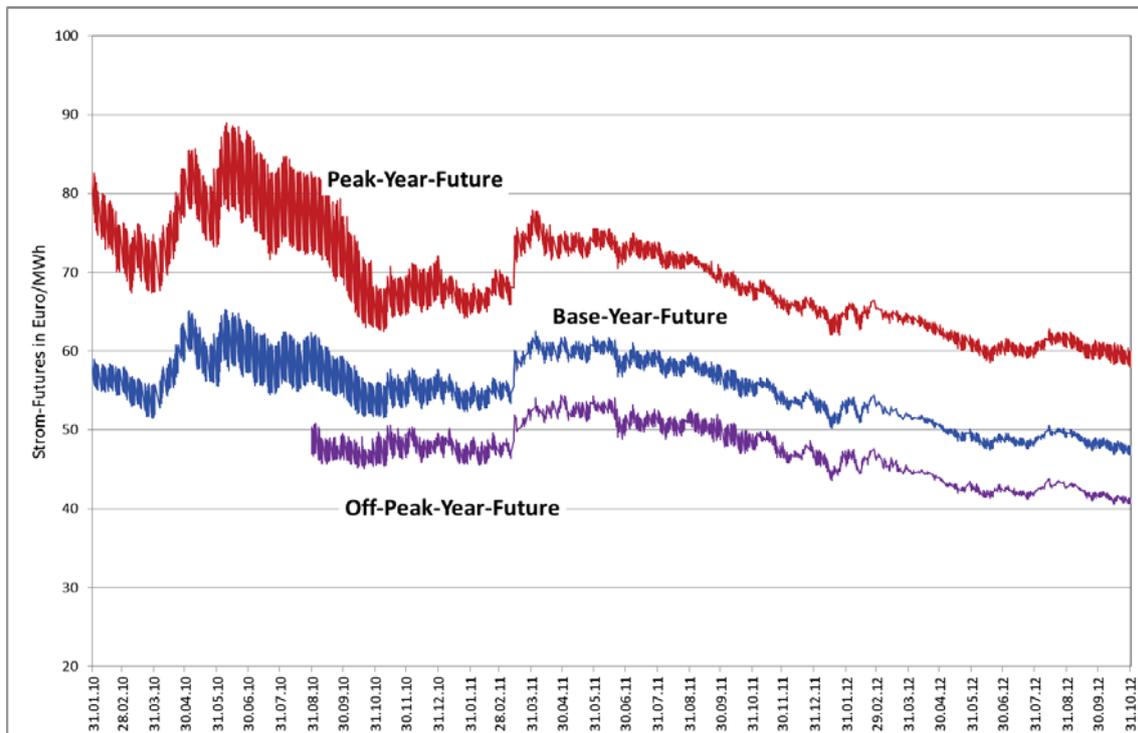
Die beim Baseload-Strom bereits zu erkennende Tendenz fallender Preise wird bei einem Blick auf die Erwartungen der künftigen Strompreise verstärkt. Nimmt man als Indikator dafür die Futures für die Jahre 2013 und 2015, so zeigt sich ein Alles in Allem kräftiger Rückgang (Abbildung 8-11).

Abbildung 8-10 Durchschnittlicher Preis für Grundlaststrom an der Strombörse EEX vom 1. Quartal 2005 bis zum 3. Quartal 2012



Quelle: EEX.

Abbildung 8-11 Strom-Futures für die Lieferzeitraum Januar 2013 und 2015 von Anfang 2010 bis Oktober 2012



Quelle: EEX.

Wurden etwa die Base-Year Futures Mitte 2010 für den Lieferzeitpunkt Januar 2015 noch mit Preisen deutlich oberhalb von 60 Euro/MWh gehandelt, fielen sie anschließend bis zum Frühjahr 2011 deutlich unter die 60 Euro/MWh-Grenze. Wohl auch als Reaktion auf die Reaktorkatastrophe in Fukushima und die Entscheidung der Bundesregierung, acht Kernkraftwerke in Deutschland vom Netz zu nehmen, sprang der Preis kurzfristig wieder auf über 60 Euro/MWh. Spätestens seit August/September 2011 tendierten die Base-Year Futures deutlich nach unten, seit Mitte Mai 2012 bis auf weniger als 50 Euro/MWh. Ähnliche Verläufe – wenn auch auf anderem Niveau – zeigen auch die Peak-Year Futures, die zuletzt nur noch bei 60 Euro/MWh notierten, sowie bei den Off-Peak-Year Futures mit Werten von nur wenig mehr als 40 Euro/MWh (Abbildung 8-11).

Eine weitere Komponente der Beeinflussung der Wirtschaftlichkeit von KWK-Anlagen stellen die CO₂-Preise im Zusammenhang mit dem Europäischen Emissionshandel dar. Nur zu Beginn der zweiten Handelsperiode Anfang 2008 kletterte der Preis von nahe Null kurzfristig auf beinahe 30 Euro/t CO₂. Nach einem tiefen Absturz bis Anfang 2009 auf weniger als 10 Euro/t CO₂ bewegte er sich bis Mitte 2011 um einen Preis von etwa 15 Euro/t CO₂. Seither zeichnet sich bei allen kurzfristigen Schwankungen ein starker Rückgang bis auf Größenordnungen zwischen 6 und 8 Euro/t CO₂ ab. (Abbildung 8-12).

Abbildung 8-12 CO₂ Spotpreise an der EEX von 2008 bis Oktober 2012



Quelle: EEX.

Auch die an der EEX gehandelten Futures signalisieren eine vergleichsweise stabile Tendenz. So liegen selbst die für Dezember 2014 gehandelten Futures seit Ende 2011 durchweg – abgesehen von kurzzeitigen Ausschlägen darüber - unter einem Zertifikatspreis von 10 Euro/t CO₂. Auch zeichnet sich bisher für die Zukunft keine Umkehr dieser Entwicklung ab, zumal höchst unsicher ist, ob es auf EU-Ebene zu einer baldigen Lösung des Problems der aus der Periode 2008/2012 herrührenden Überallokation kommt (Abbildung 8-13).

Abbildung 8-13 CO₂-Futures für die Lieferzeit Dezember 2014 von Juli 2010 bis August 2012



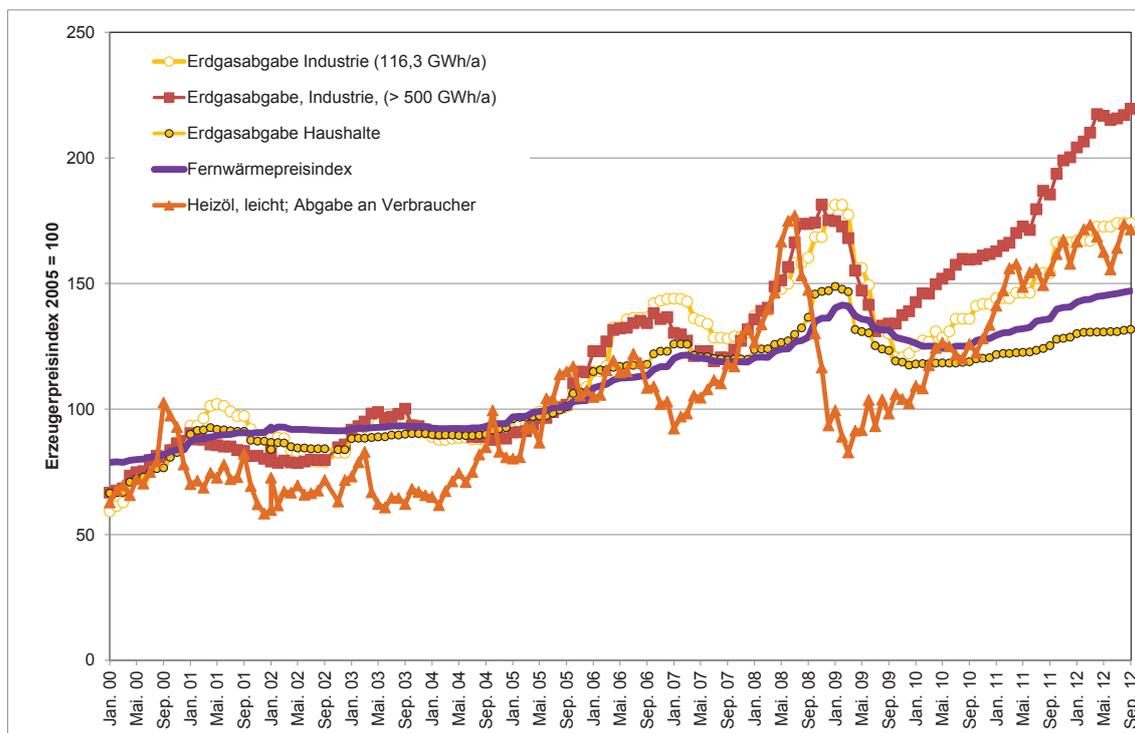
Quelle: EEX.

Vergleicht man die Entwicklung der CO₂-Zertifikatspreise mit den Preisen für den an der EEX gehandelten Strom, so sind kurz- und mittelfristig wohl keine wesentlichen Steigerungen zu erwarten. Bei den CO₂-Preisen hängt dies aber auch davon ab, wie auf EU-Ebene mit den „überschüssigen“ Zertifikaten aus der Handelsperiode 2008-2012 umgegangen wird und/oder, ob es zu einer Verschärfung des Emissionsminderungspfades mit ambitionierteren „Caps“ noch für die Handelsperiode 2013-2020 kommt.

Mit den zuletzt wieder steigenden Erdgaspreisen und gleichzeitig schwachen Großhandelspreisen für Strom haben sich jedenfalls die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen tendenziell zu Lasten der KWK verschlechtert. Es ist auch nicht zu übersehen, dass sich diese Situation künftig vor dem Hintergrund der Entwicklung auf den Welt-Erdölmärkten mit weiterhin relativ hohen Preisniveaus für Erdgas, aber auch für Steinkohlen kaum wesentlich ändern dürfte.

Bei der wirtschaftlichen Bewertung der KWK aus Sicht der Energiepreisentwicklung ist aber auch zu berücksichtigen, dass die Erdgaspreise nicht nur als Kostenfaktor mit Blick auf den Brennstoffinput eine wesentliche Rolle spielen, sondern ebenso hinsichtlich der mit den Gaspreissteigerungen einhergehenden Möglichkeiten für eine Anhebung der Fernwärmepreise erlösseitige Spielräume eröffnen. Einen Eindruck von den Preisentwicklungen bei der Fernwärme und bei den mit ihr konkurrierenden Energieträgern gibt Abbildung 8-14.

Abbildung 8-14 Erzeugerpreisindizes für Erdgas, leichtes Heizöl und Fernwärme in Deutschland von Januar 2000 bis September 2012



Quelle: Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2012.

Gemessen am entsprechenden Erzeugerpreisindex konnten die Fernwärmepreise zumindest in den Jahren von 2000 bis 2012 (Durchschnitt der Monate Januar bis Juli) in Größenordnungen wie die Konkurrenzenergien Erdgas und leichtes Heizöl angeheben werden: So betrug in dieser Periode die durchschnittliche jährliche Steigerungsrate bei der Fernwärme 5,0 %, beim Erdgas 4,8 % und beim leichten Heizöl 6,5 %. Die Wettbewerbsposition bei der Fernwärme hat sich insofern seit 2000 kaum verschlechtert.

8.3 Politische Rahmenbedingungen: Das KWKG 2012

Die Kraft-Wärme-Kopplung gehört zu den Systemen, die eine besonders effiziente Nutzung der eingesetzten Energie aufweisen. Dies ist auch der Grund, dass KWK-Anlagen seit Jahren finanziell unterstützt werden. Hierzu zählen die weiter oben in Tabelle 8-1 genannten Maßnahmen wie

- das EEG für die auf biogenen Energieträgern basierten KWK-Anlagen,
- das Energie- und Stromsteuergesetz sowie
- die begünstigenden Regelungen beim Emissionshandel.
- das Erneuerbare Energien Wärmegesetz mit seiner indirekten Förderung der KWK als kompensierende Gesetzeserfüllung.

Das zentrale Instrument zur Förderung ist allerdings nach wie vor – schon wegen der Förderwirkungen - das Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWKG), dessen erste Version noch aus dem Jahr 2000 stammt, dann aber 2002 und 2009 novelliert wurde. Die 2011/2012 vorgenommene erneute Novellierung trat mit dem „Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz)“ am 19. Juli 2012 in Kraft. Dieses Gesetz und dessen wirtschaftlichen Auswirkungen stehen im Mittelpunkt der folgenden Erörterungen (s. auch detaillierte Informationen zum KWKG in Abschnitt 9.1).

Nach dem KWKG in der Fassung vom 12. Juli 2012 gilt das in Tabelle 8-3 dargestellte Förderregime, das für unterschiedliche Anwendungsfälle und je nach zeitlicher Erstreckung differenzierte Zuschläge vorsieht. Gleichzeitig traten damit die Vorgängerregelungen außer Kraft.

Im Vorfeld dieser Novellierung wurde bereits im Jahr 2011 mit dem Gesetz zur Neuregelung energiewirtschaftsrechtlicher Vorschriften (vgl. BT-Drucksache 17/6072) der Förderzeitraum von 2016 auf 2020 erweitert und die bisherige doppelte Deckelung durch die Begrenzung auf sechs Betriebsjahre bzw. vier für Industrie-KWK und zusätzlich jeweils höchstens 30.000 Vollbenutzungsstunden aufgehoben. Die Dauer der Zahlung wurde mit dieser Gesetzesänderung auf ausschließlich 30.000 Vollbenutzungsstunden beschränkt.

Schon diese Regelung brachte erhebliche Vorteile insbesondere für solche KWK-Betreiber mit sich, die ihre Anlagen mit Jahresvollbenutzungsstunden von weniger als 5.000 Stunden betreiben mussten. Danach würde man bei einer Begrenzung der Förderdauer auf sechs Jahre nur bei 5.000 Stunden pro Jahr auf insgesamt 30.000 Vollbenutzungsstunden und damit auf die maximale Förderung kommen können. Jede niedrigere Benutzungsdauer würde also die Förderwirkung vermindern.

Tabelle 8-3 *Regelungen nach dem Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz) vom 12.07.2012*

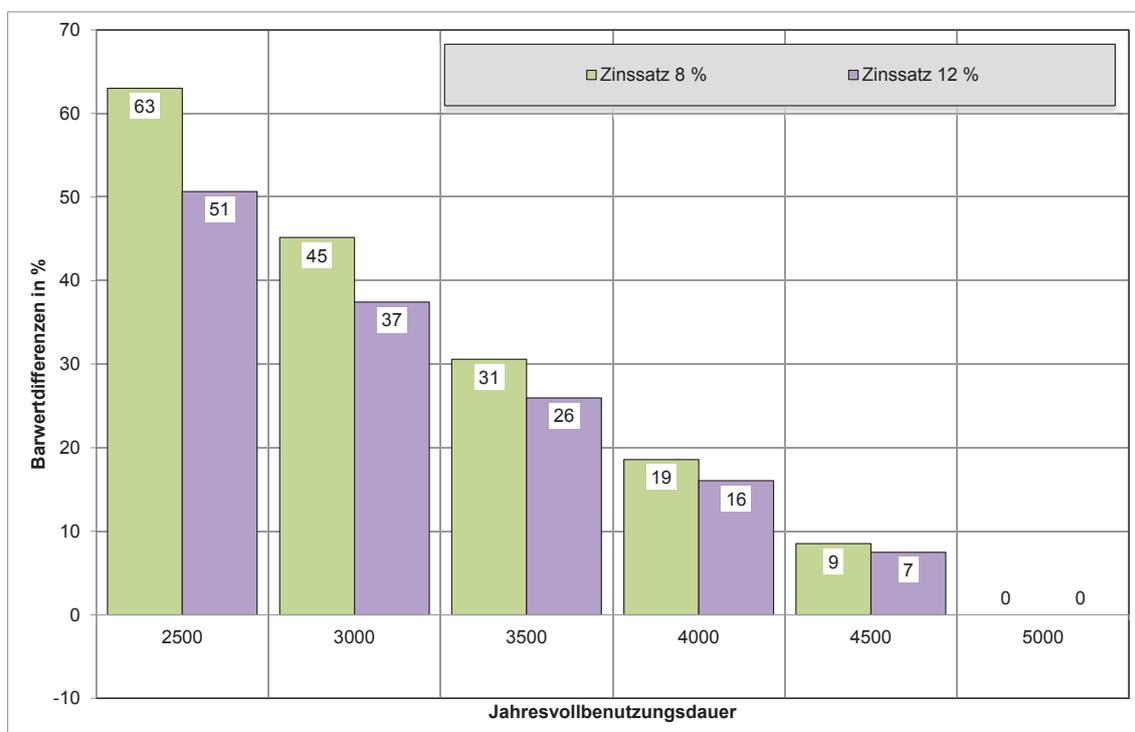
KWKG-§	Anlagen-kategorie	Inbetriebnahme/Dauerbetrieb	Höhe des Zuschlags in ct/kWh und Dauer der Zahlung
§ 7 Abs. 1	Kleine Anlagen bis 50 kW/Brennstoffzellen	In Dauerbetrieb genommen nach dem 19.07.2012 bis 31.12.2020	Zuschlag von 5,41 ct/kWh für einen Zeitraum von zehn Jahren ab Aufnahme des Dauerbetriebs oder für die Dauer von 30.000 Vollbenutzungsstunden
§ 7 Abs. 2	Kleine Anlagen mit mehr als 50 kW	In Dauerbetrieb genommen nach dem 19.07.2012 bis 31.12.2020	Ab Aufnahme des Dauerbetriebs Anspruch auf Zahlung eines Zuschlags für 30.000 Vollbenutzungsstunden; kleine Anlagen mit einer Leistung von mehr als 50 kW bis 2 MW erhalten für Leistungsanteil bis 50 kW 5,41 ct/kWh, für Leistungsanteil zwischen 50 und 250 kW 4 ct/kWh und für den Leistungsanteil über 250 kW 2,4 ct/kWh.
§ 7 Abs. 3	Sehr kleine KWK-Anlagen/ Brennstoffzellen bis zu 2 kW	Inbetriebnahme nach Inkrafttreten des KWKG	Auf Antrag Vorabzahlung durch den Netzbetreiber pauschal für die Erzeugung von KWK-Strom für die Dauer von 30.000 Vollbenutzungsstunden ab Inbetriebnahme.
§ 7 Abs. 4	Anlagen mit mehr als 2 MW	In Dauerbetrieb genommen nach dem 19.07.2012 bis 31.12.2020, sofern hocheffizient und keine Fernwärme-Verdrängung	Zuschlag für 30.000 Vollbenutzungsstunden; für Leistungsanteil bis 50 kW 5,11 ct/kWh, für Leistungsanteil zwischen 50 und 250 kW 4 ct/kWh, für den Leistungsanteil über 250 kW 2,4 ct/kWh und für Leistungsanteil über 2 MW 1,8 ct/kWh; Ab 1. Januar 2013 erhöht sich der Zuschlag für KWK-Anlagen im Anwendungsbereich des Treibhausgas-Emissionshandelsgesetzes, die von da an in Dauerbetrieb genommen worden sind, um weitere 0,3 ct/kWh.
§ 7 Abs. 5 Satz 1	Modernisierte hocheffiziente Anlagen bis 50 kW	Wieder in Dauerbetrieb genommen nach dem 19.07.2012 bis 31.12.2020	Ab Aufnahme des Dauerbetriebs Anspruch auf Zahlung eines Zuschlags in Höhe von 5,41 Cent pro Kilowattstunde wahlweise für die Dauer von 5 Jahren oder für die Dauer von 15.000 Vollbenutzungsstunden; oder 10 Jahre oder 30 000 Vollbenutzungsstunden, wenn die Kosten der Erneuerung mindestens 50 Prozent der Kosten für die Neuerrichtung der KWK-Anlage betragen.
§ 7 Abs. 5 Satz 2	Modernisierte hocheffiziente Anlagen über 50 kW	Wieder in Dauerbetrieb genommen nach dem 19.07.2012 bis 31.12.2020	Ab Aufnahme des Dauerbetriebs Anspruch auf Zahlung eines Zuschlags für die Dauer von 1. 30 000 Vollbenutzungsstunden, wenn die Kosten der Modernisierung mindestens 50 Prozent der Kosten für die Neuerrichtung der KWK-Anlage betragen. 2. 15 000 Vollbenutzungsstunden, wenn die Kosten der Modernisierung mindestens 25 Prozent der Kosten für die Neuerrichtung der KWK-Anlage betragen.
§ 7 Abs. 6	Nachgerüstete hocheffiziente Anlagen über 2 MW	Inbetriebnahme nach Inkrafttreten des KWKG, sofern keine Fernwärme-Verdrängung	Ab Aufnahme des Dauerbetriebs Anspruch auf Zahlung eines Zuschlags 1. für 30 000 Vollbenutzungsstunden, wenn die Kosten der Nachrüstung mindestens 50 Prozent der Kosten für die Neuerrichtung der KWK-Anlage betragen. 2. für 15 000 Vollbenutzungsstunden, wenn die Kosten der Nachrüstung mindestens 25 Prozent der Kosten für die Neuerrichtung der KWK-Anlage betragen. 3. für 10 000 Vollbenutzungsstunden, wenn die Kosten der Nachrüstung weniger als 25 mindestens aber 10 Prozent der Kosten für die Neuerrichtung der KWK-Anlage betragen.

Quelle: *Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz vom 12. Juli 2012.*

Gerade angesichts des expansiven Vorbringens der erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung und des Gebots ihrer vorrangigen Nutzung, aber auch aufgrund ihres

Vorteils von Grenzkosten nahe oder gleich Null, wird zunehmend die konventionelle Stromerzeugung verdrängt mit der Folge einer reduzierten Kraftwerksauslastung. Dazu ein Beispiel: Bei einer Auslastung von lediglich 3.000 Stunden pro Jahr erlangt der Betreiber einer KWK-Anlage nach der alten Förderregelung (sechs Jahre) lediglich eine Förderung für eine gesamte Vollbenutzungsdauer von 18.000 Stunden. Bei der alleinigen Begrenzung auf 30.000 Jahresvollbenutzungsstunden erhält er die Förderung aber für zehn Jahre. Daraus resultiert ein durchaus nennenswerter Barwertvorteil für den KWK-Betreiber wie Abbildung 8-15 zeigt. Dieser relative Barwertvorteil gilt völlig unabhängig von der Anlagengröße.

Abbildung 8-15 Relative Veränderungen der Barwerte zwischen der KWKG-Novelle vom Juli 2012 und dem KWKG 2009 in Abhängigkeit von der Jahresvollbenutzungsdauer und Zins



Quellen: Eigene Berechnungen.

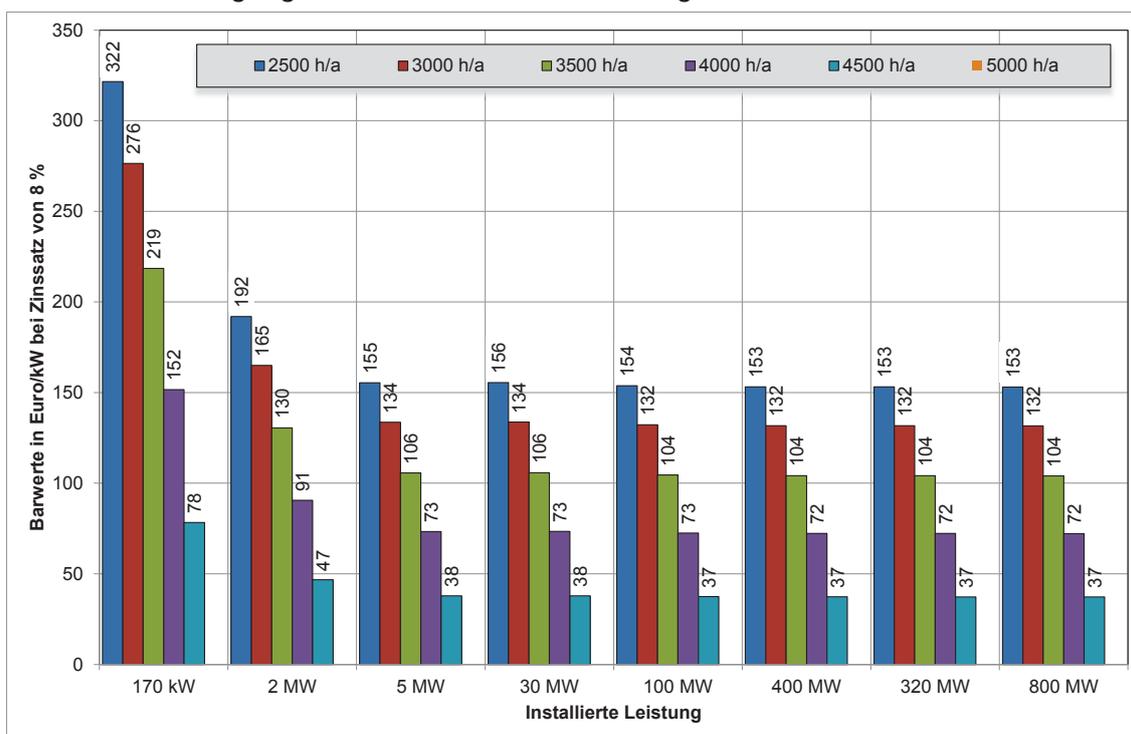
Dieser relative Vorteil fällt umso höher aus, je geringer die tatsächliche Benutzungsdauer ist. Nur bei einer Jahresvollbenutzungsdauer von 5.000 Stunden entspricht die Neuregelung genau der Novellierung aus dem Jahr 2009. Bei 3.000 Stunden macht der relative Barwertvorteil bei einer Verzinsung von 8 % immerhin 45 % und bei 12 % Zins 37 % aus.

Anders als die relativen Vorteile hängen die absoluten Veränderungen der spezifischen Barwerte zwischen der KWKG-Novelle vom Juli 2012 und dem KWKG 2009 nicht nur von der Jahresvollbenutzungsdauer und dem Zinssatz ab, sondern gleichermaßen von der Anlagengröße. Für den folgenden Vergleich der Vorteilhaftigkeit der Neuregelung werden die Anlagen ausgewählt, die auch die Grundlage für die später zu diskutieren-

de Wirtschaftlichkeitsbewertung bilden. Abbildung 8-16 (8 % Zins) und Abbildung 8-17 (12 % Zins) zeigen beispielsweise, dass bei 3.000 Jahresvollbenutzungsstunden und einem Zinssatz von 8 %/12 % bei den gewählten Anlagen die Barwertvorteile zwischen 132/97 Euro/kW bei einem 800 MW-Kraftwerk, 165/122 Euro/kW bei einem 2 MW BHKW und 276/204 Euro/kW bei einer KWK-Anlage mit 170 kW liegen. Gemessen an den spezifischen Investitionskosten der betrachteten Anlagen bewegen sich die maximalen Anteile der Vorteile durch die Aufhebung der Doppelbegrenzung bei einer Verzinsung von 12 % zwischen etwa 6 % (bei den spezifisch teureren kleinen Anlagen) und 15 % (bei den großen Anlagen mit niedrigeren spezifischen Investitionskosten) oder bei einer Verzinsung von 8 % entsprechend zwischen etwa 8 % und 20 %.

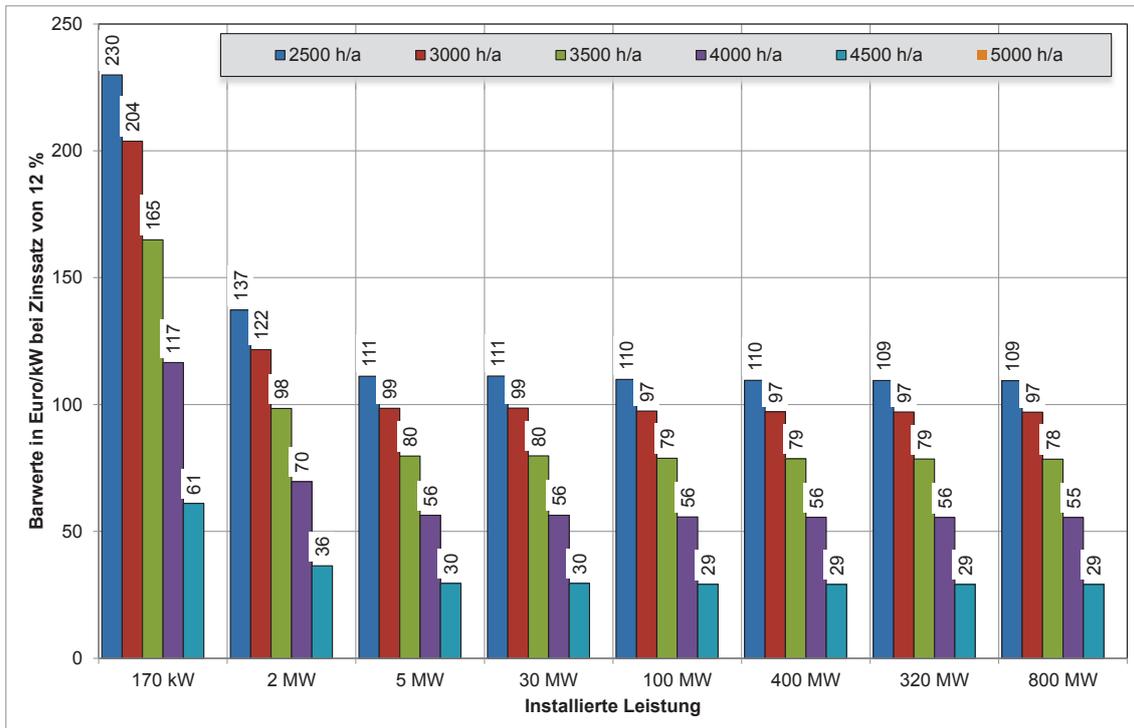
Zweifellos sind diese Beträge, die ausschließlich aus der Aufhebung der doppelten Deckelung resultieren, von großer Relevanz für die wirtschaftliche Bewertung einer Investitionsentscheidung für eine neue Anlage.

Abbildung 8-16 Absolute Veränderungen der spezifischen Barwerte zwischen der KWKG-Novelle 2012 und dem KWKG-2009 als Funktion von Anlagengröße und Jahresvollbenutzungsdauer bei einem Zins von 8 %



Quellen: Eigene Berechnungen.

Abbildung 8-17 Absolute Veränderungen der spezifischen Barwerte zwischen der KWKG-Novelle 2012 und dem KWKG-2009 als Funktion von Anlagegröße und Jahresvollbenutzungsdauer bei einem Zins von 12 %



Quellen: Eigene Berechnungen.

Neben der Aufhebung dieser doppelten Deckelung weist das KWKG 2012 noch weitere wirtschaftlichkeitsbegünstigende Regelungen auf:

- Anhebung der Zuschlagsätze in allen Leistungsklassen um 0,3 ct/kWh,
- Einführung eines gesonderten Zuschlags von 4,0 ct/kWh in einer „neuen“ Leistungsklasse von 50 bis 250 kW,
- Zusätzlicher Zuschlag von 0,3 ct/kWh für neue KWK-Anlagen im Anwendungsbereich des Treibhausgas-Emissionshandelsgesetzes von 2013.
- Förderung über definierte Vollbenutzungsstunden für die Nachrüstung konventioneller Großkraftwerke und Modernisierung bestehender KWK-Anlagen,
- Förderung nicht nur von Wärmenetzen, sondern auch der Kältenetze sowie Wärme- und Kältespeicher.
- Besondere Förderung kleiner Anlagen (bis 50 kW Wahlrecht für KWK-Zuschlag über 10 Jahre oder für 30.000 Jahresvollbenutzungsstunden); bei Kleinst-Anlagen mit 2 kW pauschale Auszahlung der Zuschläge für 30.000 Stunden bei Inbetriebnahme.

Kleine KWK-Anlagen bis 20 kW_{el} werden außer über das KWKG 2012 auch noch durch Investitionszuschüsse gemäß der Richtlinie des BMU vom 17. Januar 2012 gefördert. Einzelheiten dazu sind Tabelle 8-4 zu entnehmen. Danach würde sich der Investitions-

zuschuss bei einer 5 kW-Anlage immerhin auf 2.500 Euro (spezifisch: 500 Euro/kW) und bei einer 20 kW-Anlage auf 3.500 Euro (175 Euro/kW) belaufen.

Tabelle 8-4 Förderung von KWK-Anlagen bis 20 kW_{el} nach der Richtlinie vom 17. Januar 2012 für Antragseingänge im Jahr 2012 und 2013 (20 kW, 5 kW)

Leistung in kW _{el}		Förderbetrag in Euro/kW		Förderbetrag in Euro/kW	
Min	Max	einzel	kumuliert in €	einzel	kumuliert in €
>0	<= 1	1500	1500	1500	1500
>1	<= 4	300	900	300	900
>4	<= 10	100	100	100	600
>10	<= 20	50	0	50	500
		5 kW-Anlage	2500	20 kW-Anlage	3500
Degression der Fördersätze ab 1. Januar 2014 (Antragseingang) um 5 % p.a.					

Quellen: Eigene Berechnung gemäß Förderrichtlinie für KWK-Anlagen bis 20 kW_{el}.

8.4 Wirtschaftliche Bewertung der KWK gemäß KWKG 2012

8.4.1 Annahmen der Wirtschaftlichkeitsrechnung

Die wirtschaftliche Bewertung von KWK-Anlagen hängt entscheidend von den Annahmen über die folgenden Faktoren ab (vgl. dazu auch Matthes/Ziesing, 2011):

- Investitionskosten
- Brennstoffkosten
- CO₂-Kosten
- Strom- und Wärmeerlöse
- Andere Betriebskosten
- Verteilungskosten (hier nicht gesondert berücksichtigt)

Die Bewertung wird aber auch wesentlich von den konkreten Einsatzbedingungen der KWK-Anlagen beeinflusst. Hier gibt es vor allem Unterschiede zwischen der industriellen KWK und der KWK der allgemeinen Versorgung. So zeigt sich, dass die Wirtschaftlichkeit des Betriebs von KWK-Anlagen in der allgemeinen Versorgung schon aufgrund ihrer im Vergleich zu industriellen Anlagen in der Regel niedrigeren Volllaststunden schwieriger zu erreichen ist. Außerdem sind die Optimierungsmöglichkeiten bei der industriellen KWK bei hohem Strom- und Wärmebedarf strukturell grundsätzlich günstiger als in der allgemeinen Versorgung. Hinzu kommt, dass hier im Vergleich zu einer ungekoppelten Erzeugung höhere Wärme- und Stromerlöse eine bessere Wirtschaftlichkeit ermöglichen als bei Anlagen der öffentlichen Versorgung. Ein Abbild dieser Unterschiede wird auch ersichtlich in den Differenzen des jeweiligen Anteils der KWK-

Stromerzeugung an der jeweiligen Gesamterzeugung. Nicht zu übersehen ist im Übrigen, dass die Verbesserungen durch das neue Förderregime für die industrielle KWK im Vergleich zur Vorgängerregelung deutlich höher ausfallen als für die übrigen KWK-Betreiber. Es sei hier ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die folgenden Wirtschaftlichkeitsüberlegungen hinsichtlich der großen KWK-Anlagen im Wesentlichen auf Einsatzbedingungen wie in der allgemeinen Versorgung abstellen.

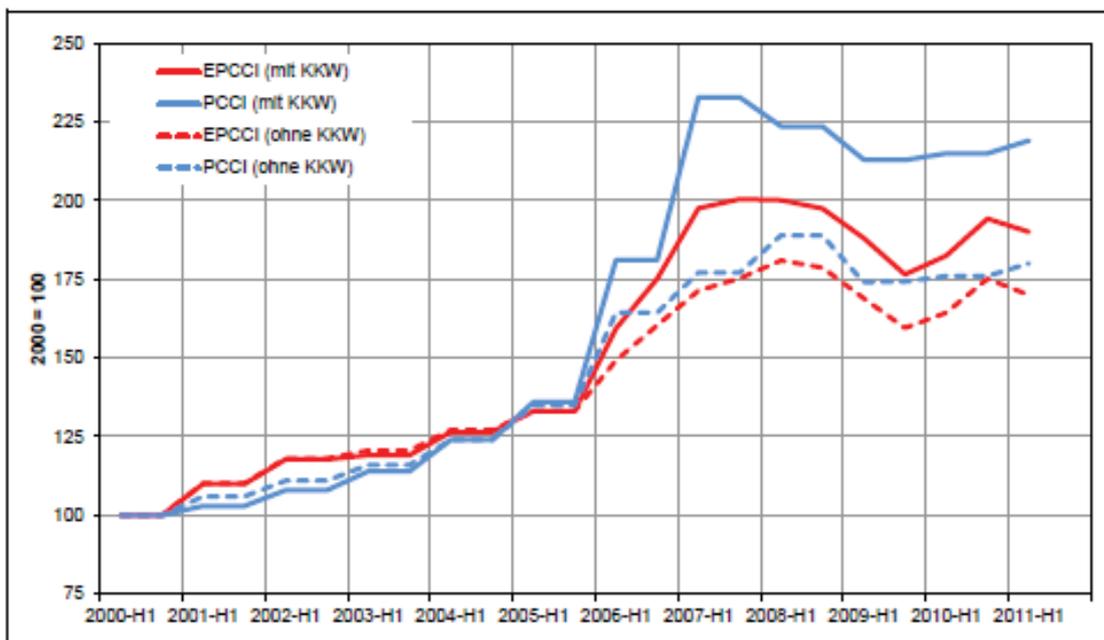
Die anzunehmenden Investitionskosten werden weitgehend von der Auswahl der wirtschaftlich zu bewertenden KWK-Anlagen bestimmt. Hier wird den Rechnungen ein hinreichend repräsentatives Spektrum unterschiedlicher Größenordnungen zugrunde gelegt. Dabei wird eine Bandbreite von Mini-KWK-Anlagen mit 5 und 50 kW, über BHKW mit knapp 2 MW, über ein Biomasse-HKW mit 5 MW bis hin zu Leistungen von 30 MW und 100 MW sowie Großanlagen von 400 MW und 800 MW auf Erdgasbasis sowie von 320 MW auf Steinkohlenbasis (jeweils elektrische Nennleistung) abgedeckt.

Im Einzelnen wird eine Differenzierung nach Kraftwerksgrößen und nach Einsatzbrennstoffen mit den entsprechenden spezifischen Investitionskosten vorgenommen. Bei der Ermittlung der jeweiligen spezifischen Investitionskosten wird in erster Linie auf Annahmen zurückgegriffen, die im Rahmen einer Studie von Matthes/Ziesing (2011) mit Mitgliedern des KWK-Arbeitskreises des VKU abgestimmt wurden, andererseits wurden auch weitere Studien berücksichtigt, beispielsweise:

- Matthes, F. Chr., Der KWK-Wirtschaftlichkeitsindikator COGIX – Jahresbericht 2011, Berlin, Januar 2012.
- ASUE. BHKW-Kenndaten 2011.
- Prognos/Berliner Energieagentur, Zwischenüberprüfung zum Gesetz zur Förderung der Kraft-Kraft-Wärme-Kopplung, Berlin, Basel, 8. August 2011.

Die ausführliche Darstellung der Veränderungen der Investitionskosten für Kondensationskraftwerke wie für KWK-Anlagen von Matthes (Matthes, 2012) zeigt, dass es in den vergangenen Jahren zu einer mehr oder weniger stark ausgeprägten Steigerung bei den Investitionskosten gekommen ist

Abbildung 8-18 Entwicklung der Anlagekosten für Kraftwerke



Quelle: Matthes, F. Chr., Der KWK-Wirtschaftlichkeitsindikator COGIX., Januar 2012.

Im Ergebnis werden die folgenden spezifischen Investitionskosten mit der Preisbasis 2011 unterstellt, wobei bei der 5 kW_{el}-Anlage der Zuschuss gemäß Mini-KWK-Richtlinie vom 17. Januar 2012 bereits berücksichtigt ist:

Erdgas-KWK:	5 kW _{el}	4.500 Euro/kW _{el}
	50 kW _{el}	3.000 Euro/kW _{el}
	170 kW _{el}	2.200 Euro/kW _{el}
	2 MW _{el}	1.300 Euro/kW _{el}
	30 MW _{el}	1.200 Euro/kW _{el}
	100 MW _{el}	1.100 Euro/kW _{el}
	400 MW _{el}	800 Euro/kW _{el}
Biomasse-KWK:	800 MW _{el}	750 Euro/kW _{el}
	5 MW _{el}	1.800 Euro/kW _{el}
SK-KWK	320 MW	2.000 Euro/kW _{el}

Hinsichtlich der bei diesen Kraftwerkstypen unterstellten Zuschlagssätze nach dem KWKG 2012 werden folgende (gewichtete) Werte für den Förderfall berücksichtigt:

Tabelle 8-5 Gewichtete Zuschlagzahlungen gemäß KWKG 2012 nach Leistungsklassen der Anlagen

	Leistung in kW _{el}	Leistungsanteile in kW				Mittel in ct/kWh
		bis 50	50-250	250-2000	> 2000	
Mikro-KWK	5	5,41				5,4100
Mini-KWK	50	5,41				5,4100
Kleine KWK	170	5,41	4,00			4,4147
KWK-Anlagen mit mehr als 2 MW, die ab 19.07.2012 bis 31.12.2020 in Dauerbetrieb genommen werden	2000	5,41	4,00	2,40		2,6353
	5000	5,41	4,00	2,40	1,80	2,1341
	30000	5,41	4,00	2,40	2,10	2,1357
	100000	5,41	4,00	2,40	2,10	2,1107
	320000	5,41	4,00	2,40	2,10	2,1033
	400000	5,41	4,00	2,40	2,10	2,1027
	800000	5,41	4,00	2,40	2,10	2,1013

Quellen: Eigene Berechnungen gemäß KWKG 2012.

Um die Verbesserungen der Förderung nach dem KWKG 2012 gegenüber der Vorgängerregelung genauer erkennen zu können, werden die aus diesem Vergleich resultierenden absoluten und relativen Barwertvorteile in Tabelle 8-6 dargestellt. Mit Ausnahme der beiden kleinsten KWK-Anlagen verbessern sich die Förderbedingungen teilweise beachtlich, und sie nehmen mit sinkender Anlagenauslastung beträchtlich zu. So fallen sie nach dem KWKG 2012 bei allen größeren Anlagen und Jahresvollbenutzungsstunden von 3.000 Stunden und weniger teilweise deutlich mehr als doppelt so hoch aus wie bei der Vorgängerregelung; sie verbessern sich aber aufgrund der höheren Zuschlagsätze spürbar selbst bei einer Auslastung von 5.000 Jahresstunden, und zwar größenordnungsmäßig um rund 40 %.

Tabelle 8-7 stellt schließlich die Barwerte zusammen, die sich allein aus dem KWKG 2012 ergeben. Dabei handelt es sich um die Werte, die den gesamten Fördereffekt der Novellierung ausmachen. Um diese Werte werden schließlich die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsanalyse für den Fall ohne Förderung entsprechend modifiziert. Damit lässt sich letztlich die Förderwirkung des KWKG 2012 auf die Wirtschaftlichkeit der KWK-Anlagen isolieren.

Tabelle 8-6 Absoluter Vergleich der KWKG-Novelle vom Juli 2012 gegenüber der Vorgängerregelung in Abhängigkeit von der Anlagengröße, der Jahresvollbenutzungsdauer sowie dem Zinssatz

Energieträger	KWK-Anlagen	Gewichtete Zulage in €/MWh		Jahresvollbenutzungsdauern						
				2500	3000	3500	4000	4500	5000	
	Absoluter Vergleich der gewichteten Zuschlagsätze sowie der Barwerte									
	kW	alt	neu	Barwertdifferenzen bei Verzinsung von 8 % in Mio. Euro						
Erdgas	5	51,10	54,10	0,001	0,000	0,000	-0,001	-0,002	-0,002	
	50	51,10	54,10	0,008	0,003	-0,003	-0,009	-0,016	-0,023	
	170	29,85	44,15	0,083	0,081	0,076	0,071	0,064	0,056	
	2000	21,75	26,35	0,490	0,458	0,410	0,351	0,285	0,213	
	30000	15,45	21,36	6,7	6,5	6,0	5,5	4,8	4,1	
	100000	15,14	21,11	22,3	21,5	20,1	18,3	16,2	13,8	
	400000	15,03	21,03	89,0	85,9	80,4	73,2	64,8	55,4	
	800000	15,02	21,01	177,9	171,8	160,8	146,5	129,6	110,9	
SK	320000	15,04	21,03	71,2	68,7	64,3	58,6	51,8	44,3	
	kW	alt	neu	Barwertdifferenzen bei Verzinsung von 12 % in Mio. Euro						
Erdgas	5	51,10	54,10	0,001	0,000	0,000	-0,001	-0,001	-0,002	
	50	51,10	54,10	0,006	0,003	-0,001	-0,006	-0,011	-0,017	
	170	29,85	44,15	0,064	0,065	0,063	0,060	0,055	0,050	
	2000	21,75	26,35	0,369	0,357	0,329	0,290	0,243	0,189	
	30000	15,45	21,36	5,2	5,1	4,9	4,6	4,2	3,6	
	100000	15,14	21,11	17,1	17,1	16,5	15,4	14,0	12,3	
	400000	15,03	21,03	68,4	68,4	65,9	61,6	56,0	49,3	
	800000	15,02	21,01	136,8	136,8	131,8	123,3	112,0	98,6	
SK	320000	15,04	21,03	54,8	54,7	52,7	49,3	44,8	39,4	
	Relativer Vergleich der gewichteten Zuschlagsätze sowie der Barwerte									
	kW	in €/MWh	in %	Barwerte bei Verzinsung von 8 %: Neue gegenüber alte Regelung in %						
Erdgas	5	3,00	5,87	18,9	5,9	-4,7	-13,5	-20,8	-27,1	
	50	3,00	5,87	18,9	5,9	-4,7	-13,5	-20,8	-27,1	
	170	14,29	47,88	141,1	114,6	93,1	75,4	60,5	47,9	
	2000	4,60	21,15	97,5	75,8	58,2	43,7	31,5	21,1	
	30000	5,91	38,23	125,3	100,6	80,5	63,9	50,0	38,2	
	100000	5,97	39,46	127,3	102,4	82,1	65,4	51,3	39,5	
	400000	5,99	39,86	128,0	103,0	82,7	65,8	51,8	39,9	
	800000	6,00	39,93	128,1	103,1	82,7	65,9	51,9	39,9	
SK	320000	5,99	39,83	127,9	103,0	82,6	65,8	51,7	39,8	
	kW	in €/MWh	in %	Barwerte bei Verzinsung von 12 %: Neue gegenüber alte Regelung in %						
Erdgas	5	3,00	5,87	16,1	5,9	-3,0	-10,6	-17,2	-23,0	
	50	3,00	5,87	16,1	5,9	-3,0	-10,6	-17,2	-23,0	
	170	14,29	47,88	122,8	103,2	86,3	71,6	58,9	47,9	
	2000	4,60	21,15	82,5	66,5	52,6	40,6	30,2	21,1	
	30000	5,91	38,23	108,3	90,0	74,1	60,4	48,6	38,2	
	100000	5,97	39,46	110,1	91,7	75,7	61,8	49,9	39,5	
	400000	5,99	39,86	110,7	92,2	76,2	62,3	50,3	39,9	
	800000	6,00	39,93	110,8	92,3	76,3	62,4	50,4	39,9	
SK	320000	5,99	39,83	110,7	92,2	76,1	62,3	50,3	39,8	

Quellen: Eigene Berechnungen.

Tabelle 8-7 Barwerte der Förderung nach der KWKG-Novelle vom Juli 2012 in Abhängigkeit von der Anlagengröße, der Jahresvollbenutzungsdauer sowie dem Zinssatz

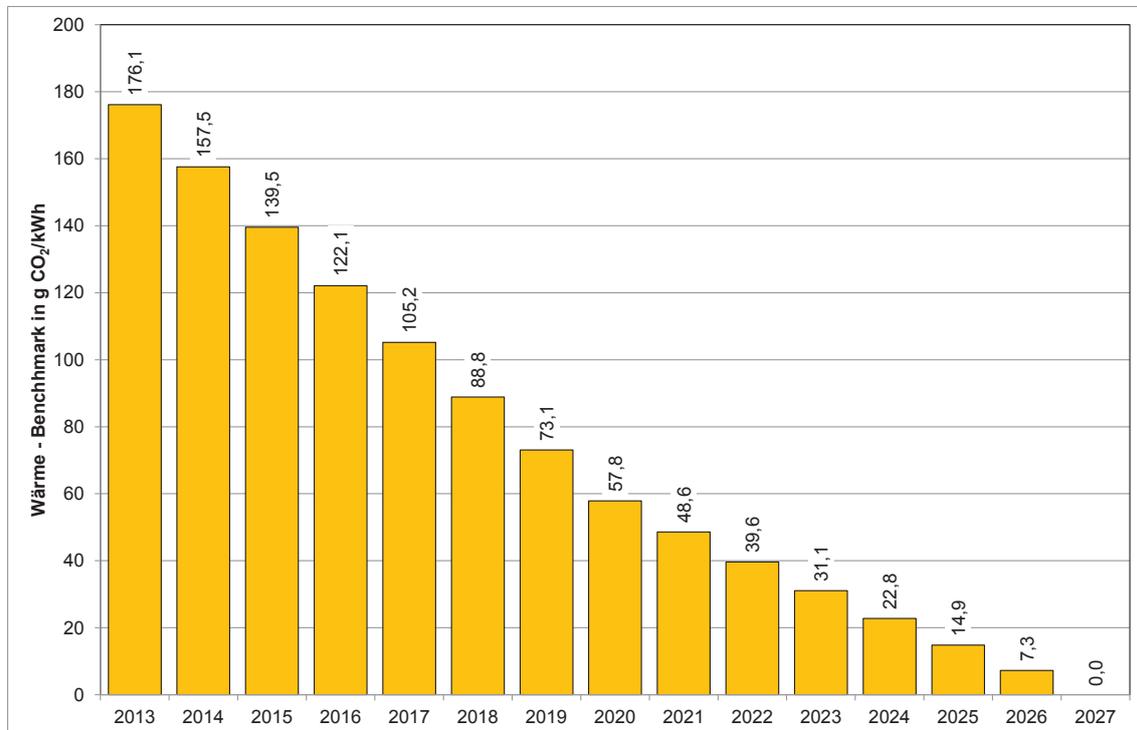
Energieträger	KWK-Anlagen	Jahresvollbenutzungsstunden / Jahre					
		2500 / 12a	3000 / 10a	3500 / 8,6a	4000 / 7,5a	4500 / 6,7a	5000 / 6a
	Absoluter Vergleich der gewichteten Zuschlagsätze sowie der Barwerte						
	kW	Barwertdifferenzen bei Verzinsung von 8 % in Mio. Euro					
Erdgas	5	0,005	0,005	0,006	0,006	0,006	0,006
	50	0,051	0,054	0,057	0,059	0,061	0,063
	170	0,141	0,151	0,159	0,165	0,169	0,173
	2000	0,993	1,061	1,114	1,156	1,190	1,218
	30000	12,1	12,9	13,5	14,0	14,5	14,8
	100000	39,8	42,5	44,6	46,3	47,7	48,8
	400000	158,5	169,3	177,7	184,4	189,9	194,4
	800000	316,7	338,4	355,2	368,6	379,5	388,6
SK	320000	126,8	135,5	142,2	147,6	152,0	155,6
		Barwertdifferenzen bei Verzinsung von 12 % in Mio. Euro					
Erdgas	5	0,004	0,005	0,005	0,005	0,005	0,006
	50	0,042	0,046	0,049	0,052	0,054	0,056
	170	0,116	0,127	0,136	0,143	0,149	0,154
	2000	0,816	0,893	0,955	1,006	1,048	1,083
	30000	9,9	10,9	11,6	12,2	12,7	13,2
	100000	32,7	35,8	38,3	40,3	42,0	43,4
	400000	130,2	142,6	152,4	160,5	167,2	172,9
	800000	260,3	285,0	304,7	320,8	334,3	345,6
SK	320000	104,2	114,1	122,0	128,5	133,8	138,4

Quellen: Eigene Berechnungen.

Bei diesen Wirtschaftlichkeitsrechnungen werden bereits die Wirkungen berücksichtigt, die sich aus der Behandlung der KWK-Wärme nach der Richtlinie der EU zum Emissionshandel in der Periode von 2013 bis 2020 ergeben. Nach diesen Regelungen wird die Stromerzeugung auch aus KWK-Anlagen von Anfang an vollständig der Auktionierung unterworfen. Demgegenüber werden die Zertifikate für die Wärmeerzeugung (einschließlich Kälteerzeugung) mit im Zeitablauf abnehmenden Anteilen auf Basis eines definierten Wärme-Benchmarks noch kostenlos zuteilt.

Ausgangspunkt für die kostenlose Zuteilung ist ein Wärmebenchmark von 224 g CO₂/kWh Wärme, wobei für 2013 dieser Benchmark nur zu 80 % wirksam wird; dieser Multiplikator reduziert sich dann bis 2027 auf null. Für neue KWK-Anlagen wird darüber hinaus noch der (allgemeine) lineare Reduktionsfaktor von 1,74 % angewendet. Im Ergebnis bedeutet diese Regelung also, dass von 2027 an auch die Wärmeerzeugung aus der Kraft-Wärme-Kopplung vollständig der Auktionierung unterliegen wird (vgl. Abbildung 8-19).

Abbildung 8-19 Entwicklung des Wärmebenchmarks bei KWK-Anlagen zur Ermittlung der kostenfreien Zuteilung im Rahmen des europaweiten Emissionshandels von 2013 an



Quellen: Eigene Darstellung auf Basis der EU-ETS-Richtlinie.

Neben den Annahmen zu den Investitionskosten sind auch jene zu den Brennstoffkosten sowie den Strom- und Wärmeerlösen von wesentlicher Bewertung für die wirtschaftliche Bewertung der KWK-Anlagen. Für deren Abschätzung werden auch die Entwicklungstrends berücksichtigt, die weiter oben zu den Preisentwicklungen in der Vergangenheit skizziert worden sind.

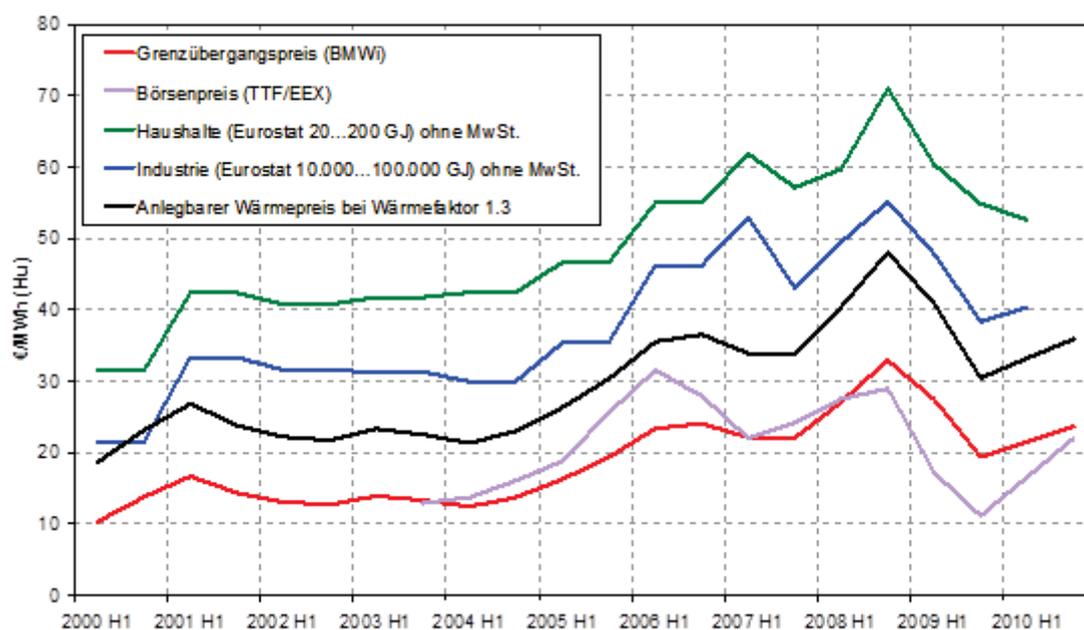
Dabei werden den Rechnungen mit Blick auf die Ausgangsdaten nach Anlagengrößen differenzierte Preisannahmen zugrunde gelegt:

- Bei den kleinen KWK-Anlagen (5 kW bis 2 MW) werden als Brennstoffpreise für das eingesetzte Erdgas die Erdgaskonsumentenpreise unterstellt, die sich für die entsprechenden Verbraucherklassen aus der Energiepreisstatistik von Eurostat für das zweite Halbjahr 2011 entnehmen lassen.
- Für die großen erdgasbasierten Anlagen werden die Grenzübergangswerte (von Ho auf Hu umgerechnet) im Durchschnitt der Periode von Anfang 2011 bis Mai 2012 (d.h. 31 Euro/MWh) unterstellt und für Strukturierung zusätzlich 4 Euro/MWh in Ansatz gebracht, insgesamt also 35 Euro/MWh.
- Für die SK wird von den Kohleimportpreisen ausgegangen und dem Durchschnittswert 2008/2011, das sind 95,90 Euro/t SKE bzw. 11,78 Euro/MWh, und um Transportkosten von 10 Euro/tSKE bzw. 1,23 Euro/MWh erhöht, so dass im Ergebnis mit einem Kohlepreis von rund 13 Euro/MWh gerechnet wird.

Weiterhin werden hinsichtlich der künftigen Erwartungen die Annahmen einbezogen, die im Rahmen des BMU-Vorhabens zur Erstellung von Treibhausgas-Emissionsszenarien für den Projektionsbericht 2013 abgeleitet worden sind. Dort wird für die Periode von 2008 bis 2030 beim Erdgas eine jahresdurchschnittliche Preiserhöhung um 1,5 % erwartet, während bei der Kohle ein leichter Preisrückgang um 0,1 % unterstellt wird (mit einer zunächst kräftigen Minderung bis 2015, gefolgt von einem ebenso starken Anstieg bis 2030). Auf dieser Grundlage wurden dann unter Berücksichtigung der aktuellen Preisentwicklung bis Mitte 2012 die auf die hier gewählten Ausgangspreise bezogenen Veränderungsdaten bestimmt. Im Ergebnis wird mit einer durchschnittlichen jährlichen Preissteigerung bei den Inputgrößen von 1,34 % beim Erdgas und 0,72 % bei der Kohle gerechnet.

Hinsichtlich der Wärmeerlöse wird vereinfacht ein Wärmefaktor von 1,3 unterstellt, d.h. die Wärmeerlöse entsprechen dem 1,3 fachen der Inputpreise für Erdgas. Der Festlegung dieses Wertes ging eine intensive Diskussion mit Vertretern verschiedener Stadtwerke im KWK-Arbeitskreis des VKU voraus. Dabei zeigten sich teilweise deutliche Unterschiede in der Einschätzung des letztlich anzunehmenden Wärmefaktors, vereinzelt wurden sogar Werte von unter 1 genannt. Vor dem Hintergrund der empirisch feststellbaren Relationen zwischen den Grenzübergangswerten für Erdgas und den Erdgas-Endverbraucherpreisen für Haushalte und Industrie (vgl. Abbildung 8-20) kam es im Ergebnis zu einer Verständigung über einen Wärmefaktor von 1,3. Unter der Voraussetzung des angenommenen Grenzübergangswertes von rund 35 Euro/MWh (s.o.) folgt daraus Ausgangswert von 45,50 Euro/MWh sowie perspektivisch wie beim Grenzübergangswert ein jahresdurchschnittlicher Erlösanstieg um 1,34 %. Es sei schon vorab darauf hingewiesen, dass ein wesentlich niedrigerer Wärmefaktor als 1,3 nur in den wenigstens Fällen auch unter Berücksichtigung der KWK-Förderung die Wirtschaftlichkeitsschwelle erreicht werden kann. Vor diesem Hintergrund wird auch auf entsprechende Sensitivitätsrechnungen verzichtet.

Abbildung 8-20 Halbjährliche Entwicklung der Großhandels- und Endverbrauchspreise für Erdgas sowie des Ansatzes für die anlegbaren Wärmeerlöse von KWK-Anlagen, 2000-2010



Quelle: Matthes/Ziesing, Wirtschaftlichkeit von KWK-Anlagen, Band 1, Berlin, Januar 2011.

Bei den Stromerlösen wird ebenfalls zwischen den kleinen und den großen KWK-Anlagen unterschieden. Bei den kleinen Anlagen bis 2 MW wird vereinfachend und eher die Wirtschaftlichkeit begünstigend angenommen, dass unter der Annahme einer vollständigen Eigennutzung die der jeweiligen Stromerzeugung zurechenbaren Strompreise nach Eurostat als Erlöse gegengerechnet werden können. Dagegen wird bei den Modellfällen ab 30 MW von der Überlegung ausgegangen, dass hier die Erlöse weitgehend durch den erzielbaren Börsenpreis bestimmt werden. Dazu wird als Ausgangsniveau ein mittlerer Börsenpreis von 55 Euro/MWh zugrunde gelegt, der in etwa die an der Börse gehandelten Futures für die Jahre 2015 bis 2017 reflektiert. Angenommen wird, dass in diesem Börsenpreis die CO₂-Zertifikate in einer Größenordnung von annähernd 15 Euro/t CO₂ - entsprechend rund 10 Euro/MWh – bereits eingepreist sind. Um diesen Betrag ist der Stromerlös zu bereinigen, so dass den Rechnungen ein Erlös von 45 Euro/MWh zugrunde gelegt worden ist. Davon ausgehend wird mit einer Steigerungsrate von 1,5 % pro Jahr gerechnet.

Wesentlich ist auch die langfristig zu berücksichtigende Entwicklung der Zertifikatspreise für CO₂. Gemessen an den Futures (vgl. oben Abbildung 8-13) scheint kaum eine Aufwärtsentwicklung absehbar. In der bereits zitierten Studie für den Projektionsbericht 2013 wird für den Referenzfall ein Anstieg der Zertifikatspreise auf etwa 15 Euro/t CO₂ bis 2020 und auf 30 Euro/t CO₂ für 2030 erwartet. Gemessen an den Ausgangswerten

für 2011/12 (knapp 9 Euro/t CO₂) bedeutet dies eine jahresdurchschnittliche Steigerung von 2,85 %, mit der hier gerechnet werden soll.

Angesichts der großen Unsicherheit hinsichtlich der künftigen Fahrweise der KWK-Anlagen wird bei den konkreten Wirtschaftlichkeitsrechnungen nicht von eindeutig definierten Jahresvollbenutzungsstunden ausgegangen, sondern eher im Sinne von Sensitivitätsrechnungen eine Bandbreite zugrunde gelegt, die von 2.500 Stunden/a in 500-Stunden-Schritten bis zu 5.000 Stunden/a reicht. Dabei werden zunächst die Ergebnisse ohne Förderung ermittelt, die sodann um die weiter oben dargestellten Barwerte der Förderung nach dem KWKG 2012 ergänzt werden. Tabelle 8-8 fasst noch einmal die zentralen Annahmen dieser Wirtschaftlichkeitsrechnungen für den Referenzfall zusammen. Daneben wird noch ein weiteres „KWK-günstigeres“ Szenario gerechnet, bei dem die Planungszeit von 15 Jahren im Referenzfall auf 20 Jahre erhöht wird und bei dem die Strom- wie die Wärmeerlöse jeweils um 10 Euro/MWh angehoben werden.

Tabelle 8-8 Annahmen für die Wirtschaftlichkeitsrechnungen neuer KWK-Anlagen

		Einheit	Mikro-KWK	Mini-KWK	Mini-KWK	KWK auf Erdgasbasis					Steinkohle	
			Kraftwerksleistung in MW _{el(netto)}									
			0,005	0,05	0,17	2	30	100	400	800	320	
Allgemein	Planungshorizont	Jahre	10/15/20									
	Realzinssatz/Diskontierungssatz	%	8; 12									
	Preis CO ₂ -Emissionsrechte	€/t CO ₂	kein CO ₂ -Handel				15; 25; 35					
Technische Kennziffern	Stromkennzahl (leistungsbezogen)	kW _{el} /kW _{th}	0,41	0,58	0,60	0,76	0,80	0,90	1,05	2,00	0,75	
	Nettoleistung elektrisch	MW _{el}	0,005	0,050	0,170	2,0	30,0	100	400	800	320	
	Nettoleistung thermisch	MW _{th}	0,012	0,086	0,283	2,6	37,5	111	425	400	427	
	Jahresnutzungsdauer elektrisch (netto)	h/a	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	
	Jahresnutzungsdauer thermisch (netto)	h/a	3000	3000	3000	3000	3750	3333	3188	1500	4000	
	Nettostromerzeugung	GW _{he}	0,015	0,150	0,510	6,00	90	300	1200	2400	960	
	Netto-Nutzwärmeerzeugung	GW _{hth}	0,037	0,259	0,850	7,9	141	370	1355	600	1707	
	Brennstoffausnutzung	%/100	0,89	0,85	0,85	0,85	0,85	0,86	0,80	0,75	0,75	
	Brennstoffverbrauch	GW _h /a	0,058	0,481	1,600	16,40	271	780	3193	4000	3556	
Fixe Kosten	Spez. Investitionskosten (einschl. Bauzinsen)	€/kW _{el}	4500	3000	2200	1300	1200	1100	800	750	2000	
	Investitionen (einschl. Bauzinsen)	Mio. €	0,023	0,150	0,374	2,6	36	110	320	600	640	
	Personalaufwand	Personen	0,011	0,016	0,022	0,5	5	20	25	60	120	
	Spezifische Personalkosten	1000 €/P*a	75	75	75	75	75	75	75	75	75	
	Instandhaltung	% der Inv. (p.a.)	5,0	5,0	5,0	5,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	
	Verwaltung, Versicherung		0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Variable Kosten/Erlöse	Brennstoffkosten (ggf. inkl. Verteilungskosten)		64	53	50	41	35	35	35	35	13	
	Stromerlöse - ohne CO ₂ -Einpreisung	€/MWh	212	128	109	82	45	45	45	45	45	
	Vermiedene Netzkosten		10	10	10	10	0	0	0	0	0	
	Wärmeerlöse (frei Kraftwerk)		71	59	55	53	45,5	45,5	45,5	45,5	45,5	
	Sonstige Kosten (strombezogen)	€/MWh _{el}	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
	Sonstige Kosten (wärmebezogen)	€/MWh _{th}	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Förderung nach KWKG	Gewichtete KWK-Zuschläge lt. KWKG2012	ct/kWh	5,41	5,41	4,41	2,64	2,14	2,11	2,10	2,10	2,10	
	Spezifischer Barwert der Zuschläge	ct/kWh	variabel = Funktion von Laufzeit und Zins									
	Absoluter Barwert der Zuschläge	Mio. €	variabel = Funktion von Laufzeit und Zins									
	CO ₂ -Emissionsfaktoren	t CO ₂ /TJ	56	56	56	56	56	56	56	56	94	
Eskalations-faktoren (Preise von 2010)	Brennstoffe: Erdgas/Kohle		1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	0,72	
	Strom(erlöse)		1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	
	Wärme(erlöse)		1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	
	Emissionsrechte CO ₂		2,85	2,85	2,85	2,85	2,85	2,85	2,85	2,85	2,85	
	Löhne		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
	sonstige Kosten		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	

Quelle: Eigene Berechnungen in Anlehnung an Matthes/Ziesing, 2011.

8.4.2 Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen

8.4.2.1 Referenzfall

Im Ergebnis zeigt sich auf der Grundlage der vorgenannten Annahmen für die wirtschaftliche Bewertung von Neuinvestitionen ein sehr heterogenes Bild. Die Ergebnisse für den Referenzfall ohne Förderung sowie unter der Annahme variierender Anlagenauslastung von 3.000, 4.000 und 5.000 Jahresvollbenutzungsstunden sind der Tabelle 8-9 zu entnehmen. Bewertungskriterien sind die jeweiligen Barwerte; positive Barwerte signalisieren einen wirtschaftlichen Betrieb; umgekehrt wird bei negativen Werten die Wirtschaftlichkeitsschwelle nicht überschritten.

Tabelle 8-9 Referenzfall ohne KWK-Förderung: Kapitalwert neuer KWK-Anlagen nach Zinssatz, CO₂-Preis und Jahresvollbenutzungsstunden

Referenzfall: 3000 h/a		Erdgasbasis								Steinkohle
Angaben in Mio. €		0,005 MW	0,050 MW	0,170 MW	2,0 MW	30 MW	100 MW	400 MW	800 MW	320 MW
Ohne CO ₂ -Kosten	0 €/t CO ₂ ; Zins: 8 %	-0,021	-0,14	-0,32	-1,5	-42	-130	-407	-866	-444
	0 €/t CO ₂ ; Zins: 12 %	-0,021	-0,14	-0,33	-1,7	-41	-126	-389	-811	-488
Mit CO ₂ -Vollkosten (Auktionierung)	15 €/t CO ₂ ; Zins: 8 %	-0,019	-0,12	-0,27	-0,8	-39	-117	-361	-733	-614
	15 €/t CO ₂ ; Zins: 12 %	-0,020	-0,13	-0,29	-1,2	-38	-116	-352	-706	-621
	25 €/t CO ₂ ; Zins: 8 %	-0,018	-0,11	-0,23	-0,4	-37	-109	-331	-645	-728
	25 €/t CO ₂ ; Zins: 12 %	-0,019	-0,12	-0,26	-0,9	-37	-109	-328	-636	-709
	35 €/t CO ₂ ; Zins: 8 %	-0,017	-0,10	-0,20	0,0	-35	-101	-300	-557	-841
	35 €/t CO ₂ ; Zins: 12 %	-0,018	-0,11	-0,24	-0,6	-35	-103	-304	-565	-797
Referenzfall: 4000 h/a		Erdgasbasis								Steinkohle
Ohne CO ₂ -Kosten	0 €/t CO ₂ ; Zins: 8 %	-0,014	-0,11	-0,24	-0,5	-40	-122	-400	-886	-74
	0 €/t CO ₂ ; Zins: 12 %	-0,016	-0,12	-0,27	-1,0	-39	-120	-384	-827	-196
Mit CO ₂ -Vollkosten (Auktionierung)	15 €/t CO ₂ ; Zins: 8 %	-0,012	-0,09	-0,17	0,3	-35,6	-105	-340	-709	-202
	15 €/t CO ₂ ; Zins: 12 %	-0,014	-0,10	-0,21	-0,3	-35,7	-106	-336	-687	-295
	25 €/t CO ₂ ; Zins: 8 %	-0,010	-0,07	-0,12	0,8	-32,9	-94	-299	-591	-287
	25 €/t CO ₂ ; Zins: 12 %	-0,013	-0,09	-0,17	0,1	-33,6	-97	-303	-593	-361
	35 €/t CO ₂ ; Zins: 8 %	-0,009	-0,06	-0,07	1,4	-30,2	-83	-259	-474	-372
	35 €/t CO ₂ ; Zins: 12 %	-0,012	-0,08	-0,14	0,5	-31,4	-89	-271	-500	-427
Referenzfall: 5000 h/a		Erdgasbasis								Steinkohle
Ohne CO ₂ -Kosten	0 €/t CO ₂ ; Zins: 8 %	-0,007	-0,08	-0,15	0,4	-37	-114	-394	-906	296
	0 €/t CO ₂ ; Zins: 12 %	-0,010	-0,09	-0,20	-0,3	-37	-113	-380	-843	96
Mit CO ₂ -Vollkosten (Auktionierung)	15 €/t CO ₂ ; Zins: 8 %	-0,004	-0,05	-0,06	1,4	-32,2	-93	-318	-685	211
	15 €/t CO ₂ ; Zins: 12 %	-0,008	-0,07	-0,13	0,6	-33,0	-97	-319	-668	30
	25 €/t CO ₂ ; Zins: 8 %	-0,003	-0,03	0,00	2,1	-28,8	-79	-268	-538	154
	25 €/t CO ₂ ; Zins: 12 %	-0,007	-0,06	-0,08	1,1	-30,3	-86	-278	-551	-14
	35 €/t CO ₂ ; Zins: 8 %	-0,001	-0,02	0,05	2,8	-25,5	-65	-217	-391	96
	35 €/t CO ₂ ; Zins: 12 %	-0,006	-0,04	-0,04	1,6	-27,6	-75	-238	-434	-58
Stromerlöse ohne CO ₂ -PTR (€/MWh)		212	128	109	82	45	45	45	45	45
Wärmeerlöse (€/MWh)		71	59	55	53	45,5	45,5	45,5	45,5	45,5

Quelle: Eigene Berechnungen.

Folgt man den Ergebnissen in Tabelle 8-9, so erreicht ohne Förderung fast keine Anlage unter den gegebenen Konstellationen die Wirtschaftlichkeitsschwelle. Ausnahmen,

aber auch dies nur bei hoher Ausnutzung, zeigen sich allenfalls bei dem 2 MW BHKW und bei der Steinkohlenanlage (insbesondere wegen der niedrigen Brennstoffkosten).

Dieses Bild ändert sich allerdings selbst dann nicht entscheidend, wenn man die Fördermaßnahmen nach dem KWKG 2012 einbezieht (vgl. Tabelle 8-10). Hier geraten zunächst vor allem die kleineren Anlagen bis 2 MW in den Bereich der Wirtschaftlichkeit. Bei den größeren Anlagen auf Erdgasbasis trifft dies in keinem Fall zu. Tendenziell verbessern sich aber in allen Konstellationen die wirtschaftlichen Aussichten bei steigenden Jahresvollbenutzungsstunden sowie bei steigenden CO₂-Zertifikatspreisen. Bei 5.000 Stunden pro Jahr und 35 Euro/t CO₂ sind auch die Erdgas-KWK-Anlagen nicht weit von der Wirtschaftlichkeit entfernt. Ein Ausweis der Ergebnisse bei einer Verzinsung von 12 % wird verzichtet, da sich das Bild dann eher noch ungünstiger darstellt.

*Tabelle 8-10 Referenzfall mit KWK-Förderung nach KWKG 2012:
Barwert neuer KWK-Anlagen nach CO₂-Preis
und Jahresvollbenutzungsstunden bei einem Zins von 8 %*

Angaben in Mio. Euro		KWK auf Erdgasbasis									Steinkohle
		Installierte Leistungen in MW _{el}									
h/a	Fall	0,005	0,05	0,17	2	30	100	400	800	320	
Barwerte bei einem Zinssatz von 8 %											
2500	0 Euro/t CO ₂	-0,019	-0,105	-0,223	-0,9	-31,2	-94	-251	-539	-503	
3000		-0,015	-0,086	-0,171	-0,4	-29,2	-87	-237	-528	-309	
3500		-0,012	-0,067	-0,121	0,1	-27,4	-81	-226	-521	-117	
4000		-0,008	-0,048	-0,072	0,6	-25,6	-76	-216	-518	74	
4500		-0,004	-0,031	-0,025	1,1	-24,0	-70	-207	-517	263	
5000		-0,001	-0,013	0,022	1,6	-22,5	-65	-200	-518	452	
2500	15 Euro/t CO ₂	-0,018	-0,092	-0,179	-0,4	-28,7	-84	-213	-429	-694	
3000		-0,014	-0,070	-0,118	0,2	-26,2	-75	-192	-395	-479	
3500		-0,010	-0,049	-0,059	0,8	-23,8	-67	-173	-366	-266	
4000		-0,006	-0,028	-0,002	1,4	-21,6	-59	-155	-341	-54	
4500		-0,002	-0,007	0,055	2,0	-19,5	-52	-139	-318	156	
5000		0,002	0,013	0,110	2,6	-17,4	-44	-124	-297	366	
2500	25 Euro/t CO ₂	-0,017	-0,084	-0,150	-0,1	-27,0	-77	-188	-355	-821	
3000		-0,013	-0,060	-0,083	0,6	-24,1	-67	-161	-307	-592	
3500		-0,008	-0,037	-0,018	1,3	-21,4	-57	-137	-263	-365	
4000		-0,004	-0,014	0,045	2,0	-18,9	-48	-115	-223	-139	
4500		0,000	0,008	0,107	2,7	-16,4	-39	-94	-185	85	
5000		0,004	0,030	0,169	3,3	-14,0	-30	-73	-149	309	
2500	35 Euro/t CO ₂	-0,016	-0,075	-0,120	0,3	-25,3	-70	-163	-281	-948	
3000		-0,012	-0,049	-0,047	1,0	-22,1	-58	-131	-218	-705	
3500		-0,007	-0,024	0,023	1,8	-19,1	-47	-102	-160	-464	
4000		-0,003	0,000	0,092	2,5	-16,2	-37	-74	-105	-225	
4500		0,001	0,024	0,160	3,3	-13,4	-27	-48	-53	14	
5000		0,005	0,047	0,227	4,0	-10,7	-17	-23	-2	252	

Quelle: Eigene Berechnungen.

8.4.2.2 Ergebnisse unter günstigeren Randbedingungen

Unter günstigeren – durchaus nicht von vornherein auszuschließenden – Bedingungen (mit erhöhter Planungszeit von 15 Jahren auf 20 Jahre und um 10 Euro/MWh angehobenen Strom- und Wärmeerlösen), verbessern sich die Ergebnisse erkennbar auch ohne Förderung. Dies gilt allerdings im Wesentlichen nur unter der Voraussetzung, dass bei einem Zinssatz von 8 % mindestens eine Auslastung von 4.500 Jahresvollbenutzungsstunden erreicht wird. Bei 5.000 Stunden geraten nahezu alle Anlagenkonstellationen auch ohne Förderung in den Bereich der Wirtschaftlichkeit, am wenigsten noch die große 800 MW KWK-Anlage auf Erdgasbasis, für die aber im Übrigen vermutlich ohnehin aufgrund der begrenzten Wärmesenken nur wenige Einsatzmöglichkeiten existieren.

Es verwundert nicht, dass sich unter Berücksichtigung der Förderung nach dem KWKG 2012 die wirtschaftlichen Aussichten bei den genannten günstigeren Erlösparametern entscheidend verbessern. Abgesehen von den Fällen sehr geringer Auslastung von 2.500 bis 3.000 Stunden/a und niedrigen CO₂-Preisen sind nahezu alle Anlagen wirtschaftlich zu betreiben (Tabelle 8-12).

8.4.2.3 Zur Bewertung der Ergebnisse

Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen lassen nicht nur die Bedeutung der Förderung für die KWK erkennen, sie zeigen auch, dass insbesondere die Annahmen zu den Wärme- und Stromerlösen sowie ihr Verhältnis zu den Brennstoffinputpreisen von herausragender Bedeutung für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit sind. Wesentlich bleiben auch unter dem neuen Förderregime, das zu Recht zugunsten einer niedrigeren Anlagenauslastung verändert worden ist, die Jahresvollbenutzungsstunden der Anlagen. Nur unter den angenommenen günstigen Konstellationen lassen sich allenfalls 3.500 jährliche Benutzungsstunden wirtschaftlich darstellen. Unter Referenzbedingungen gilt dies in keinem Fall, erst recht nicht, wenn man etwa hinsichtlich der Strom- und Wärmeerlöse noch niedrigere Annahmen treffen müsste.

Erkennbar ist im Übrigen auch die Tendenz, dass sich die wirtschaftlichen Aussichten mit steigenden CO₂-Zertifikatspreisen verbessern. Dieser Effekt kommt dadurch zustande, dass die untersuchten KWK-Anlagen durchweg günstigere spezifische CO₂-Emissionen aufweisen als das unterstellte, preisbestimmende Grenzkraftwerk³³. Daher profitieren die Anlagen von den höheren Strompreisen, die mit den steigenden CO₂-Preisen und deren Einpreisung einhergehen.

³³ Die spezifischen CO₂-Emissionen werden mit 730 g CO₂/kWh veranschlagt. Dies ergibt sich aus der Annahme eines Mix von zwei Dritteln Steinkohlekraftwerken mit einem Wirkungsgrad von 38 % und einem Drittel Erdgaskraftwerken mit einem Wirkungsgrad von 47 %.

Zu berücksichtigen sind dabei auch die sonstigen wirtschaftlichkeitsbeeinträchtigenden Risiken, denen die Investitionen in neue KWK-Anlagen gegenüber stehen. So weisen Unternehmen darauf hin, dass die eingeschränkten Freiheitsgrade zur Stromerzeugung aufgrund der Wärme-Randbedingung Zusatzkosten bzw. entgangene Erlöse für KWK-Anlagen verursachen. Grund hierfür ist die Tatsache, dass die Einspeisung von KWK-Strom aufgrund der durch die Wärmenachfrage gegebenen Randbedingungen nicht derart steuerbar ist, dass beispielsweise immer zu EEX-Hochpreiszeiten maximale Einspeisewerte erzielt werden können bzw. umgekehrt zu EEX-Preistiefs technische Mindestlast gefahren oder sogar abgeschaltet werden kann.

Tabelle 8-11 Günstige Variante ohne KWK-Förderung: Kapitalwert neuer KWK-Anlagen nach Zinssatz, CO₂-Preis und Jahresvollbenutzungstunden

Günstige Variante: 3000 h/a		Erdgasbasis								Steinkohle
Angaben in Mio. €		0,005 MW	0,050 MW	0,170 MW	2,0 MW	30 MW	100 MW	400 MW	800 MW	320 MW
Ohne CO ₂ -Kosten	0 €/t CO ₂ ; Zins: 8 %	-0,014	-0,09	-0,16	0,3	-18	-59	-137	-575	-107
	0 €/t CO ₂ ; Zins: 12 %	-0,017	-0,11	-0,22	-0,5	-22	-72	-184	-584	-245
Mit CO ₂ -Vollkosten (Auktionierung)	15 €/t CO ₂ ; Zins: 8 %	-0,013	-0,07	-0,10	1,0	-15	-46	-92	-425	-322
	15 €/t CO ₂ ; Zins: 12 %	-0,015	-0,09	-0,17	0,1	-20	-62	-149	-470	-403
	25 €/t CO ₂ ; Zins: 8 %	-0,011	-0,06	-0,06	1,5	-13	-38	-62	-325	-465
	25 €/t CO ₂ ; Zins: 12 %	-0,014	-0,08	-0,14	0,5	-19	-56	-126	-394	-508
	35 €/t CO ₂ ; Zins: 8 %	-0,010	-0,05	-0,02	2,0	-11	-30	-32	-225	-608
	35 €/t CO ₂ ; Zins: 12 %	-0,013	-0,08	-0,11	0,8	-17	-50	-103	-318	-613
Günstige Variante: 4000 h/a		Erdgasbasis								Steinkohle
Ohne CO ₂ -Kosten	0 €/t CO ₂ ; Zins: 8 %	-0,004	-0,04	-0,01	1,9	-6	-25	-36	-486	425
	0 €/t CO ₂ ; Zins: 12 %	-0,009	-0,07	-0,10	0,7	-14	-46	-108	-518	153
Mit CO ₂ -Vollkosten (Auktionierung)	15 €/t CO ₂ ; Zins: 8 %	-0,002	-0,01	0,07	2,9	-2,6	-8	24	-287	257
	15 €/t CO ₂ ; Zins: 12 %	-0,007	-0,05	-0,04	1,5	-10,9	-34	-62	-366	31
	25 €/t CO ₂ ; Zins: 8 %	0,000	0,00	0,13	3,5	-0,1	3	64	-154	145
	25 €/t CO ₂ ; Zins: 12 %	-0,006	-0,04	0,00	2,0	-9,0	-25	-31	-265	-50
	35 €/t CO ₂ ; Zins: 8 %	0,001	0,02	0,18	4,2	2,3	14	104	-21	33
	35 €/t CO ₂ ; Zins: 12 %	-0,005	-0,03	0,04	2,4	-7,1	-17	0	-164	-132
Günstige Variante: 5000 h/a		Erdgasbasis								Steinkohle
Ohne CO ₂ -Kosten	0 €/t CO ₂ ; Zins: 8 %	0,006	0,01	0,14	3,5	5	9	66	-398	956
	0 €/t CO ₂ ; Zins: 12 %	-0,002	-0,03	0,01	1,9	-5	-21	-32	-452	552
Mit CO ₂ -Vollkosten (Auktionierung)	15 €/t CO ₂ ; Zins: 8 %	0,009	0,04	0,24	4,7	9,7	30	141	-149	836
	15 €/t CO ₂ ; Zins: 12 %	0,001	-0,01	0,09	2,9	-1,8	-5	26	-263	465
	25 €/t CO ₂ ; Zins: 8 %	0,011	0,06	0,31	5,5	12,7	44	191	18	755
	25 €/t CO ₂ ; Zins: 12 %	0,002	0,01	0,14	3,5	0,6	6	64	-137	407
	35 €/t CO ₂ ; Zins: 8 %	0,013	0,08	0,38	6,3	15,8	58	241	184	675
	35 €/t CO ₂ ; Zins: 12 %	0,004	0,03	0,19	4,1	3,0	16	103	-10	349
Stromerlöse ohne CO ₂ -PTR (€/MWh)		222	138	119	92	55	55	55	55	55
Wärmeerlöse (€/MWh)		81	69	65	63	56	56	56	56	56

Quelle: Eigene Berechnungen.

Tabelle 8-12 Günstige Variante mit KWK-Förderung: Kapitalwert neuer KWK-Anlagen nach Zinssatz, CO₂-Preis und Jahresvollbenutzungsstunden

Angaben in Mio. Euro		KWK auf Erdgasbasis								Steinkohle
h/a	Fall	Installierte Leistungen in MW _{el}								
		0,005	0,05	0,17	2	30	100	400	800	320
Barwerte bei einem Zinssatz von 8 %										
2500	0 Euro/t CO ₂	-0,014	-0,068	-0,094	0,5	-11,1	-36	-30	-302	-246
3000		-0,009	-0,038	-0,009	1,3	-4,6	-16	32	-236	28
3500		-0,004	-0,009	0,074	2,2	1,7	3	91	-175	301
4000		0,001	0,020	0,155	3,0	7,8	22	149	-118	572
4500		0,007	0,048	0,235	3,9	13,9	40	205	-63	842
5000		0,012	0,076	0,314	4,7	19,9	58	260	-9	1112
2500	15 Euro/t CO ₂	-0,013	-0,052	-0,042	1,1	-8,8	-26	8	-177	-484
3000		-0,007	-0,019	0,053	2,1	-1,9	-4	77	-87	-186
3500		-0,002	0,013	0,146	3,0	4,9	17	144	-1	110
4000		0,004	0,044	0,237	4,0	11,5	38	209	82	405
4500		0,009	0,076	0,328	5,0	18,0	59	272	162	698
5000		0,015	0,107	0,417	5,9	24,5	79	335	240	991
2500	25 Euro/t CO ₂	-0,012	-0,042	-0,008	1,5	-7,3	-19	33	-94	-643
3000		-0,006	-0,007	0,094	2,6	-0,1	4	107	13	-330
3500		0,000	0,027	0,194	3,6	7,0	27	179	116	-18
4000		0,006	0,061	0,292	4,7	13,9	49	249	215	293
4500		0,011	0,094	0,390	5,7	20,8	71	317	312	602
5000		0,017	0,127	0,486	6,7	27,5	93	385	406	911
2500	35 Euro/t CO ₂	-0,011	-0,032	0,027	1,9	-5,8	-12	58	-11	-802
3000		-0,005	0,005	0,136	3,0	1,8	13	137	113	-473
3500		0,001	0,041	0,242	4,2	9,1	37	214	232	-145
4000		0,007	0,077	0,348	5,3	16,4	60	289	348	181
4500		0,013	0,112	0,452	6,4	23,5	84	362	461	506
5000		0,019	0,147	0,555	7,5	30,6	107	435	573	830

Quelle: Eigene Berechnungen.

Gegenüber reinen Kondensationsanlagen, die Wärmenachfragerandbedingungen nicht erfüllen müssen und deshalb stromseitig eine bessere Erlösüberschussituation haben, befinden sich wärmegeführte KWK-Anlagen somit in einer deutlich ungünstigeren Situation. Insgesamt spricht diese Konstellation auch dafür, KWK-Anlagen tendenziell eher stromgeführt auszuführen als primär wärmegeführt zu fahren. Hinzu kommt, dass KWK-Anlagen hinsichtlich der möglichen Auswahl von Revisionszeiten auf Monate mit geringer/keiner Wärmenachfrage eingeschränkt sind, so dass sie auch insoweit nur begrenzt ihre Chancen am Strommarkt ausnutzen können.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass das KWKG 2012 und die Änderungen in 2011 zweifellos eine wesentliche Verbesserung der wirtschaftlichen Anreize für Investitionen in neue KWK-Anlagen geschaffen hat. Allerdings muss unabhängig davon eine günstige Konstellation der wichtigsten wirtschaftlichkeitsbestimmenden Faktoren vorliegen, um eine größere Sicherheit für die Verwirklichung entsprechender Investitionen erwarten zu können. Es ist auch nicht zu übersehen, dass die gegenwärtigen Zukunftserwartungen insbesondere in Bezug auf die Strompreise und die zunehmende Verdrängung der konventionellen Stromerzeugung nur geringe Investitionsanreize auch für den Ausbau von KWK-Anlagen setzt. Die gegenwärtige intensive Diskussion um die Notwen-

digkeit von Kapazitätsmärkten und die nur zögerlichen Investitionen in neue Kraftwerkskapazitäten sind nur ein Zeichen dafür. Die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen werden gegenwärtig (Herbst 2012) offenkundig so ungünstig eingeschätzt, dass wegen fehlender Rentabilität sogar schon bestehende Anlagen außer Betrieb genommen werden sollen. Vor diesem Hintergrund bleibt eine gewisse Skepsis hinsichtlich der Erfolgsaussichten des KWKG 2012 erhalten. In jedem Fall bedarf der aus energiewirtschaftlichen und Klimaschutzpolitischen Gründen erwünschte KWK-Ausbau (vorrangig auf Erdgasbasis) weiterhin der klaren politischen Unterstützung.

9 Instrumente mit Bezug zur KWK

Eine Vielzahl von Gesetzen, Verordnungen, Steuern, Programmen und Regelungen haben einen Einfluss auf die wirtschaftliche Situation der KWK, wie in den vorhergehenden Kapiteln bereits detailliert erläutert wurde. Das folgende Kapitel gibt einen Überblick über alle diese Instrumente, wobei jeweils besonders der Einfluss auf die KWK beschrieben wird. Die hier aufgeführten Bestimmungen befinden sich in einem stetigen Wandel, deshalb ist darauf hinzuweisen, dass hier der Stand zum Ende des Jahres 2012 beschrieben wird.

9.1 Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG)

Das Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung, genannt Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKMod-G), trat am 1. April 2002 in Kraft. Es löste das KWK-Vorschaltgesetz vom 12.05.2000 ab, das im Wesentlichen dem Bestandsschutz von KWK-Anlagen diente. Damit einhergehend wurde mit Absprache der deutschen Wirtschaft die Vereinbarung getroffen, die jährlichen CO₂-Emissionen in Deutschland bis zum Jahr 2005 im Vergleich zu 1998 durch den Einsatz von KWK in einer Größenordnung von 10 Mio. Tonnen CO₂ zu senken, bis zum Jahr 2010 jedoch mindestens um insgesamt 20 Mio. Tonnen. Bei einer im Gesetz vorgesehenen und durchgeführten Zwischenüberprüfung durch das BMWi und BMU im Jahr 2006³⁴ wurde festgestellt, dass die bisherigen gesetzlichen Maßnahmen nicht ausreichten, um die genannten Ziele zu erreichen. Daraufhin wurde am 6. Juni 2008 die Novellierung des KWK-Gesetzes im Deutschen Bundestag beschlossen. Das umfassend veränderte KWK-Gesetz (KWKG 2009) trat am 1. Januar 2009 in Kraft.

Ziel und gleichzeitig Zweck der Novelle zum KWKG 2009 war es, *„im Interesse der Energieeinsparung, des Umweltschutzes und der Erreichung der Klimaschutzziele der Bundesregierung einen Beitrag zur Erhöhung der Stromerzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplung in der Bundesrepublik Deutschland auf 25 Prozent bis zum Jahr 2020 [...] im Interesse der Energieeinsparung, des Umweltschutzes und der Erreichung der Klimaschutzziele der Bundesregierung zu leisten“*(§1 KWKG 2009), was ungefähr einer Verdopplung des Anteils an der Stromerzeugung zum damaligen Zeitpunkt bedeutete³⁵. Darüber hinaus wurde der Fokus auf den Neu- und Ausbau von Wärmenetzen gelegt.

³⁴ Laut Gesetz war die Überprüfung ursprünglich für das Jahr 2004 vorgesehen (§12 Absatz 1 KWKG 2002).

³⁵ Aufgrund erheblicher Mängel in der statistischen Datenbasis war der Anteil der KWK-Stromerzeugung schwer zu erfassen (UBA 2007c). Mit der Novellierung des KWKG-Gesetzes fand auch dahingehend eine Verbesserung statt, die sich in zukünftigen Statistiken ausdrücken wird.

Netzneubau und -ausbau werden seitdem nur dann durch das KWKG gefördert, wenn die eingespeiste Wärme mindestens zu 60% aus hocheffizienten KWK-Anlagen stammt (§ 5a, Abs. 1, Nr. 2). Von der jährlichen Fördersumme des KWKG über 750 Mio. Euro³⁶ sind bis zu 150 Mio. Euro für den Wärmenetzausbau vorgesehen, dabei ist die Förderung je Netz auf 20 % der Investitionskosten (max. 5 Mio. Euro pro Projekt) begrenzt. Als Investitionskosten gelten nur die tatsächlich angefallenen Kosten für Dritteleistungen. Nicht dazu gehören interne Kosten für Konstruktion und Planung, kalkulatorische Kosten, Grundstücks-, Versicherungs- und Finanzierungskosten. Investitionskostenminderungen und Zahlungen Dritter (z. B. Förderung durch das MAP) sind abzuziehen. Die Förderung umfasst die ansatzfähigen Investitionskosten bis zur Übergabestelle (gemäß Verordnung über die Allgemeinen Versorgungsbedingungen für Fernwärme). Dementsprechend wird das gesamte Leitungssystem bis zum Abnehmer, einschließlich der Hausanschlussleitung, gefördert. Der Zuschlag beträgt gemäß § 7a KWKG *„je Millimeter Nenndurchmesser der neu verlegten Wärmeleitung einen Euro pro Meter Trassenlänge“*.

Das KWKG 2009 diente damit zum befristeten Schutz und zur Förderung der Modernisierung bestehender KWK-Anlagen, sowie zum Ausbau der Stromerzeugung in kleinen KWK-Anlagen und zur Markteinführung von Brennstoffzellen. Seit dem Jahr 2009 werden ebenfalls große Neubaukraftwerke im Bereich der industriellen KWK sowie der Fernwärmeerzeugung gefördert. Betreiber von KWK-Anlagen erhalten einen Zuschlag für KWK-Strom, wobei sich die Höhe des Zuschlags nach der Anlagenkategorie richtet. Seit der Novelle im Jahr 2009 wird nicht nur der in das öffentliche Netz eingespeiste Strom gefördert, sondern auch der selbstgenutzte Strom.

Im KWKG-Gesetz 2009 ist eine Zwischenüberprüfung der Auswirkungen des Gesetzes im Jahr 2011 festgelegt. Die Ergebnisse dieser Zwischenüberprüfung (Prognos 2011) haben gezeigt, dass von 2002 bis 2010 der Anteil des in KWK-Anlagen erzeugten Stromes an der Gesamtnettostromerzeugung von 13,9 % auf 15,4 % angestiegen ist und dass der Anteil an KWK-Strom bei unveränderter Förderung bis 2020 nur auf 20 % ansteigen würde.

Der größte Teil der prognostizierten zusätzlichen KWK-Stromerzeugung entfällt auf neue und modernisierte KWK-Anlagen mit einer Leistung größer 2 MW. Da angenommen wurde, dass auf Grund des beschleunigten Kernenergieausstiegs grundsätzlich bessere Investitionsbedingungen für große KWK-Neuanlagen herrschen, gingen die Gutachter der Zwischenüberprüfung hier von einem intensiverem Zubau bzw. Modernisierungstätigkeit aus. Vor dem Hintergrund von Diskussionen mit den Verbänden der deutschen Wirtschaft und Energiewirtschaft zu zentralen gutachterlichen Annahmen für die in der Studie präsentierten Wirtschaftlichkeitsberechnungen waren die o.g. Projektionen der Zwischenüberprüfung jedoch mit erheblichen Unsicherheiten verbunden und

³⁶ Bei einer Überschreitung der Fördersumme werden die Zuschlagszahlungen für Anlagen mit einer Leistung von über 10 MW_{el} anteilig gekürzt, allerdings ist in diesem Fall eine spätere Rückerstattung vorgesehen.

stellten nach Einschätzung der Autoren des vorliegenden Berichts eher den oberen Rand der erwartbaren Entwicklung dar.

Mit dem prognostizierten KWK-Anteil von 20 % würde das Ziel der Bundesregierung, den KWK-Stromanteil bis 2020 auf 25 % zu erhöhen, nicht erreicht. Vor diesem Hintergrund wurde das KWKG im Juli 2012 erneut novelliert.

Dem voraus ging dabei eine kleine Novellierung im Jahre 2011, in der der Bezugszeitraum der Fördersätze flexibilisiert wurde, indem die Begrenzung auf maximal 6 Jahre gestrichen wurde und nun nur noch die Begrenzung auf 30.000 Betriebsstunden gilt. Außerdem wurde das Kriterium des Inbetriebnahme Datums von Neuanlagen um vier Jahre von 2016 auf 2020 verlängert. Die sich aus diesen Änderungen direkt ergebenden Barwertvorteile für KWK-Anlagenbetreiber, deren Anlagen unter 5.000 Vollbenutzungsstunden pro Jahr aufweisen, ist in Kapitel 8.3, Abbildung 8-15 dargestellt.

Kernpunkte der Novelle zum KWKG 2012 sind die Verbesserung der Förderung von KWK-Anlagen durch um 0,3 ct/kWh höhere KWK-Zuschlagsätze in allen Leistungsklassen sowie erhöhte Zuschlagzahlungen von 0,3 ct/kWh für neue KWK-Anlagen im Anwendungsbereich des Treibhausgas-Emissionshandelsgesetzes. Außerdem wurde eine neue Anlagenkategorie für Anlagen von 50 bis 250 kW elektrischer Leistung eingeführt, in der ein gesonderter Zuschlag von 4 ct/kWh gewährt wird. Erstmals wurde zudem die Förderung von Wärme- und Kältespeichern sowie von Kältenetzen (zur Nutzung von Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung) in das KWK-Gesetz implementiert. Weiterhin gibt es, eine Differenzierung der Zuschlagzahlungen bei modernisierten KWK-Anlagen nach der Höhe der Modernisierungskosten und bei nachgerüsteten Anlagen nach der Höhe der Nachrüstungskosten, eine besondere Förderung kleiner Anlagen bis 50 kW (Wahlrecht für KWK-Zuschlag über 10 Jahre oder für 30.000 Jahresvollbenutzungsstunden) und eine pauschale Auszahlung der Zuschläge für 30.000 Jahresvollbenutzungsstunden bei Inbetriebnahme von Kleinst-Anlagen bis 2 kW_{el}.

Eine Übersicht über die aktuellen Vergütungssätze ist in Tabelle 8-3 dargestellt, Informationen und Analysen zur Inanspruchnahme der KWKG-Förderung für Erzeugungsanlagen und Wärmenetze sind in Kapitel 6 zu finden.

Sinkt die Stromnachfrage im Netz unter die angebotene Leistung, werden Kapazitäten sukzessive vom Netz genommen, dabei wurde den erneuerbaren Energien im KWKG von 2009 noch Vorrang gewährt. KWK-Anlagen mussten dadurch gegebenenfalls vom Netz genommen werden, damit sinkt ihre Auslastung und damit auch ihre Effizienz. Im KWKG 2012 sind Netzbetreiber nun verpflichtet, KWK-Anlagen unverzüglich vorrangig anzuschließen und den in diesen Anlagen erzeugten KWK-Strom vorrangig abzunehmen, zu übertragen und zu verteilen, sofern es sich um hocheffiziente Anlagen, wie in der EU-KWK-Richtlinie 2004/8/EG definiert, handelt (vgl.§4 KWKG 2012). Bezüglich Einzelheiten des Netzanschlusses und des Netzzugangs wird auf Regelungen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG § 5, 6, 10, 11) verwiesen, die entsprechend anzuwenden sind. Seit der „kleinen“ KWKG-Novelle von 2011 galt bereits eine ähnliche, allerdings weniger stringent formulierte Bestimmung ohne die Einschränkung auf hocheffiziente KWK-Anlagen. Die Verpflichtung nach KWKG 2012 und die Verpflichtung

tung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz zur Abnahme von Strom aus erneuerbaren Energien und aus Grubengas sind nun gleichrangig. Die Verpflichtung trifft den Netzbetreiber, zu dessen technisch für die Aufnahme geeignetem Netz die kürzeste Entfernung zum Standort der KWK-Anlage besteht. Insofern besteht in den zuvor skizzierten Fällen eine Konfliktsituation, die allerdings in der bisherigen Praxis wohl noch keine wesentliche Rolle gespielt hat.

9.2 Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

Am 1. April 2000 wurde das Stromeinspeisungsgesetz durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 25. Februar 2000 abgelöst und dieses in den Jahren 2004, 2008 und 2011 grundlegend novelliert. Gemäß § 1 EEG liegt der Zweck des Gesetzes in der nachhaltigen Entwicklung einer Energieversorgung, welche die klima- und umweltschutzpolitischen Ziele erreichen hilft und gleichzeitig dafür Sorge trägt, dass langfristige, externe Kosten der Energieversorgung verringert werden. In den sich anschließenden Novellierungen zielt das Gesetz zudem ab auf eine Schonung von Energieresourcen und damit auf einen Beitrag zur Vermeidung von Konflikten um diese, sowie auf die technologische Weiterentwicklung der erneuerbaren Energien.

Mit den Rahmenbedingungen, welche das EEG 2000 vorgab, sollte eine Verdopplung des Stromanteils aus regenerativen Energiequellen an dem gesamten Strombedarf bis zum Jahre 2010 ermöglicht werden. Die Novelle 2004 gibt zusätzlich das Ziel aus, bis 2020 den Anteil der erneuerbaren Energien (EE) an der Stromversorgung auf 20 % zu erhöhen. Da sich bereits frühzeitig abgezeichnet hat, dass die Ziele für 2010 übertroffen werden, erhöht die Novelle in 2008 bereits das Ziel auf einen Anteil der EE von mindestens 30 % bis 2020. Im EEG 2012 (Novelle von 2011) ist das EE-Ziel für 2020 auf mindestens 35 % festgeschrieben und ist Teil eines Fahrplans für einen EE-Anteil von 80 % im Jahr 2050.

Die Vergütungssätze für mit Biomasse und Grubengas betriebene KWK-Anlagen sind seit dem EEG 2009 nach Brennstoff und Leistungsbereich gestaffelt (Tabelle 9-1).

Tabelle 9-1 Vergütungssätze des Erneuerbare-Energien-Gesetzes 2009 für Biomasse-Anlagen sowie Deponiegas, Klärgas und Grubengas

	EEG-Regelung	Anlagenbereich	Leistungsbereich bis ... MW	Vergütung Cent/kWh	Degression % pro Jahr	Anmerkungen
Deponiegas	§ 24		0,5	9,00	1,5	Technologiebonus: 2 ct/kWh
			5	6,16		
Klärgas	§ 25		0,5	7,11	1,5	Technologiebonus: 2 ct/kWh
			5	6,16		
Grubengas	§ 26		1	7,16	1,5	Technologiebonus: 2 ct/kWh
			5	5,16		
			>5	4,16		
Biomasse	§ 27 (1)	bis 20 MW	0,15	11,67	1,0	Technologiebonus: 2 ct/kWh Nawaro-Bonus: 6 ct/kWh bis 500 kW Nawaro-Bonus: 4 ct/kWh bis 5 MW KWK-Bonus: 3 ct/kWh
			0,5	9,18		
			5	8,25		
			20	7,79		

Die Vergütungen sind jeweils für die Dauer von 20 Kalenderjahren zuzüglich des Inbetriebnahmejahres zu zahlen.

Quelle: Erneuerbare-Energien-Gesetz -EEG 2009, zuletzt geändert am 31. Juli 2010.

Durch das Erneuerbare-Energie-Gesetz (EEG) 2009 wurde die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme durch einen KWK-Bonus von 3 ct/kWh für den im KWK-Betrieb erzeugten Strom gefördert, der in das öffentliche Netz eingespeist wird. Zur Gewährung des KWK-Bonus war nachzuweisen, dass der Strom in KWK erzeugt und dass die dabei entstehende Wärme sinnvoll genutzt wird. Als Nachweis für ein effizientes Wärmenutzungskonzept konnte ein Beleg eingereicht werden, aus dem hervor geht, dass durch den Einsatz der KWK-Wärme anstatt fossiler Brennstoffe ein Mehraufwand von mindestens 100 Euro pro kW Wärmeleistung entsteht oder dass die Wärmenutzung entsprechend der Positivliste aus der Anlage III genutzt wird. Der KWK-Bonus war in Kombination mit anderen biomassespezifischen Boni ursächlich an der starken Marktentwicklung bei Biomasse-Anlagen beteiligt (siehe auch Hintergrundinformationen zum KWK-Bonus in Kapitel 4.3 und vgl. EEG-Erfahrungsbericht 2011 (Thrän et al. 2011).

Am 1.1.2012 trat das EEG 2012 in Kraft (Vergütungssätze siehe Tabelle 9-2). Es bringt für KWK-Anlagen, die mit Bioenergie betrieben werden, eine Reihe substantieller Neuerungen. Dazu gehört die Einführung einer Wärmenutzungspflicht anstelle des bisherigen Anreizes über den KWK-Bonus. Zum Ausgleich wurden die Vergütungssätze für Biomasseanlagen < 5 MW angehoben³⁷ (vgl. §27 EEG 2012). Die Pflicht zur Wärme-

³⁷ Der Vergütungsanspruch für Strom aus Biomasse (Tabelle 9-2) besteht in der dort genannten Höhe nur, wenn und solange 1. mindestens a) 25 Prozent bis zum Ende des ersten auf die erstmalige Erzeugung von Strom in der Anlage folgenden Kalenderjahres und danach b) 60 Prozent des in dem jeweiligen Kalenderjahr in der Anlage erzeugten Stroms in Kraft-Wärme-Kopplung nach Maßgabe der Anlage 2 zum EEG 2012 erzeugt wird; hierbei wird im Fall der Stromerzeugung aus Biogas die Wärme in Höhe von 25 Prozentpunkten des in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugten Stroms zur Beheizung des Fermenters angerechnet (vgl. §27 (4) EEG 2012).

Biomethan muss zu 100% der KWK-Stromerzeugung dienen (vgl. §27 (5) EEG 2012

nutzung entfällt jedoch, wenn der in Biomasseanlagen erzeugte Strom direktvermarktet wird.

Tabelle 9-2 Vergütungssätze des Erneuerbare-Energien-Gesetzes 2012 für Biomasse-Anlagen sowie Deponiegas, Klärgas und Grubengas

	EEG-Regelung	Anlagenbereich	Leistungsbereich bis ...MW	Vergütung Cent/kWh	Degression % pro Jahr	Anmerkung
Deponiegas	§ 24		0,5 5	8,60 5,89	1,5	Gasaufbereitungs-Bonus: 3 ct/kWh bis 700 Normkubikmeter* 2 ct/kWh bis 1000 Normkubikmeter* 1 ct/kWh bis 1400 Normkubikmeter* *Nennleistung der Gasaufbereitungsanlage pro Stunde
Klärgas	§ 25		0,5 5	6,79 5,89	1,5	
Grubengas	§ 26		1 5 >5	6,84 4,93 3,98	1,5	
Biomasse	§ 27 (1)	bis 20MW	0,15 0,5 5 20	14,3 12,3 11 6	2,0	Biomasse: erhöhte Vergütungssätze nach §27 (2) für bestimmte nachwachsende Rohstoffe
Die Vergütung sind jeweils für die Dauer von 20 Kalenderjahren zuzüglich des Inbetriebnahmejahres zu zahlen. Strom aus Biogasanlagen >750kW wird nur für bis zum 31.12.2013 installierte Anlagen vergütet (§27 (3)).						

Quelle: *Erneuerbare-Energien-Gesetz -EEG 2012, zuletzt geändert am 27. Juni 2012.*

Für Deponiegas, Klärgas, Grubengas und Biomasse >5 MW wurden die Grundvergütungen jedoch reduziert. Die Degression für Biomasseanlagen wurde auf 2 % pro Jahr erhöht. Der Technologiebonus wurde für die meisten Technologien gestrichen, übrig blieb ein „Gasaufbereitungsbonus“ von 1-3 ct/kWh in Abhängigkeit von der Größe der Aufbereitungsanlage. Der Nawaro-Bonus des EEG 2009 wurde ersetzt durch ein weiter differenziertes System mit erhöhten Vergütungen nach § 27 (2) EEG 2012.

Außerdem werden mit der Einführung einer Marktprämie und einer Flexibilitätsprämie Anreize bzw. Pflichten geschaffen, die Bioenergie-Anlagen marktorientiert zu betreiben. Ab 2014 gilt eine Pflicht zur Direktvermarktung für Biogasanlagen über 750 kW.

Seit dem 01.01.2012 müssen zudem alle neu installierten BHKW-Anlagen über 100 kW elektrischer Leistung mit technischen Einrichtungen ausgestattet sein, die dem Netzbetreiber eine Leistungsreduzierung bzw. Abschaltung der BHKW-Anlage ermöglicht, wenn die Netzkapazität durch die Aufnahme des Stroms ausgeschöpft ist (vgl. EEG §6 (1)). Bei Nichterfüllung dieser gesetzlichen Vorgaben drohen erhebliche Restriktionen wie zum Beispiel der Verlust des EEG-Vergütungsanspruches bzw. der Zuschlagszahlung nach dem KWKG und/oder der Verlust des Anspruchs auf bevorzugte Stromabnahme nach KWKG und EEG.

Seit der Verordnung zur Weiterentwicklung des bundesweiten Ausgleichsmechanismus (AusglMechV) vom Jahr 2010 sind Übertragungsnetzbetreiber verpflichtet, den EEG-Strom am Spotmarkt einer Strombörse transparent und diskriminierungsfrei zu verwerfen. Zuvor waren die Übertragungsnetzbetreiber verpflichtet, den EEG-Strom an die Energieversorgungsunternehmen durchzuleiten – und diese wiederum den Strom abzunehmen.

Die EEG-Vergütung wird als Umlage bei allen nicht privilegierten Letztverbrauchern erhoben. Die EEG-Umlage stieg von 2,05 ct/kWh im Jahr 2009 auf 5,277 ct/kWh im Jahr 2013. Stromintensive Unternehmen (mit hohem Strombezug und hoher Stromintensität) können im Rahmen der Härtefallregelung beim BAFA eine Voll- oder Teilbefreiung von der allgemeinen EEG-Umlage beantragen, so dass sie (im Fall einer Vollbefreiung) nur noch einen Ausgleich von 0,05 ct/kWh zahlen müssen. Die Vollbefreiung erfolgt im EEG 2012 bei einem Strombezug von mehr als 100 GWh/a und einer Stromintensität von mehr als 20 %, eine Teilbefreiung bei einem Strombezug von mehr als 1 GWh /a und einer Stromintensität von mindestens 14 %. Im Falle einer Teilbefreiung fällt für den Stromanteil von 1-10 GWh 10 % der Umlage an, für den Stromanteil von 10-100 GWh 1 % der Umlage und für den Stromanteil über 100 GWh maximal 0,05 ct/kWh. Mit dem EEG 2012 wurde somit der Kreis der befreiungsberechtigten Unternehmen im Vergleich zum EEG 2009 deutlich ausgeweitet. Im EEG 2009 war eine Teilbefreiung ab 10 GWh möglich. Dadurch verringert sich weiter die Basis derer, die die EEG-Vergütung aufzubringen haben: Nach dem EEG 2009 profitierten ca. 600 Unternehmen mit einer privilegierten Strommenge von ca. 70-80 TWh/a von den Regelungen nach §§40ff. EEG, die Zahl der nach EEG 2012 begünstigten Unternehmen könnte sich etwa verdreifachen³⁸. Für die Unternehmen vermindern sich durch das (weiterhin) niedrige Strompreisniveau auch die Anreize, eine (KWK-)Stromerzeugungsanlage für die Eigenbedarfsdeckung zu betreiben.

Zur Förderung der Wirtschaftlichkeit von KWK-Anlagen können auch Letztverbraucher als Eigenerzeuger von der Umlage befreit werden, wenn diese den Strom selbst im räumlichen Zusammenhang mit der Stromerzeugungsanlage verbrauchen (EEG 2012, §37, Absatz 3) (das sog. Eigenstromprivileg). Im Zuge der steigenden EEG-Umlage verbessern sich damit für Unternehmen, die nicht unter der Härtefallregelung fallen und bei denen ein entsprechender durch eine KWK-Anlage deckbarer Wärmebedarf vorhanden ist, die Bedingungen für die Errichtung einer Anlage durch das Unternehmen selbst. Wird die Anlage jedoch von einem Energiedienstleister (Contractor) errichtet, der als Strom- und Wärmelieferant für das Unternehmen agiert, muss für diesen Strom die EEG-Umlage gezahlt werden. Dadurch werden vereinzelte KWK-Projekte nicht realisiert, bei denen eine Eigenfinanzierung nicht möglich ist oder die umfassendes Know-How bei der Planung und Realisierung erfordern.

Ursprünglich sollte dieses Eigenstromprivileg dem Schutz der industriellen und Objekt-KWK dienen, bei der die Anlagen weitgehend für den eigenen Verbrauch dimensioniert wurden. So kann die reduzierte EEG-Umlage nach Berechnungen von BET (2011b) entscheidend für die Wirtschaftlichkeit von Anlagen sein. Für bestehende Anlagen gilt eine Härtefallregelung: Wer nach dem aktuellen EEG 2009 das Eigenstromprivileg bereits nutzt, dem wird über § 66 Abs. 15 EEG 2012 Bestandsschutz gewährt.

³⁸ Vgl. BMU 2011: „Informationen zur Anwendung von § 40 ff. EEG (Besondere Ausgleichsregelung) für das Jahr 2011 einschl. erster Ausblick auf 2012“; http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/hg_ausgleichsregelung_2011_bf.pdf

9.3 EU-Energieeffizienz-RL

Der im Frühjahr 2012 ausgehandelte Kompromiss zu einer neuen Energieeffizienzrichtlinie der EU wurde im Juni 2012 vom Europäischen Rat sowie im September 2012 vom Europäischen Parlament abschließend bestätigt und dann im Oktober 2012 veröffentlicht (EU 2012). Die neue Richtlinie zur Energieeffizienz löst mit in Kraft treten die KWK-Richtlinie (2004/8/EG) sowie die EDL-Richtlinie (2006/32/EG) ab. Die Mitgliedstaaten haben bis zu 18 Monate Zeit, sie in nationales Recht umzusetzen.

Das Ziel der Richtlinie ist es³⁹, die Energieeffizienz in der EU bis 2020 um 20 Prozent mittels konkreter Vorgaben zu steigern. Mitgliedsstaaten werden durch die Energieeffizienz-Richtlinie verpflichtet, zahlreiche verbindliche Maßnahmen umzusetzen. Künftig soll in jedem EU-Staat der Energieverbrauch der Endkunden jährlich um 1,5 Prozent gesenkt werden. Gleichzeitig wird es den Mitgliedsstaaten aber freigestellt, ob sie Einsparverpflichtungen für Energieversorger einführen oder alternative Maßnahmen, zum Beispiel Förderprogramme, zur Erreichung dieser Quote ergreifen. Zusätzlich wird Mitgliedsstaaten die Möglichkeit eingeräumt, Ausnahmeregelungen bis zu einer Höhe von 20 Prozent des Einsparziels einzuführen. Ein Punkt in diesem Kontext wird sein, ob und wie die KWK bei der Endenergieeinsparung im Sinne von Artikel 7 berücksichtigt wird.

Das Kapitel III der Richtlinie, überschrieben mit Effizienz bei der Energieversorgung, beinhaltet in Artikel 14 (Förderung von Effizienz bei der Wärme- und Kälteversorgung) verschiedene Regelungen zur KWK. So sind die Mitgliedstaaten in Absatz 1 aufgefordert, bis zum 31. Dezember 2015 eine umfassende Bewertung des Potenzials für den Einsatz der hocheffizienten KWK und der effizienten Fernwärme- und Fernkälteversorgung durchzuführen. In diesem Kontext soll eine Kosten-Nutzen-Analyse erfolgen, bei der klimatische Bedingungen, die wirtschaftliche Tragfähigkeit und die technische Eignung zu berücksichtigen sind (Absatz 3). Zeichnet sich dabei ein positives Ergebnis ab, sind nach dem 5. Juni 2014 konkrete Kosten-Nutzen-Analysen durchzuführen:

- bei der Planung eines Neubaus bzw. erheblicher Modernisierung einer thermischen Stromerzeugungsanlage mit einer Feuerungswärmeleistung von mehr als 20 MW,
- bei Neubauplanung oder erheblicher Modernisierung einer Industrieanlage mit einer Feuerungswärmeleistung von mehr als 20 MW sowie
- zur Verwendung der Abwärme von nahe gelegenen Industrieanlagen bei Planung eines neuen Fernwärme- und Fernkältenetzes oder bei Planung des Neubaus oder erheblicher Modernisierung einer Energieerzeugungsanlage mit einer Feuerungswärmeleistung von mehr als 20 MW in einem bestehenden Fernwärme- oder Fernkältenetz.

³⁹ Vgl. <http://www.euractiv.de/energie-und-klimaschutz/artikel/eu-parlament-verabschiedet-energieeffizienz-richtlinie-006710>

Die Mitgliedstaaten können Schwellenwerte für die verfügbare Nutzabwärme, für die Wärmenachfrage oder für die Entfernungen zwischen den Industrieanlagen und den Fernwärmenetzen festlegen, um einzelne Anlagen von der Durchführung von Kosten-Nutzen-Analysen freizustellen. Um den Ergebnissen der umfassenden Bewertung und die Anforderungen sowie den Ergebnissen der Kosten-Nutzen-Analyse Rechnung zu tragen, beschließen die Mitgliedstaaten Genehmigungs- bzw. Erlaubniskriterien. Auf dieser Basis ist es auch möglich, einzelne Anlagen trotz eines positiven Kosten-Nutzen-Verhältnisses von der Anforderung freizustellen und Optionen zur KWK-Realisierung anzuwenden, wenn es zwingende Gründe hierfür gibt. In Artikel 14 (Absatz 10) ist weiterhin die Frage der Herkunftsnachweise für hocheffiziente KWK sowie die Überprüfung der harmonisierten Wirkungsgrad-Referenzwerte bis zum 31. Dezember 2014 geregelt. Im abschließenden Absatz 11 werden die Mitgliedstaaten aufgefordert sicherzustellen, dass jede vorhandene Förderung der KWK davon abhängig gemacht wird, dass der erzeugte Strom aus hocheffizienter KWK stammt und die Abwärme wirksam zur Erreichung von Primärenergieeinsparungen genutzt wird.

Der Artikel 15 „Energieumwandlung, -übertragung bzw. -fernleitung und -verteilung“ enthält ebenfalls Regelungen zur KWK. So haben beispielsweise die Mitgliedstaaten zu gewährleisten, dass die Netzbetreiber die Übertragung und Verteilung von Strom aus hocheffizienter KWK garantieren, für Strom aus hocheffizienter KWK einen vorrangigen oder garantierten Zugang zum Netz gewähren und bei der Inanspruchnahme von Stromerzeugungsanlagen eine vorrangige Inanspruchnahme von Strom aus hocheffizienter KWK vorsehen, soweit der sichere Betrieb des nationalen Stromnetzes dies zulässt. Die Mitgliedstaaten können ebenfalls auch die Netzanbindung von hocheffizienten KWK-Klein- und -Kleinstanlagen erleichtern und geeignete Maßnahmen ergreifen, um sicherzustellen, dass Betreiber hocheffizienter KWK-Anlagen Ausgleichsleistungen und andere operative Dienste anbieten können. Des Weiteren können die Mitgliedstaaten gegebenenfalls von den Übertragungs- und Verteilernetzbetreibern verlangen, dass sie die Ansiedlung hocheffizienter KWK-Anlagen in der Nähe von Bedarfsgebieten fördern, indem sie die Anschluss- und Netznutzungsgebühren senken. Außerdem können sie ebenfalls Erzeugern von Strom aus hocheffizienter KWK, die einen Netzanschluss wünschen, gestatten, für die Anschlussarbeiten eine Ausschreibung durchzuführen.

Der Artikel 24 beinhaltet die Überprüfung und Überwachung der Durchführung der Richtlinie. Demnach berichten die Mitgliedstaaten gemäß Anhang XIV Teil 1 ab 2013 bis zum 30. April eines jeden Jahres über die bei der Erfüllung der nationalen Energieeffizienzziele erreichten Fortschritte (Absatz 1). Der Absatz 6 widmet sich speziell der Berichterstattung zur KWK. Demnach übermitteln die Mitgliedstaaten der Kommission jährlich vor dem 30. April Statistiken nach der in Anhang I beschriebenen Methode über die nationale Erzeugung von Strom und Wärme aus hocheffizienter und niedrigereffizienter KWK im Vergleich zu der gesamten Wärme- und Stromerzeugung. Außerdem übermitteln sie jährliche Statistiken über die KWK-Wärme- und KWK-Stromerzeugungskapazitäten und die Brennstoffe für die KWK sowie über die Fernwärme- und Fernkälteerzeugung und -kapazitäten im Vergleich zu der gesamten Wär-

me- und Stromerzeugungskapazität. Ferner übermitteln die Mitgliedstaaten Statistiken nach der in Anhang II beschriebenen Methode über die durch KWK erzielten Primärenergieeinsparungen.

Insgesamt bietet die Richtlinie Möglichkeiten, die KWK – über das gegenwärtige Maß hinaus – noch stärker zu fördern. Inwieweit dies tatsächlich geschieht, wird jedoch erheblich von der konkreten Umsetzung ins nationale Recht abhängig sein.

9.4 Emissionshandel

Der Emissionshandel basiert auf der EU-Emissionshandelsrichtlinie vom 13.10.2003 und ist ein übergreifendes Instrument zur Reduktion von Treibhausgas-Emissionen: Durch die Festlegung von festen Obergrenzen für absolute Emissionsmengen, die über die Zeit gesenkt werden, soll sich die Notwendigkeit der Emissionsreduktion bis auf die Anlagenebene übertragen. Betreiber von Anlagen, die dem Emissionshandel unterliegen, sind deshalb verpflichtet für die tatsächlichen jährlichen Emissionen der Anlagen die entsprechende Menge an Emissionszertifikaten abzugeben. Diese Zertifikate können Betreiber auf verschiedene Arten erhalten: Durch die nationale Allokation von kostenfreien Zertifikaten oder durch den käuflichen Erwerb verschiedener Zertifikatsformen (EUA, CER, ERU). Mit Hilfe des Emissionshandels soll sichergestellt werden, dass Emissionen an den Stellen reduziert werden, an denen dieses am kostengünstigsten geschehen kann. KWK-Anlagen sind grundsätzlich als brennstoffnutzende Anlagen ab einer Feuerungswärmeleistung von 20 MW vom Emissionshandel erfasst⁴⁰.

In Abhängigkeit der Zugehörigkeit zum Sektor (Energie oder Industrie), dem Zeitpunkt der Inbetriebnahme und der jährlichen Emissionsmenge wurden verschiedene Zuteilungsregelungen für kostenfreie Zertifikate gemäß der Zuteilungsgesetze (ZuG) angewendet.

Die **erste Handelsperiode** von 2005-2007 wurde vor allem zum Aufbau der Infrastruktur sowie Test der Abläufe durch alle Beteiligten genutzt.

In der **zweiten Handelsperiode**, die sich vom 1.1.2008 bis zum 31.12.2012 erstreckte, erhielten KWK-Anlagen eine Zuteilung für den erzeugten Strom und für Wärme nach einem Doppelbenchmark: für Strom galt ein Benchmark von 750 gCO₂/kWh (beim Einsatz von Gas als Brennstoff 365 g CO₂/kWh), für Wärme betrug der Benchmark 345 g CO₂/kWh bzw. 225 g CO₂/kWh wenn Gas als Brennstoff eingesetzt wird.

Durch den Doppelbenchmark haben viele KWK-Anlagen eine Überallokation erhalten und konnten also die kostenfrei erhaltenen Zertifikate verkaufen (ZuG 2012). Ältere Anlagen, die entsprechend den Produktionsmengen in der Basisperiode Zuteilungen erhalten haben, können bei einem späteren Ausbau des Wärmenetzes Unterallokationen erfahren, müssten also Zertifikate zukaufen.

⁴⁰ Rein biomassebefeuerte Anlagen wären zwar über ihre Emissionen berichtspflichtig, müssten aber keine Zertifikate abgeben.

Für die **dritte Handelsperiode** ab dem 1.1.2013 gelten entsprechend der EU-ETS-Richtlinie 2009/29/EC vom 23.04.2009 und der Entscheidung 2011/278/EU über kostenlose Zuteilungen der EU-Kommission vom 27.04.2011 die folgenden Regelungen:

- vollständige Auktionierung für den Anteil der Emissionen der KWK-Anlagen die auf die Stromerzeugung entfallen;
- für die Wärmeerzeugung beträgt der Benchmark 224 g CO₂ / kWh;
- für die Berechnung der Zuteilung im Jahr 2013 wird dieser Benchmark für die im Rahmen der Leakage-Regelungen nicht privilegierten Anlagen bzw. Verbrauchsbereiche mit 80 % multipliziert; dieser Multiplikator reduziert sich dann bis 2027 linear auf null; für neue KWK-Anlagen wird darüber hinaus noch der lineare Reduktionsfaktor von 1,74 % angewendet; im Ergebnis bedeutet diese Regelung also, dass von 2027 an auch die Wärmeerzeugung aus der Kraft-Wärme-Kopplung vollständig der Auktionierung unterliegt (siehe Abbildung 8-19);
- für die Wärmeerzeugung in bezüglich der Leakage-Regelungen privilegierten Sektoren oder für die Wärmelieferung an die entsprechenden Anlagen erfolgt die genannte Korrektur mit dem (im Zeitverlauf sinkenden) Faktor 80 % nicht.

Damit wirkt das EU-Emissionshandelssystem auf die KWK in zweierlei Hinsicht. Einerseits verbessert der CO₂-Emissionshandel die wirtschaftliche Situation der erdgasbasierten KWK durch die Einpreisung der CO₂-Zertifikate auf den Strommärkten. Im kontinentaleuropäischen Markt steigen die Strompreise damit deutlich stärker als den KWK-Anlagen Kosten für den Zertifikatserwerb entstehen. Andererseits könnte die Ausgestaltung des EU-Emissionshandelssystems zu einer Verzerrung der Wirtschaftlichkeit von KWK-Wärme führen (die bei größeren Anlagen durch den EU-Emissionshandel kostenseitig belastet wird), da ungekoppelt erzeugte Wärme in dezentralen Anlagen nicht dem Emissionshandelssystem unterliegt.

Mit der kostenlosen Zuteilung für die Wärmeerzeugung in KWK-Anlagen wurde die Verschlechterung der relativen Wettbewerbsposition von KWK-Wärme ausgeglichen. Gleichwohl ergibt sich aus dem strikten Ex ante-Zuteilungsansatz des EU-Emissionshandelssystems keine Korrektur des Betriebskalküls der KWK-Anlagen (eine Mehrproduktion von KWK-Wärme führt nicht zu einer zusätzlichen kostenlosen Zuteilung von Zertifikaten), vielmehr entspricht der Barwert der kostenlosen Zuteilung für die KWK-Wärme einem Investitionskostenzuschuss für neue KWK-Anlagen.

Im Kontext des mit der Revision für die dritte Handelsperiode deutlich strikter verfolgten, technologieneutralen Steuerungsansatzes des EU-Emissionshandelssystems ist der schrittweise Abbau des zuschussgleichen technologiespezifischen Zuteilungsansatzes für KWK-Anlagen konsistent, führt aber zu zusätzlichen Handlungsnotwendigkeiten außerhalb des EU-Emissionshandelssystems, was mit der Berücksichtigung im KWKG geschehen ist (vgl. Kapitel 9.1).

9.5 Energiesteuer

Das Energiesteuergesetz (EnergieStG)⁴¹ besteuert den Input von Kraft- oder Heizstoffen, die in verschiedenen Anwendungen energetisch genutzt werden. Es sieht dabei, insbesondere für die Stromerzeugung und den Einsatz in Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen, eine Reihe von Begünstigungen oder Entlastungen vor. Die Tabelle 9-3 vermittelt einen Überblick zu den für die KWK sowie die konkurrierenden Anwendungen der ungekoppelten Strom- und Wärmeversorgung wesentlichen Regelungen des Energie- und Stromsteuergesetzes.⁴²

Relevant ist dabei zunächst vor allem §53 Abs. 1 Nr. 1 EnergieStG, der eine vollständige Steuerentlastung für die in KWK-Anlagen eingesetzten Energieträger Kohle, Erdgas (und ähnlicher Produkte) und Mineralöl vorsieht, soweit ein Nutzungsgrad von mindestens 70 % (auf Jahres- bzw. Monatsbasis) erreicht wird. Der Vergleich mit den entsprechenden Steuersätzen für die reine Stromerzeugung zeigt aber auch, dass für diesen Bereich ebenfalls entsprechende Steuerbefreiungen existieren. Die energiesteuerlichen Vorteile der KWK beziehen sich damit auf den Bereich der Wärmeerzeugung, wobei hier einerseits auf die Regelsteuersätze, andererseits aber auch auf die erheblichen Steuerentlastungen für den Bereich der industriellen Wärmeanwendungen verwiesen werden muss.

Der implizite CO₂-Preis-Vorteil des Einsatzes von Erdgas in KWK-Anlagen beträgt damit ca. 30 Euro/t CO₂ im Vergleich zum nicht privilegierten Erdgaseinsatz in privaten Haushalten bzw. im Kleinverbrauch sowie etwa 19 Euro/t CO₂ für den von teilweiser Steuerentlastung profitierenden Bereichen der Industrie.

⁴¹ Energiesteuergesetz vom 15. Juli 2006 (BGBl. I S. 1534; 2008 I S. 660; 1007), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 1. März 2011 (BGBl. I S. 282) geändert worden ist.

⁴² Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden alle Steuersätze in Euro je Megawattstunde (bezogen auf den unteren Heizwert) umgerechnet. Die im Gesetz kodifizierten Steuersätze beziehen sich für leichtes Heizöl auf Euro je 1.000 Liter, für Kohlen auf Euro je Gigajoule sowie für Erdgas auf Euro je Megawattstunde (bezogen auf den oberen Heizwert). Genutzt wurden die entsprechenden Umrechnungsfaktoren der AG Energiebilanzen.

Tabelle 9-3 Besteuerung von Brennstoffen für Einsatz in Heizanlagen, Kraftwerken und KWK-Anlagen sowie von Strom, Stand 2011

	Regelsteuersatz	Stromerzeugung	Haushalte und Kleinverbrauch	Produzierendes Gewerbe		Kraft-Wärme-Kopplung	
				Energieintensive Prozesse	Sonstige Industrie	Elektrische Leistung >2 MW	Elektrische Leistung ≤ 2 MW
€/MWh (H _u)							
Erdgas^{a,c}	6,09	0,00	6,09	0,00	2,29	0,00	0,00
	§2 Abs. 3	§53 Abs. 1 ^e	§2 Abs. 3	§51 Abs. 1	§54 & 55 ^f	§53 Abs. 1 ^g	§53 Abs. 1 ^g
Kohle^a	1,19	0,00	1,19	0,00	1,19	0,00	-
	§2 Abs. 1	§53 Abs. 1 ^e	§2 Abs. 1	§51 Abs. 1	§2 Abs. 1	§53 Abs. 1 ^g	
Leichtes Heizöl^{a,d}	6,18	0,00	6,18	0,00	4,17	0,00	0,00
	§2 Abs. 3	§53 Abs. 1 ^e	§2 Abs. 3	§51 Abs. 1	§54 & 55 ^f	§53 Abs. 1 ^g	§53 Abs. 1 ^g
Strom^b	20,50	gemäß	20,50	0,00	2,05	gemäß	0,00
	§ 3	Kundensatz	§ 3	§ 9a Abs. 1	§ 10 ^f	Kundensatz	§ 9 Abs. 1 ^h

Anmerkungen: ^a Fundstellen beziehen sich auf das Energiesteuergesetz. - ^b Fundstellen beziehen sich auf das Stromsteuergesetz. - ^c Steuersätze auf H_u umgerechnet. - ^d bei einem Schwefelgehalt ≤50 mg/kg. - ^e nur für reine Stromerzeugungsanlagen mit einer Leistung größer 2 MW_{el}. - ^f ein Teil der Steuerentlastung gilt nur, wenn die in der Klimaschutzvereinbarung genannten Emissionsminderungsziele eingehalten werden und ist bis Ende 2012 begrenzt. - ^g bei einem Jahresnutzungsgrad von mindestens 70%. - ^h bei Entnahme im räumlichen Zusammenhang zum Selbstverbrauch oder als Lieferung an Letztverbraucher.

Quellen: Energiesteuergesetz, Stromsteuergesetz, Berechnungen des Öko-Instituts.

Gerade für kleine Anlagen (unter 50 kW) bedeutet die Steuerbefreiung einen hohen jährlich wiederkehrenden administrativen Aufwand, der z.T. dazu führt, dass die Steuerbefreiung nicht in Anspruch genommen wird, da der Aufwand (gerade bei den ganz kleinen Anlagen) von manchen Betreibern als nicht im Verhältnis zu der Ersparnis eingeschätzt wird.⁴³

Mit dem Gesetz zur Änderung des Energiesteuer- und des Stromsteuergesetzes sowie zur Änderung des Luftverkehrsteuergesetzes⁴⁴ wurde eine Anpassung der Energiesteuerentlastung vorgenommen, die rückwirkend zum 1. April 2012 in Kraft trat (§ 53 EnergieStG und der neue § 53b EnergieStG) bzw. nach Erteilung der beihilferechtlichen Genehmigung durch die Europäische Kommission voraussichtlich rückwirkend zum 1. April 2012 in Kraft tritt (§ 53b EnergieStG), jenem Zeitpunkt, seitdem die Energiesteuererstattung vorläufig ausgesetzt war. Damit werden nur noch Brennstoffe für die Verwendung in einer Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlage vollständig von der Energiesteuer befreit (§ 53b EnergieStG), wenn die Anlage neben dem bisher erforderlichen Mindestnutzungsgrad von 70 Prozent auch hocheffizient im Sinne der Richtlinie 2004/8/EG bzw. Richtlinie 2012/27/EU des Europäischen Parlaments ist und steuerrechtlich nicht vollständig abgeschrieben wurde. Des Weiteren wurde ein Modernisie-

⁴³ Solches Feedback gab es z.B. in einer Umfrage des Öko-Instituts bei BHKW-Betreibern im Frühjahr 2011 im Rahmen der Evaluierung der Mini-KWK-Investitionsförderung (vgl. Kapitel 9.10).

⁴⁴ Gesetz zur Änderung des Energiesteuer- und des Stromsteuergesetzes sowie zur Änderung des Luftverkehrsteuergesetzes vom 5. Dezember 2012 (BGBl. Teil I 2012 Nr. 57 (S. 2436)).

zungstatbestand vorgesehen, bei dessen Nutzung wieder eine vollständige Energiesteuerentlastung möglich wird.⁴⁵ Bei der nur teilweisen Steuerentlastung gemäß § 53b EnergieStG von KWK-Anlagen, die zwar einen Monats- oder Jahresnutzungsgrad von mindestens 70 Prozent erreichen jedoch nicht hocheffizient sind, wird der Entlastungssatz auf den nach der Energiesteuerrichtlinie der EU maximal zulässigen Wert abgesenkt (Erdgas 0,442 Cent je Kilowattstunde, Heizöl EL 4,035 Cent je Liter).

9.6 Stromsteuer

Im Gegensatz zur Energiesteuer, wird mit den Regelungen des Stromsteuergesetzes (StromStG)⁴⁶ nicht der Einsatz, sondern das Endprodukt Strom beim Verbraucher, bzw. beim an ihn liefernden Versorger der Besteuerung unterworfen. Sie beträgt derzeit die im Regelsatz 20,50 Euro/MWh_{el}. Dabei ist Strom aus Anlagen mit einer elektrischen Nennleistung von bis zu zwei Megawatt (unabhängig ob KWK oder nicht) von der Steuer befreit unter der Voraussetzung, dass der Strom entweder durch den Anlagenbetreiber selbst zur eigenen Nutzung oder von einem Letztverbraucher „im räumlichen Zusammenhang zu der Anlage“ entnommen wird (Tabelle 9-3).

Aber auch hier zeigt sich, dass nicht nur die Befreiung von der Stromsteuer eine wesentliche Bestimmungsgröße für die Förderwirkung ist, sondern auch der „anlegbare Steuersatz“ für die entsprechenden Verbrauchsbereiche (Tabelle 9-3) des von KWK-Anlagen verbrauchsnahe erzeugten Stroms. So wäre z.B. beim Einsatz im produzierenden Gewerbe (außerhalb der energieintensiven Industrie) die Stromsteuerbefreiung für KWK unter 2 MW_{el} nur 10 % des Regelsatzes, also 2,05 Euro/MWh wert, weil diese Verbrauchergruppe ohnehin von einer Reduktion der Stromsteuer profitiert.

Angesichts der Schwelle von 2 MW_{el} pro „Anlage“ wurde in §12b der Durchführungsverordnung zum Stromsteuergesetz vom 20. September 2011 der Anlagenbegriff des § 9 Abs. 1 Nr. 3 StromStG präzisiert (StromStv 2011): Danach gelten als eine Anlage mehrere miteinander verbundene Stromerzeugungseinheiten an einem Standort. Die unmittelbare Verbindung soll dann vorliegen, wenn es sich um Anlagen in Modulbauweise im selben baulichen Objekt handelt. In Abweichung davon sieht die Durchführungsverordnung aber auch vor, dass Stromerzeugungseinheiten an unterschiedlichen Standorten als eine Anlage zu betrachten sind, wenn die Stromerzeugungseinheiten zentral gesteuert werden, der Betreiber zugleich der Eigentümer der Stromerzeugungseinheiten ist, er die ausschließliche Entscheidungsgewalt über die Einheit besitzt

⁴⁵ Anders als im KWKG sieht das Energiesteuergesetz jedoch keine abgestufte Verlängerung durch eine Modernisierung im Umfang von 25 Prozent der Neuerrichtungskosten zur Erlangung einer Verlängerung um 5 Jahre vor, sondern ausschließlich eine Modernisierungsmaßnahme von 50 Prozent der Neuerrichtungskosten zur Erlangung einer vollständigen Entlastung für einen weiteren Abschreibungszeitraum von zumeist 10 Jahren.

⁴⁶ Stromsteuergesetz vom 24. März 1999 (BGBl. I S. 378), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 1. März 2011 (BGBl. I S. 282) geändert worden ist.

und der erzeugte Strom zumindest teilweise in das Versorgungsnetz eingespeist werden soll. Damit fallen unter diesen Umständen Anlagenzusammenschlüsse („virtuelle Kraftwerke“) von kleinen Modulen mit einer Einzelleistung pro Modul von unter 2 MW_{el} nicht unter die Steuerbefreiung, wenn die Gesamtleistung 2 MW_{el} überschreitet. Weiterhin von der Stromsteuer befreit ist der Eigenbedarf der KWK-Anlagen.

9.7 Stromnetzentgeltverordnung (StromNEV)

In §18 der Stromnetzentgeltverordnung werden Entgelte für dezentrale Einspeisung geregelt: Betreiber von dezentralen Erzeugungsanlagen erhalten vom Betreiber des Elektrizitätsverteilernetzes, in dessen Netz sie einspeisen, ein Entgelt. Dieses muss den gegenüber den vorgelagerten Netz- oder Umspannebenen durch die jeweilige Einspeisung vermiedenen Netzentgelten entsprechen. In der Praxis sind die von den einzelnen Netzbetreibern gezahlten vermiedenen Netznutzungsentgelte verschieden hoch.⁴⁷ Seitens der BNA existieren Bestrebungen den § 18 StromNEV ersatzlos zu streichen und somit die vermiedenen Netznutzungsentgelte abzuschaffen.⁴⁸ Dies würde die Wirtschaftlichkeit insbesondere kleiner KWK-Anlagen deutlich verschlechtern (Matthes 2011).

9.8 Energieeinsparverordnung (EnEV)

Die Energieeinsparverordnung begründet sich auf dem Energieeinsparungsgesetz von 2005, welches sich wiederum aus der Gebäuderichtlinie der EU 2002/91/EG herleitet. Die Gebäuderichtlinie hat zum Ziel, die Verbesserung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden zu unterstützen, ein Sektor, der zum Zeitpunkt der Richtlinienentwicklung und bis heute für über 40 % des Endenergieverbrauchs verantwortlich ist. Dieser Sektor expandiert weiterhin, weshalb zur Einhaltung der Ziele des Kyoto-Protokolls Maßnahmen zur Senkung des Energieverbrauchs umzusetzen sind. Gemäß der EU-Richtlinie 2010/31/EU vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung) soll zudem ein geringerer Energieverbrauch und die verstärkte Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen auch eine wichtige Rolle bei der Stärkung der Energieversorgungssicherheit, der Förderung von technologischen Entwicklungen sowie der Schaffung von Beschäftigungsmöglichkeiten und von Möglichkeiten der regionalen Entwicklung, insbesondere in ländlichen Gebieten spielen.

Die EnEV soll in Deutschland einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung dieser Ziele beisteuern. Neu zu errichtende Wohngebäude haben sich daher am Jahres-

⁴⁷http://kwk-infozentrum.info/wiki/index.php?title=Vermiedenen_Netzkosten#Rechtliche_Grundlag

⁴⁸<http://www.vku.de/energie/netzzugang-netzanschluss-elektrizitaet/vermiedene-netznutzungsentgelte/bnetza-gefaehrdet-die-dezentrale-erzeugung-vku-legt-minister-roesler-vor-schlaege-fuer-die-vermiedenen-netznutzungsentgelte-vor.html> (20.11.2012)

Primärenergiebedarf für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung und Kühlung sowie dem Transmissionswärmeverlustes eines Referenzgebäudes gleicher Geometrie, Gebäudenutzfläche und Ausrichtung zu orientieren. Primärenergiebedarf und Transmissions-Wärmeverluste sind dabei in der EnEV derart gekoppelt, dass bei Absinken des PE-Faktors (z. B. durch Verwendung von erneuerbaren Energien) der Transmissionswärmeverlust ansteigen darf. Das bedeutet, dass z.B. bei Verwendung eines Pelletkessels die Wärmedämmung schlechter ausgestaltet werden kann und dennoch die gesetzlichen Vorgaben eingehalten werden. Dieselbe Logik greift beim Einsatz von hocheffizienter KWK, die einen niedrigen Primärenergiefaktor aufweist: Im Vergleich zu einem traditionell fossil beheizten und mit Netzstrom versorgten Gebäude muss ein mit einer KWK-Anlage versorgtes Gebäude weniger Aufwand in die Minimierung der Transmissionsverluste betreiben. Die Verknüpfung sollte als Anreiz für die Verwendung energieeffizienter Technologien sowie von EE dienen und die Gesamtinvestitionskosten für den Bau bei Verwendung dieser Technologien etwas eingrenzen helfen.

Der Anreiz eines „geringeren“ Dämmstandards im Rahmen der EnEV ist durch Mindestanforderungen an Bauteile begrenzt. Die Anforderungen nach EnEV überlappen für Neubauten mit den gesetzlichen Vorgaben des EEWärmeG.

9.9 Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG)

Das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) trat am 1. Januar 2009 in Kraft. Ziel des Gesetzes ist der Ausbau des Anteils von erneuerbaren Energien an der Erzeugung von Wärme- und Kälte im Gebäudesektor, um fossile Ressourcen zu schonen, die Abhängigkeit von Energieimporten zu mindern, eine nachhaltige Energieversorgung zu ermöglichen und die verwendeten Technologien weiter zu fördern.

Mit dem EEWärmeG wurde eine sogenannte Nutzungspflicht eingeführt (§ 3), welche vorsieht, dass Neubauten mit einer Nutzfläche von mehr als 50 m² ihren Energiebedarf für Wärme (Heizung und Warmwasser) und eventuelle Kältebereitstellung zu bestimmten Teilen aus erneuerbaren Energien decken müssen.⁴⁹ Alternativ zum Einsatz von erneuerbaren Energien gilt die Nutzungspflicht auch als erfüllt, wenn als Ersatzmaßnahme der Wärmeenergiebedarf um 15 % unter EnEV abgesenkt wird, zu mindestens 50 Prozent unmittelbar aus hocheffizienter⁵⁰ Kraft-Wärme-Kopplung stammt oder aus einem Netz der Nah- oder Fernwärme gedeckt wird, dessen gelieferte Wärme zu mindestens 50 Prozent aus hocheffizienten KWK-Anlagen, aus industrieller Abwärme oder zu einem in § 5 genannten Anteil aus EE entstammt (§ 7).

⁴⁹ Auf eine genaue Auflistung der geforderten Anteile der verschiedenen erneuerbaren Energien am Gesamtverbrauch wird hier zu Gunsten der Übersichtlichkeit verzichtet und auf den ausführlichen Gesetzestext des EEWärmeG verwiesen (http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/ee_waermeg.pdf).

⁵⁰ Hocheffizient nach Richtlinie 2004/8/EG.

Die objektbezogene KWK im Kontext von Neubauten spielt als EEWärmeG-Ersatzmaßnahme und auch generell bislang nur eine sehr untergeordnete Rolle. Im Zeitraum 2009 bis 2011 wurden max. 420 KWK-Anlagen (BHKW) pro Jahr als Ersatzmaßnahme installiert. Bezogen auf den in der Periode jahresdurchschnittlichen EE-WärmeG-pflichtigen Wohn- und Nichtwohngebäude-neubauumfang (ca. 125.000) sind das etwa 0,35 % KWK-Anlagen pro Gebäude (BMU 2012b).

Untersuchungen zu den Energieträgern/Heizungstechnologien in neu errichteten Wohn- und Nichtwohngebäuden (u. a. die amtlichen Bautätigkeitsstatistiken) zeigen, dass im Zeitraum 2009 bis 2011 etwa 6 % der Wohngebäude- und ca. 11 % der Nichtwohngebäudeerrichtungen Nah- und Fernwärme als Energieträger nutzten (vgl. Abbildung 5-4). Da es sich dabei um eher größere Gebäude handelt, liegt der Anteil bei den neuerrichteten Wohnungen bzw. dem umbauten Raum jedoch höher. Aufgrund der Tatsache, dass netzgebundene Wärme nur eingeschränkt verfügbar ist, lassen diese Angaben aber keine weitergehenden Aussagen hinsichtlich der Attraktivität dieser Ersatzmaßnahme zu. Generell ist jedoch einzuschätzen, dass die Wärmenetzversorgung in Gebieten mit entsprechenden Anschlussmöglichkeiten aufgrund der Wirtschaftlichkeit und auch der Regelungen der EnEV eine lukrative Alternative zur (anteiligen) Versorgung mit erneuerbaren Energien darstellen sollte. Durch das vergleichsweise geringe Neubauvolumen und die vielfach nicht vorhandenen Fernwärmeversorgungsmöglichkeiten hat das EEWärmeG im deutschlandweiten Maßstab jedoch nur eine eingeschränkte Bedeutung für den Ausbau der netzgebundenen Wärmeversorgung und damit für die KWK-Stromerzeugung.

9.10 Mini-KWK-Investitionsförderung

Am 17.1.2012 traten die „Richtlinien zur Förderung von KWK-Anlagen bis 20 kW_{el}“ des BMU in Kraft. Anträge auf Förderung konnten ab dem 1.4.2012 eingereicht werden. Zuvor war bereits Mitte 2008 - Mitte 2009 eine „Richtlinie zur Förderung von Mini-KWK-Anlagen“ des BMU in Kraft, in welcher Anlagen bis 50 kW_{el} förderfähig waren. In der BMU-Förderrichtlinie 2012 wird die Förderung auf die Neuerrichtung von KWK-Anlagen bis 20 kW_{el} in Bestandsbauten beschränkt. Im Gegensatz zur 2009er Richtlinie werden stromgeführte Anlagen nicht mehr ausgeschlossen.

Für eine Förderung müssen folgende Anforderungen erfüllt werden:

- Leistungsbereich bis einschließlich 20 kW_{el}
- Übertreffen der EU-Richtlinie für KWK-Kleinstanlagen:
 - mind. 15 % Primärenergieeinsparung bei Anlagen kleiner 10 kW_{el}
 - mind. 20 % Primärenergieeinsparung bei Anlagen 10-20 kW_{el}
 - mind. 85 % Jahresnutzungsgrad
- Vollwartungsvertrag
- Integrierter Energiezähler zur Bestimmung der Strom- und Wärmeerzeugung im KWK-Prozess
- Analoge Einhaltung der jeweils gültigen TA-Luft

- Kein Einsatz in Gebieten mit einem Anschluss- und Benutzungsgebot für Fernwärme
- Weitere Bestimmungen betreffen Mindestgrößen integrierter Wärmespeicher, Details zur Steuerung und Regelung für eine wärme- und stromgeführte Betriebsweise, eine Schnittstelle für externe Leistungsvorgabe, den hydraulischen Abgleich im Heizungssystem sowie die Energieeffizienz der eingesetzten Umwälzpumpen.

Die Fördersätze sind in Tabelle 9-4 dargestellt, sie sinken ab dem 01.01.2014 (Antragseingang) jährlich um 5 %. Für die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit in Kapitel 8.3 sind die sich aus den Fördersätzen ergebenden Zuschüsse in Tabelle 8-4 für einzelne Beispielsanlagen berechnet worden.

Tabelle 9-4 Fördersätze für Mini-KWK-Anlagen (BMU-Richtlinie 2012)

Leistung Min [kW _{el}]	Leistung Max. [kW _{el}]	Förderbetrag in Euro je kW _{el} kumuliert über die Leistungsstufen
> 0	<= 1	1.500
> 1	<= 4	300
> 4	<= 10	100
> 10	<= 20	50

Quelle: BMU (2012c).

Für das Impulsprogramm zur Förderung von Mini-KWK-Anlagen stehen im Jahr 2012 Haushaltsmittel in Höhe von 10 Mio. Euro zur Verfügung. Für das Jahr 2013 wird von einem geschätzten Mittelbedarf in Höhe von 20 Mio. Euro ausgegangen⁵¹.

Vom 1.4.2012 bis 15.8.2012 waren 2095 Förderanträge eingegangen, bis Ende August sind bereits 1196 Zuwendungsbescheide an die Antragsteller ergangen. In etwa 5 Prozent aller Fälle (101 Anträge) wurden die Anträge abschlägig beschieden.⁵¹

Neben dem BMU bieten auch eine Vielzahl der Bundesländer Förderprogramme für Mini-KWK-Anlagen/BHKW an. Die genauen Förderbedingungen (Größenklassen, zulässige (erneuerbare) Brennstoffe, Fördersätze etc.) variieren stark. Die Kumulierbarkeit mit anderen Förderinstrumenten ist üblicherweise begrenzt. In Reaktion auf die 2012er BMU-Förderrichtlinien haben einige Bundesländer ihre eigenen Förderprogramme zurückgefahren bzw. auf die vom BMU nicht adressierte Größenklasse 20-50 kW_{el} beschränkt.⁵²

⁵¹ Quelle: Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Oliver Krischer, Hans-Josef Fell, Bärbel Höhn, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN; BT-Drs 17/10476 (Kleine Anfrage) ; BT-Drs 17/10581 (Antwort)

⁵² Beispiele sind Baden-Württemberg und Sachsen, vgl. http://www.bhkw-infozentrum.de/statement/bundeslaender_reduzieren_kwk-foerderungen.html

9.11 Markanreizprogramm für Erneuerbare Energien (MAP)

Der Zuwendungszweck des Förderprogramms begründet sich in dem Ziel, dass angesichts der begrenzten Verfügbarkeit fossiler Energieressourcen sowie aus Gründen des Umwelt- und Klimaschutzes, mit dem Ausbau des Anteils erneuerbarer Energien im Wärmeenergiemarkt eine zukunftsfähige und nachhaltige Energieversorgung geschaffen werden soll. Das Programm soll Investitionsanreize zum „Absatz von Technologien der erneuerbaren Energien im Wärmemarkt und so zur Senkung deren Kosten und zur Verbesserung von deren Wirtschaftlichkeit“ beitragen. Erfolgen soll dies „im Wege der Projektförderung durch Investitionszuschüsse und im Rahmen des KfW-Programms Erneuerbare Energien durch Zinsverbilligungen und über Tilgungszuschüsse“.

In diesem Rahmen werden neben vielen anderen EE-Technologien auch Technologien mit KWK-Bezug gefördert:

- Biomassefeuerungsanlagen über 100 kW bis 2.000 kW zur KWK-Nutzung,
- Tiefengeothermieanlagen zur KWK-Nutzung
- Biogasleitungen zur Versorgung von BHKWs
- Nahwärmenetze für Wärme aus erneuerbaren Energien und große Wärmespeicher für Wärme aus erneuerbaren Energien (sofern diese nicht nach KWK-G förderfähig sind)

Die Förderung wirkt über zinsgünstige Kredite ohne Eigenkapitalquote und zusätzliche Tilgungszuschüsse: Die Förderrichtlinien des MAP werden alljährlich an die Marktentwicklung angepasst, so sind z.B. in diesem Jahr ab August 2012 die Zuschüsse für Solaranlagen (thermisch), Biomasseanlagen und Wärmepumpen in 1- und 2-Familienhäusern, in Mehrfamilienhäusern sowie in gewerblichen und öffentlichen Gebäuden deutlich erhöht worden. Bezüglich der Förderung der Wärmenetze wurde die Förderung auf nicht nach KWKG förderbare Netze eingeschränkt (vgl. Kapitel 6.2.2).

Für Biomasse-KWK-Anlagen beträgt der Tilgungszuschuss 40 Euro/kW. Bei Tiefengeothermieanlagen zur KWK-Nutzung werden Tiefbohrungen ab 400 m mit 375 Euro/m vertikaler Tiefe bezuschusst, ab 1000 m Tiefe mit 500 Euro/m, maximal 1,95 Mio. Euro. Zusätzlich können maximal 50 % des nachgewiesenen (und von der KfW im Rahmen eines bestimmten Bewertungsverfahrens akzeptierten) „Mehraufwands“ pro Bohrung, höchstens jedoch 50 % der ursprünglichen Plankosten und maximal 1,25 Mio. Euro pro Bohrung gefördert werden.

Bei Biogasleitungen (mindestens 300 m) für unaufbereitetes Biogas können bis zu 30 % der Investitionskosten gefördert werden, sofern das Biogas einer nach EEG 2012 förderfähigen KWK-Nutzung zugeführt wird.

Wärmenetze und Wärmespeicher für hohe Anteile von Wärme aus KWK-Anlagen, die nach dem KWKG gefördert werden können, erhalten keine Förderung aus dem MAP mehr. Für nicht nach KWKG § 5a förderfähige Netze beträgt der Tilgungszuschuss

60 Euro je m Trasse, mit einem Förderhöchstbetrag von 1.000.000 €, bei Einspeisung aus Tiefengeothermie 1.500.000 Euro.

Für förderfähige Wärmespeicher (ohne Anspruch auf Zuschlagszahlung gemäß KWKG gilt) ein Förderung von 250 Euro je m³ Speichervolumen für förderfähige große Wärmespeicher mit mehr als 10 m³ Wasservolumen. Die Förderung ist auf 30 % der für den Wärmespeicher nachgewiesenen Nettoinvestitionskosten beschränkt. Der maximale Tilgungszuschuss je Wärmespeicher beträgt 1 Mio. Euro.

Aus der Evaluierung des MAP für 2010⁵³ ist ersichtlich, dass der Löwenanteil dieser über die KfW vergebenen Zuschüsse in die Bereiche Nahwärmenetze und Tiefengeothermie floss, wobei allerdings der konkrete Anteil von Anlagen mit KWK-Bezug nicht beziffert werden kann.

9.12 EU-Richtlinien zu Ökodesign und Energieverbrauchskennzeichnung

Die Ökodesign-Richtlinie 2009/157/EG stellt Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energiebetriebener und energieverbrauchsrelevanter Produkte. Die Energieverbrauchskennzeichnungs-Richtlinie 2010/30/EU ermöglicht, für solche Produkte Anforderungen an die Kennzeichnung des Energieverbrauchs und der Energieeffizienz zu stellen. Beides geschieht mit Hilfe EU-Verordnungen, die direkt in den Mitgliedsstaaten gelten und keiner weiteren Umsetzung bedürfen.

Im Rahmen der Umsetzung der Ökodesign- und der Energieverbrauchskennzeichnungs-Richtlinie sind EU-Verordnungen für Heizkessel und Warmwasserbereiter geplant.

Im vorgesehenen Geltungsbereich einer für Sommer 2013 erwarteten Durchführungsverordnung zur Ökodesignrichtlinie liegen neben Öl- und Gas- Heizkesseln und Wärmepumpen, jeweils bis 400 kW Nennleistung, auch Blockheizkraftwerke bis 50 kW elektrischer Leistung, sowie deren Kombinationen mit (Puffer-) Speichern und solarthermischen Kollektoren. Die Energieeffizienz dieser Produkte und Produktkombinationen wird primärenergetisch bewertet. Für Blockheizkraftwerke kommt eine Methode, die der Stromgutschrift ähnelt, zum Einsatz. Die Energieeffizienz-Anforderungen sind für Blockheizkraftwerke von relativ geringer Bedeutung, sind jedoch, bspw. bei der Gestaltung von Förderprogrammen zu beachten. Darüber hinaus werden Anforderungen an die NO_x-Emissionen gestellt (voraussichtlich 240 mg/kWh bei gasbetriebenen BHKW und 420 mg/kWh bei ölbetriebenen BHKW, jeweils auf den Brennwert bezogen).

⁵³ Langniß, O.; Kohberg, T.; Wülbeck, H.-F. et al.: Evaluierung des Marktanzreizprogramms für erneuerbare Energien: Ergebnisse der Förderung für das Jahr 2010. http://www.erneuerbare-energien.de/erneuerbare_energien/downloads/doc/46978.php

Die Energieverbrauchskennzeichnung, die auch für den Sommer 2013 vorgesehen ist, bewertet alle Heiztechniken anhand einer gemeinsamen Skala auf Grundlage der primärenergetisch gewichteten Energieeffizienz. Es gilt die gleiche Methode wie bei der vorgesehenen Ökodesign-Verordnung. Da bei BHKW der erzeugte Strom gutgeschrieben wird, ist deren günstige Einstufung in die obersten Energieeffizienzklassen zu erwarten. Dadurch steht ein Hilfsmittel bereit, um die Energieeffizienz von BHKW den Verbrauchern einfach verständlich zu vermitteln.

9.13 Blauer Engel

Mit dem Blauen Engel Klein-Blockheizkraftwerke (RAL UZ 108) können kleine gasbeheizte Blockheizkraftwerke bis zu einer elektrischen Leistung von 50 kW gekennzeichnet werden, die den eingesetzten Brennstoff rationell nutzen und deutlich weniger Stickstoffoxide und Kohlenmonoxid emittieren als durchschnittliche BHKW.

Die Anforderungen des Blauen Engel (vgl. Tabelle 9-5) sind sowohl hinsichtlich der Energieeffizienz als auch bezüglich der Emissionen anspruchsvoller als die ab 2013 gemäß Ökodesign-Richtlinie (vgl. Kap. 9.12) vorgesehenen Anforderungen.

Tabelle 9-5 Vergabekriterien des Blauen Engel für gasbetriebene BHKW

Produkt	Rationelle Energienutzung			Emissionen		Sonstige Anforderungen	
	Geltungsbereich	Primärenergieeinsparung PEE	Energieeffizienzindex EEI	NO _x	CO		
BHKW Geräte und Einheiten für Erdgas und Flüssiggas	≤ 50kW _{el}	< 10kW: ≥ 15% ≥ 10 kW: ≥ 20%	≤ 0,27 bei integrierten Umwälzpumpen	interne Verbrennung 5% O ₂ interne Verbrennung 0% O ₂	≤ 40mg/kWh ≤ 125mg/Nm ³	≤ 20mg/kWh ≤ 150mg/Nm ³	* Richtlinienkonformität * Schallgutachten * Einstell- und Bedienungsanleitung * Umweltgerechte Produktgestaltung

Quelle: RAL-UZ 108 (2012).

10 Handlungsempfehlungen

In dem Forschungsvorhaben wurde die Ist- Situation der KWK-Erzeugung und der Wärmenetze sowie deren Förderung durch das KWKG detailliert analysiert. Außerdem wurde mit Hilfe einer Box-Plot Betrachtung verschiedener Studienergebnisse zu den Potenzialen der KWK, sowie einer anlagenscharfen Betrachtung des geplanten Zubaus, die mittel- und langfristige Entwicklung verglichen. Bei allem stand im Mittelpunkt, ob das im Integrierten Energie- und Klimaschutzprogramm der Bundesregierung (IEKP) formulierte und im KWKG 2012 (§ 1) nochmals bekräftigte Ziel, den Anteil an KWK-Strom an der Gesamtstromerzeugung von 12,5 auf 25 % bis zum Jahr 2020 zu erhöhen, erreichbar ist.

10.1 Derzeitige Situation der KWK

Die Ergebnisse der einzelnen Betrachtungen zeigten auf, dass die Installation von erheblichen zusätzlichen KWK-Leistungen zur Erreichung des KWK-Ziels erforderlich ist. Ein solch verstärkter Ausbau lässt sich derzeit nicht erkennen (s. Kapitel 7.3). Die Zwischenüberprüfung des KWKG 2009 (Prognos et al. 2011) kam zu einem vergleichbaren Ergebnis. Durch Betrachtungen der gesamten Palette der Förderinstrumente (insbesondere dem EEG und dem MAP) wurde gezeigt, dass das KWKG 2009 in Verbindung mit den anderen Förderinstrumenten nicht ausreichend gegriffen hat, um die Installation von KWK-Anlagen entsprechend verstärkt zu fördern.

Von den Forschungsnehmern wurden innerhalb der Projektlaufzeit regelmäßig Empfehlungen ausgesprochen und damit zu der im Sommer 2012 beschlossenen Novelle des KWKG wesentliche Beiträge geleistet. Dazu wurden auch zwei Workshops organisiert, konzipiert und durchgeführt. Die für die beiden KWK-Workshops vorbereiteten Präsentationen der Autoren stellten wesentliche Zwischenergebnisse des Forschungsvorhabens dar, ergänzt durch Einschätzungen zur Situation der KWK⁵⁴.

Wesentliche Ausgestaltungsmerkmale der KWKG-Novellen 2011 und 2012 wurden im Laufe des Projektes von den Autoren vorgeschlagen und quantitativ begründet. So wurde die Erweiterung des Förderzeitraums von 2016 auf 2020 und die Aufhebung der Begrenzung auf sechs bzw. vier Betriebsjahre empfohlen. Weitere Vorschläge zielten vor allem auf eine angemessene Erhöhung der Fördersätze, vor allem um die Auswirkung des Emissionshandelssystems und die gestiegenen Investitionskosten zu berücksichtigen. Um eine flexiblere und bedarfsangepasste Stromeinspeisung von KWK-Anlagen zu ermöglichen schlugen die Forschungsnehmer auch die Förderung von Wärme- und Kältespeichern vor und unterlegten diese mit Zahlen. Ebenso unterstützen sie die Einführung einer neuen Größenkategorie sowie den Vorschlag für die Verringe-

⁵⁴ Die Präsentationen der beiden Workshops, die am 16.November.2012 und am 02. April 2012 im BMU stattgefunden haben, sind unter <http://www.oeko.de/aktuelles/dok/1288.php> und <http://www.oeko.de/aktuelles/dok/1341.php>) verfügbar.

zung des administrativen Aufwands für kleine Anlagen. Von den Autoren wurden diese Punkte jeweils mit qualitativen und quantitativen Argumenten unterlegt, wobei sie parallel zu den Wirtschaftlichkeitsberechnungen auch ein Modell zur Ermittlung der KWKG-Fördersummen entwickelten.

Das KWKG 2012 entspricht damit in den zentralen Punkten den durch die Autoren gegebenen Empfehlungen. Auch die Änderung in der Novelle des EEG, in der die Vergütung von Biomasse-Strom an die gleichzeitige Erzeugung von Wärme gebunden wurde, entspricht der grundsätzlichen Empfehlung im Rahmen des Forschungsprojekts, Anreize zu setzen, Biomasse in jedem Fall so effizient wie möglich einzusetzen.

Trotz der mit der KWKG-Novelle verbundenen Verbesserungen der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für die KWK, lässt sich zum Jahresende 2012 noch kein deutlich verstärkter Ausbau an KWK-Anlagen feststellen (Bundestag 2012). Dieses ist jedoch auch der kurzen Zeitspanne seit Inkrafttreten der Novelle geschuldet, schließlich erfordert die Installation von KWK-Anlagen eine eingehende Planung und eine (je nach Größe) längere Bauphase. Es ist jedoch offensichtlich, dass die gegenwärtigen Zukunftserwartungen insbesondere in Bezug auf die Strompreise und die zunehmende Verdrängung der konventionellen Stromerzeugung nur geringe Investitionsanreize für den Bau von KWK-Anlagen setzen. Dies wird bestätigt durch die durchgeführten Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen (Kapitel 8). Dort wird herausgearbeitet, dass sich durch die KWKG-Novellen 2011 und 2012 die Situation insbesondere für KWK-Anlagen mit geringen Vollbenutzungsstunden zwar deutlich verbessert hat, letztendlich jedoch die Erlössituation durch die Strom- und Wärmeerzeugung im Verhältnis zu den Brennstoffpreisen sowie hohe Vollbenutzungsstunden entscheidend bleiben.

10.2 Zukünftige Rolle der KWK

Die KWK-Anlagen müssen ihren Platz im Energieversorgungssystem finden, das im Zuge der Energiewende, mit dem damit verbundenen deutlichen Ausbau des Anteils erneuerbaren Energien, vor einer erheblichen Umstrukturierung steht. Bislang beruht ein wichtiger Vorteil der fossilen KWK auf den niedrigen spezifischen CO₂-Emissionen der Stromerzeugung gegenüber den durchschnittlichen des Strommixes. Durch den zunehmenden Anteil erneuerbarer Energien im Strommix sinken diese jedoch sukzessive, so dass der Klimanutzen der Erdgas-KWK-Anlagen durch geringere CO₂-Emissionen in Zukunft deutlich abnehmen wird.

Ein noch neu zu erschließender, möglicher Vorteil von KWK-Anlagen könnte sich durch die gezielte Deckung der Residuallast ergeben, wenn die Stromerzeugung von KWK-Anlagen verstärkt auf die Zeiten verlegt wird, in denen eine Stromnachfrage vorliegt.

In naher Zukunft besteht ein dringender Bedarf an zur Deckung der Residuallast erforderlichen Kapazitäten – als Ersatz für Altanlagen und Kernkraftwerke. Generell erscheinen deshalb Anlagen mit der Möglichkeit eines flexiblen Einsatzes (besonders zum Ausgleich der Schwankungen durch PV- und Windstrom) erforderlich. Dezentrale KWK-Anlagen erscheinen dabei im Systemverbund (Wärmespeicher, Heizkessel oder

solarthermische Anlagen) geeignet, um einen Beitrag innerhalb des zukünftigen Stromsystems zu leisten.

Erforderlich dafür ist eine Abkehr vom rein wärmegeführten Betrieb der KWK-Anlage, hin zu einer bedarfsangepassten Stromeinspeisung bei effizienter Brennstoffnutzung durch gleichzeitige Wärmeerzeugung. Dafür ist eine zeitliche Entkopplung der Stromerzeugung vom Wärmebedarf erforderlich, die durch den oben erwähnten Systemverbund ermöglicht wird. Im Fall eines Überangebotes von Strom im Netz kann die Wärmeerzeugung durch den Einsatz von Spitzenkesseln oder solarthermischen Systemen gesichert werden, um negative Regelleistung durch die KWK-Anlage zur Verfügung zu stellen. Bei einem Strombedarf im Netz kann durch den Betrieb der KWK-Anlage auch über den momentanen Wärmebedarf hinaus, durch Wärmespeicher bzw. ggf. auch durch die ungenutzte Abfuhr der Wärme über das Dach, positive Regelleistung angeboten werden. Eine zusätzliche theoretische Möglichkeit ist die direkte Wärmeerzeugung durch Strom (Tauchsieder-Prinzip), im Fall eines Überangebotes von Strom aus erneuerbaren Energien.

Durch den flexiblen Einsatz könnten KWK-Anlagen ein wichtiges, sich den verändernden Nachfragen anpassendes Übergangselement darstellen. In diesem Zusammenhang ist interessant abzuschätzen, wie groß der Einfluss der flexiblen Fahrweise von KWK-Anlagen auf den Strommarkt durch das Angebot von positiver und negativer Regelleistung sein kann. In ersten modelltheoretischen Untersuchungen konnte bestätigt werden, dass durch flexible Fahrweise zu große Stromangebote durch erneuerbare Energien gesenkt werden können und so u.a. ein Beitrag zur Vermeidung negativer Strompreise geleistet werden kann (Öko-Institut 2012b).

Der Ausbau von Nah-Wärmenetzen ist sinnvoll, um Wärmesenken zu erschließen, die für den Betrieb von KWK-Anlagen erforderlich sind. Mit ihnen können effiziente Strukturen zur Deckung der Wärmenachfrage geschaffen werden. Die Einspeisung in die Wärmenetze kann jeweils mit dem aktuell best-verfügbaren und wirtschaftlichsten Energieträger erfolgen. Es ist jedoch darauf zu achten, dass die Wärmenetze ausreichend flexibel gestaltet werden, so dass sie den Stand des Wärmebedarfs nicht zementieren, sondern bei in Zukunft sinkender Nachfrage im angemessenen Rahmen durch Ausweitung oder Reduktion umgestaltet werden können.

10.3 Empfehlungen

Vor diesem Hintergrund der zukünftigen Rolle der KWK geht die Novelle des KWKG nicht nur durch die Anhebung der Fördersätze, sondern auch in Bezug auf die Unterstützung des flexibleren KWK-Anlagen-Einsatzes, in die richtige Richtung: Durch die Aufhebung der auf Betriebsjahre befristeten Förderung wird der flexible Betrieb von KWK-Anlagen nicht länger „bestraft“, außerdem gibt die Förderung von Wärme- und Kältenetzen sowie Speichern Anreize für die Schaffung von Systemverbänden.

Die Passfähigkeit der KWK-Anlagen in ein von erneuerbaren Energien dominiertes Stromsystem sollte in jedem Fall leitend für die weitere Förderung sein. Dabei ist fest-

zuhalten, dass der Vorteil der fossil betriebenen KWK in Zukunft vor allem im Angebot der Bereitstellung der Residuallast liegen wird (siehe auch Öko-Institut 2012b). Generell sollte die Förderung der KWK jedoch nicht zum Selbstzweck werden – die Effizienz der einzelnen Anlagen muss dabei stets im Vordergrund stehen. Das KWK-Prinzip ermöglicht eine effiziente Nutzung der Energie, ist aber kein Garant dafür: Deshalb sollte bei der Instrumentengestaltung u. a. die Entwicklung von KWK-Systemen beobachtet werden, die im Kondensationsbetrieb gefahren werden können (z. B. um verstärkt Regelleistung anzubieten). Eine Fördergenehmigung sollte unbedingt mit der Kontrolle der Wärmeperipherie verbunden werden, um den tatsächlich energieeffizienten Einsatz der KWK-Technologien sicher zu stellen. Der Anteil der Stromerzeugung von stromgeführten KWK-Anlagen (auch kleinen BHKW), deren Abwärme nicht direkt oder durch Speichersysteme genutzt wird, darf nicht unter die KWK-Förderung fallen. Diese muss sich ausschließlich auf die gekoppelte Erzeugung beziehen, um die effiziente Stromerzeugung und damit den Nutzen für den Klimaschutz zu honorieren.

Durch ein neu zu entwickelndes Instrument könnte die Bereitstellung von Regelleistung zusätzlich gefördert werden, da die Preise am Strommarkt keine ausreichenden Anreize für Investitionen in Regelleistung geben. Die Möglichkeiten für Instrumente zur Bereitstellung von Kapazitäten werden derzeit intensiv diskutiert (z.B. Matthes et al. 2012).

Bedeutend für die Förderung der KWK ist auch die Umsetzung der EU-Energieeffizienzrichtlinie in nationales Recht, die grundsätzlich eine weitergehende Förderung von KWK-Anlagen und Wärmenetzen ermöglichen könnte. Die Forderung nach konkreten Kosten-Nutzen-Analysen soll die regelmäßige, generelle Prüfung des KWK-Einsatzes vor jeder Investition in eine Anlage sicherstellen. Die Wirkung dieser Richtlinie ist in jedem Fall insbesondere abhängig von der Art der Umsetzung in nationales Recht.

In Hinblick auf die erheblichen förderpolitischen Turbulenzen in den letzten Jahren in Bezug auf die KWK (und die Vielzahl der Instrumente, die auf diese einen Einfluss haben), erscheint es erforderlich, dass die Förderung der KWK in den kommenden Jahren in jedem Fall verlässlich vorhersehbar zu erfolgen hat, damit Betreiber und Hersteller Vertrauen in die Förderbedingungen gewinnen und auch langfristige Planungen angehen können. Die bekannten Negativbeispiele durch das Absetzen der Mini-KWK-Förderung dürfen deshalb nicht wiederholt werden. Kontraproduktive Veränderungen der Rahmenbedingungen für die KWK (wie z.B. die diskutierte Abschaffung der VNNE) sollten vermieden werden.

Ab Mitte 2013, wenn die KWKG Novelle seit einem Jahr in Kraft sein wird, sollten bei den Antragszahlen erste Anzeichen einer Reaktion der Investoren auf die Novelle erkennbar sein. Diese müssen im Rahmen der nächste Zwischenüberprüfung des KWKG im Jahr 2014 u. a. detailliert analysiert werden. Innerhalb dieser Zwischenüberprüfung sollte ausgehend von diesen Ergebnisse insbesondere der Frage nachgegangen werden, ob das KWKG in der derzeitigen Ausgestaltung ausreicht, um die erforderlichen Investitionen in KWK-Anlagen auszulösen: Einerseits um die Erreichung des KWK-Ziels sicher zu stellen, andererseits aber auch unter dem Blickwinkel, ob die Möglich-

keiten zur Förderung der Bereitstellung von Kapazitäten zur Deckung der Residuallast ausreichend ausgeschöpft werden. Grundsätzlich ist zu hinterfragen, ob die bestehende Förderung die Entwicklung von KWK-Anlagen hin zur der oben beschriebenen neuen Rolle der KWK ausreichend begleitet und anregt.

Ergänzend dazu sollte in der Zwischenüberprüfung dezidiert die wirtschaftliche Situation in den verschiedenen Einsatzbereichen der KWK betrachtet werden. Es erscheint weiterhin erforderlich, in diesem Rahmen aufgrund der bestehenden Wechselwirkungen, auch die Entwicklung der biogenen KWK, insbesondere der Biomethan-BHKW, vergleichend zu betrachten und sich der Effizienz und dem Kriterium der Hocheffizienz verstärkt zu widmen, einem Aspekt, der in der aggregierten Betrachtung derzeit noch nicht ausreichend quantitativ unterlegt ist. Weiterer Untersuchungsbedarf wird ebenfalls bei der Frage zur Ausdehnung der Abnahmepflicht für KWK-Strom über die Förderdauer des KWKG hinaus, sowie hinsichtlich der Möglichkeit von Ausfallbürgschaften für Energieversorger, die KWK-Anlagen für Industrieunternehmen errichten, gesehen. Parallel zur Zwischenüberprüfung werden auch die Ergebnisse des Monitorings der Mini-KWK-Förderung vorliegen, so dass sich ein relativ komplettes Bild der Entwicklung der KWK-Landschaft durch die neuen (bzw. novellierten) Förderinstrumente ergeben wird.

Um die Entwicklung der KWK-Stromerzeugung regelmäßig mit dem Zielpfad vergleichen zu können, aber auch um einen genauen Überblick über die durch die KWK-Förderung erzielte Wirkung zu erlangen, ist eine jährliche, ausführliche Erhebung der KWK-Strom- und Wärmeerzeugung erforderlich. Solch eine Untersuchung fand in den letzten Jahren durch das KWK-Monitoring im Rahmen der KWK-Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und der deutschen Wirtschaft statt (Öko-Institut 2012a). Da für diese Untersuchung das Zieljahr 2010 im Mittelpunkt stand, ist mit dem letzten Bericht aus dem Jahr 2012 diese Reihe abgeschlossen, so dass nun eine neue Form gefunden werden muss, um die Entwicklung der KWK weiter zu verfolgen.

11 Literatur

- AGFW 2008: Hauptbericht der Fernwärmeversorgung 2008, VS 404006, Arbeitsgemeinschaft für Wärme und Heizkraftwirtschaft e.V. beim VDEW, Frankfurt (M)
- AGFW 2009: AGFW Hauptbericht zum Jahr 2009, abrufbar im Internet unter: <http://www.agfw.de/zahlen-und-statistiken/agfw-hauptbericht/>; Stand Oktober 2010
- BAFA 2011 und 2012: Persönliche Übermittlung der Daten zum KWKG.
- BDEW 2011: BDEW Grafiken: „Fernwärme mit steigenden Anteilen beim Neubau – Fernwärmestruktur“; abrufbar im Internet unter: http://www.bdew.de/internet.nsf/id/DE_Energiedaten; Stand Juli 2010
- BEI/DLR 2005: Bremer Energieinstitut, DLR Analyse des nationalen Potenzials für den Einsatz hocheffizienter KWK, einschließlich hocheffizienter Kleinst-KWK, unter Berücksichtigung der sich aus der EU-KWK-RL ergebenden Aspekte Potenzialabschätzung
- BET 2010: KWK und Fernwärmepakt 2025. Kurzgutachten. Optionen für den Ausbau der Fernwärmeerzeugung und KWK in Deutschland. Büro für Energiewirtschaft und technische Planung GmbH, Aachen.
- BET 2011b: Kurzstellungnahme Wechselwirkung KWKG/EEG. Im Auftrag des BMU. Aachen 12.05.2011
- Blesl 2007: KWK-Potenziale. Branchentreff „KWK“. Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER). Berlin, Januar 2007.
- Blesl, Markus 2010 (IER Stuttgart): Raumwärmebedarf und Fernwärmepotenzial der Haushalte in Deutschland bis 2050, in: et Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 60. Jahrgang, Heft 8 (2010), S. 40–43, Hrsg. ETV GmbH, Essen.
- BMELV 2009: Berichterstattung zum Vollzug der GAK. <http://www.bmelv-statistik.de/de/laendl-entwicklung-und-direktzahlung/berichterstattung-2009/>
- BMELV 2010: Berichterstattung zum Vollzug der GAK. <http://www.bmelv-statistik.de/de/laendl-entwicklung-und-direktzahlung/berichterstattung-2010/>
- BMU 2009: Erneuerbare Energie in Deutschland 1990-2007. Berlin, November 2009.
- BMU 2010b: Ergänzende Untersuchungen und vertiefende Analysen zum EEWärme G. FKZ 30327675A; Berlin; Dezember 2010
- BMU 2011: Evaluierung des Marktanreizprogramms für erneuerbare Energien: Ergebnisse der Förderung für das Jahr 2010 - Auszug aus dem Gutachten „Evaluierung von Einzelmaßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt (Marktanreizprogramm) für den Zeitraum 2009 bis 2011“; Ausarbeitung im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; Fichtner, DLR, ifeu, GFZ, SWT; http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/evaluation_map_2010.pdf

- BMU 2012a: Erneuerbare Energien in Zahlen. Berlin, Juli 2012.
- BMU 2012b: Erfahrungsbericht zum Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG-Erfahrungsbericht) gemäß § 18 EEWärmeG vorzulegen dem Deutschen Bundestag durch die Bundesregierung, 19. Dezember 2012.
- BMU 2012c: Richtlinie zur Förderung von KWK-Anlagen bis 20 kW_{el}.
- BMWi 2012: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie: „Energiedaten – Zahlen und Fakten, nationale und internationale Entwicklung“; abrufbar im Internet unter: <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/Binaer/energie-daten-gesamt,property=blob,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.xls>; Stand 02.11.2012.
- Bundesregierung 2012: Richtlinie zur Förderung von KWK-Anlagen bis 20 kW_{el}.
- Bundestag 2012: Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Oliver Krischer, Hans-Josef Fell, Bärbel Höhn, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN; BT-Drs 17/10476 (Kleine Anfrage); BT-Drs 17/10581 (Antwort).
- dena 2008: Kurzanalyse der Kraftwerks- und Netzplanung in Deutschland bis 2020 (mit Ausblick auf 2030). Annahmen, Ergebnisse und Schlussfolgerungen. Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena). Berlin, April 2008.
- Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) et al. 2007: Ermittlung der Potenziale für die Anwendung der Kraft-Wärme-Kopplung und der erzielbaren Minderung der CO₂-Emissionen einschließlich Bewertung der Kosten (Verstärkte Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung). Climate Change 10/07. Bericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben FKZ 202 41 182. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Öko-Institut, Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft (VIK).
- Destatis 2010: „Kraft-Wärme-Kopplung 2003 bis 2008“; Bayer, W.; in Wirtschaft und Statistik 5/2010 herausgegeben durch das Statistische Bundesamt im Mai 2010
- StromStV 2011: Verordnung zur Durchführung des Stromsteuergesetzes (Stromsteuer-Durchführungsverordnung). Ausfertigungsdatum 31.05.2000. Stand: 20.09.2011.
- EU 2012: Richtlinie 2012/27/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Oktober 2012 zur Energieeffizienz, zur Änderung der Richtlinien 2009/125/EG und 2010/30/EU und zur Aufhebung der Richtlinien 2004/8/EG und 2006/32/EG, Amtsblatt der Europäischen Union L 315/1 vom 14.11.2012
- EWI et al. 2010: Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung. Projekt 12/10. Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln (EWI), Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung mbH (GWS), Prognos AG, Köln, Osnabrück, Basel, August 2010.

- FfE 2009: Energiezukunft 2050. Endbericht der Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FfE) in Zusammenarbeit mit dem ifo Institut für Wirtschaftsforschung. München, Oktober 2009.
- Gores, S., Emele, L. 2012: „Graue Wolken nach einem guten Jahr“; Artikel in der Zeitschrift *Energie + Management* 23-24/12 vom 15.12.2012. http://www.oeko.de/publikationen/buecher_fachartikel/dok/1302.php?id=&dokid=1622&anzeige=det&ITitel1=&IAutor1=&ISchlagw1=&sortieren=&dokid=1622
- Greenpeace 2008: Sicherheit der Stromversorgung in Deutschland. Stellungnahme zur Dena-Kurzstudie „Kraftwerks- und Netzplanung in Deutschland bis 2020“. Hamburg, September 2008.
- Hoymeyer, Olav 2010: 2050. Die Zukunft der Energie. Der Weg in das regenerative Zeitalter und die Folgen einer Laufzeitverlängerung von Kernkraftwerken auf den Ausbau erneuerbarer Energien und dezentraler Mikro-Blockheizkraftwerke. Universität Flensburg. Flensburg, August 2010.
- Institut für Energetik und Umwelt (IE) + Prognos 2006: Auswirkungen der Änderungen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes hinsichtlich des Gesamtvolumens der Förderung, der Belastung der Verbraucher sowie der Lenkungswirkung der Fördersätze für die einzelnen Energiearten. Endbericht für das BMWi. Leipzig 2006.
- Institut für Energetik und Umwelt (IE) 2004: Wärmegewinnung aus Biomasse. Anlagenband zur Projektnummer 17/02 für das BM für Wirtschaft und Arbeit, Leipzig, April 2004
- KOM 2011: Europäische Kommission; Commission decision of 27 April 2011 determining transitional Union-wide rules for harmonised free allocation of emission allowances pursuant to Article 10a of Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council; (2011/278/EU)
- Lichtblick 2010: SchwarmStrom – die Energie der Zukunft. Lichtblick. Hamburg, Oktober 2010.
- Matthes, Felix Chr., Hans-J. Ziesing 2011: Wirtschaftlichkeit von Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen. Studie für den Verband kommunaler Unternehmen e.V. (VKU), 3 Bände. Januar 2011.
- Matthes, Felix Chr. 2011: Förderung der Wirtschaftlichkeit von Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen - Fortführung und Neu-Akzentuierung. Thesen und Hintergrunddaten für die Diskussion. Präsentation vom BMU/UBA-Workshop am 16.11.2011. <http://www.oeko.de/oekodoc/1297/2011-422-de.pdf>
- Matthes, F. Chr. Et al.: „Ein neues Marktdesign für den Übergang zu einem neuen Energiesystem“. Matthes, F., Schlemmermeier, B., Diermann, C., Hermann, H., v. Hammerstein, C. Für die Umweltstiftung WWF Deutschland. Berlin, Oktober 2012. <http://www.oeko.de/files/forschungsergebnisse/application/octet-stream/download.php?id=1586>

- Nitsch 2009 DLR, Ifne, IWES Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global Szenario (EE zielorientiert)
- Nitsch 2010 Nitsch, Ifne, DLR, IWES: Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global („Leitstudie 2010“). FKZ: 03MAP146. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES), Ingenieurbüro für neue Energien (IfNE). Stuttgart, Kassel, Teltow, Dezember 2010.
- Nitsch 2012 Nitsch, Ifne, DLR, IWES: Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global („Leitstudie 2011“). FKZ: 03MAP146. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES), Ingenieurbüro für neue Energien (IfNE). Stuttgart, Kassel, Teltow, März 2012.
- Öko-Institut 2007: Verstärkte Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung
- Öko-Institut 2010: Der Instrumentenmix einer ambitionierten Klimapolitik im Spannungsfeld von Emissionshandel und anderen Instrumenten. Bericht für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin, Mai 2010.
- Öko-Institut et al. 2009: Politikszenerarien V – auf dem Weg zum Strukturwandel. Bericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben FKZ 306 16 025 für das Umweltbundesamt (UBA), Berlin. Öko-Institut, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Forschungszentrum Jülich, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (FhG-ISI), Dr. Ziesing.
- Öko-Institut 2011: Monitoring der Kraft-Wärme-Kopplungs-Vereinbarung vom 19.Dezember 2003 für den Teilbereich Kraft-Wärme-Kopplung. Berichtszeitraum 2009. Dritter Bericht. Berlin, Juni 2011.
- Öko-Institut 2012a: Monitoring der Kraft-Wärme-Kopplungs-Vereinbarung vom 19.Dezember 2003 für den Teilbereich Kraft-Wärme-Kopplung. Berichtszeitraum 2010. Vierter und letzter Bericht. Berlin, Juni 2012.
- Öko-Institut 2012b: Perspektiven der Kraft-Wärme-Kopplung im Rahmen der Energiewende. Bericht für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin, August 2012.
- Öko-Institut, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (FhG-ISI), Dr. H.-J. Ziesing 2010: Energieeffizienz in Zahlen. Endbericht zum F+E-Vorhaben FKZ 3708 41 121 für das Umweltbundesamt (UBA), Berlin, Juni 2010.
- Prognos, EWI, GWS 2010: Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung. Prognos AG Basel, EWI Köln und GW Osnabrück. Im Auftrag des BMWi, Berlin, 2010.

- Prognos, BEA (Berliner Energieagentur) 2011: Zwischenüberprüfung zum Gesetz zur Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung; Berlin, Basel 2011.
- Richardson, K., Steffen, W., Schellnhuber, H.J., Alcamo, J., Barker, T., Kammen, D.M., Leemans, R., Liverman, D., Munasinghe, M., Osman-Elasha, B., Stern, N., Wæver, O. (2009): Climate Change. Global Risks, Challenges & Decisions. Synthesis Report. University of Copenhagen, Copenhagen.
- Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) 2011: Wege zur 100 % erneuerbaren Stromversorgung. Sondergutachten. Sachverständigenrat für Umweltfragen. Berlin, Januar 2011.
- Statistisches Bundesamt (StBA) 2012a: Monatsberichte über die Elektrizitätsversorgung 2002-2009, Erhebung 066.
- Statistisches Bundesamt (StBA) 2012b: Fachserie 4 Reihe 6.4. Produzierendes Gewerbe. Stromerzeugungsanlagen der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden. Erhebung 067.
- Statistisches Bundesamt (StBA) 2010c: Qualitätsbericht - Erhebung über die Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung der Stromerzeugungsanlagen für die allgemeine Versorgung.
- Statistisches Bundesamt (StBA) 2010d: Qualitätsbericht - Erhebung über die Stromerzeugungsanlagen der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden.
- Thrän et al. 2011: „Vorbereitung und Begleitung der Erstellung des Erfahrungsberichtes 2011 gemäß § 65 EEG - Vorhaben IIa – Biomasse“. DBFZ, Leipzig. Juni 2011
- Umweltbundesamt (UBA) 2007a: Potenziale von Nah- und Fernwärmenetzen für den Klimaschutz bis zum Jahr 2020; Fishedick et al.
- Umweltbundesamt (UBA) 2007b: Nachhaltige Wärmeversorgung. Sachstandsbericht. Climate Change 03/07. Strohschein et al.; Umweltbundesamt, Dessau, März 2007
- Umweltbundesamt (UBA) 2007c: „Ermittlung der Potenziale für die Anwendung der Kraft-Wärme-Kopplung und der erzielbaren Minderung der CO₂-Emissionen einschließlich Bewertung der Kosten“; Umweltbundesamt, Dessau 2007
- Umweltbundesamt (UBA) 2009b: Klimaschutz und Versorgungssicherheit Entwicklung einer nachhaltigen Stromversorgung; Klaus et al.
- Umweltbundesamt (UBA) 2010: UBA-Kraftwerksdatenbank, Stand xxx
- Umweltbundesamt (UBA) 2009: Klimaschutz und Versorgungssicherheit. Entwicklung einer nachhaltigen Stromversorgung. Climate Change 13/2009. Umweltbundesamt. Dessau, September 2009.
- UFOPLAN 2010: UFOPLAN Vorhaben 205 41 104; Anforderungen an Nah- und Fernwärmenetze sowie Strategien für Marktakteure in Hinblick auf die Erreichung der Klimaschutzziele der Bundesregierung bis zum Jahr 2020, Endbericht, Dezember

2006, Wuppertal Institut für Klima Umwelt Energie GmbH, DLR-Institut für Technische Thermodynamik Stuttgart, Institut für Energetik und Umwelt Leipzig

WWF 2009: Modell Deutschland. Klimaschutz bis 2050: Vom Ziel her denken. Bericht für die WWF Umweltstiftung Deutschland. Prognos, Öko-Institut, Dr. Ziesing. Basel/Berlin, 15.10.2009.

Ziesing, Hans-J. 2008: KWK-Potentiale in Deutschland und ihre Erschließung. Von Hans-Joachim Ziesing. In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen 58 (2008), 3, S. 50-59

ZuG 2012: Gesetz über den nationalen Zuteilungsplan für Treibhausgas-Zuteilungsberechtigungen in der Zuteilungsperiode 2008 bis 2012 vom 07.08.2007.