

Aktueller Stand der KWK-Erzeugung (September 2014)

Im Auftrag des Bundesministerium für Wirtschaft und
Energie

Berlin, 01.10.2014

Autorinnen und Autoren

Sabine Gores
Lukas Emele
Hannah Förster
Jens Gröger
Ralph Harthan
Wolfram Jörß
Felix Matthes
Carina Zell

Öko-Institut e.V.

Hans-Joachim Ziesing

Geschäftsstelle Freiburg

Postfach 17 71
79017 Freiburg

Hausadresse

Merzhauser Straße 173
79100 Freiburg
Telefon +49 761 45295-0

Büro Berlin

Schicklerstraße 5-7
10179 Berlin
Telefon +49 30 405085-0

Büro Darmstadt

Rheinstraße 95
64295 Darmstadt
Telefon +49 6151 8191-0

info@oeko.de
www.oeko.de

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis	6
Abkürzungsverzeichnis	8
1 Einleitung	9
2 KWK-Strom- und Wärmeerzeugung 2003-2012	10
2.1 Überblick	10
2.2 Nach Energieträgern	11
2.3 Nach Anlagenart	17
3 KWK im Energiesystem	18
3.1 KWK-Anteile	18
3.2 KWK-Leistung im Jahr 2012	19
3.2.1 Anlagenscharfe Schätzung auf Basis der UBA-Datenbank	20
3.2.2 Zubau an BHKW basierend auf der BHKW-Umfrage des Öko-Instituts	21
3.3 KWK-Eigenerzeugung	22
4 Förderung nach dem KWKG	24
4.1 KWK-Anlagen	24
4.2 Netze und Speicher	30
4.2.1 Wärme- und Kältenetze	30
4.2.2 Wärme- und Kältespeicher	35
4.3 Jährliche Fördersummen nach KWKG	39
5 Ermittlung der eingesparten CO₂-Emissionen	42
5.1 Methodik	42
5.2 Ergebnisse	43
Literaturverzeichnis	45
Anhang	47
6 Datengrundlage und Methodik zur Ermittlung der Strom- und Wärmeerzeugung	47
6.1 KWK-Anlagen der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft (Statistische Erhebungen 066 und 067)	47
6.2 (Fossile) BHKW kleiner 1 MW _{el}	51
6.3 Biogene KWK außerhalb der statistischen Erhebungen 066+067	53
7 Methodik zur Ermittlung der KWK-Leistung	54

8	Methodik zur Ermittlung der eingesparten CO₂-Emissionen	60
8.1	Wärme-Referenzsystem	60
8.2	Strom-Referenzsystem	61
8.3	CO ₂ -Emissionen der Referenzsysteme und der KWK-Erzeugung	62

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1:	Absolute Aufteilung der Energieträger an der KWK-Nettostromerzeugung	13
Abbildung 2-2:	Prozentuale Aufteilung der Energieträger an der KWK-Nettostromerzeugung	14
Abbildung 2-3:	Absolute Aufteilung der Energieträger an der KWK-Wärmeerzeugung	16
Abbildung 2-4:	Prozentuale Aufteilung der Energieträger an der KWK-Wärmeerzeugung	16
Abbildung 3-1:	Übersicht über die Entwicklung des Anteils der KWK an der gesamten Netto-Stromerzeugung	19
Abbildung 3-2:	Entwicklung der abgesetzten fossilen BHKW-Leistung in Deutschland nach Größenklassen	21
Abbildung 4-1:	KWK-Förderung zugelassene Anlagen nach Inbetriebnahmejahr	28
Abbildung 4-2:	Zur KWK-Förderung zugelassene Anlagen >50 kW _{el} nach Inbetriebnahmejahr	30
Abbildung 4-3:	Nach KWKG geförderte Wärmenetze inklusive offener Anträge nach Klassen des mittleren Nenndurchmessers	34
Abbildung 4-4:	Nach KWKG geförderte Wärmenetze inklusive offener Anträge nach Maßnahmenart	35
Abbildung 4-5:	Anzahl der nach KWKG geförderten Wärmespeicher inklusive offener Anträge nach Größenklassen	38
Abbildung 4-6:	Speichervolumen der nach KWKG geförderten Wärmespeicher inklusive offener Anträge nach Größenklassen	38
Abbildung 4-7:	Speichervolumen der nach KWKG geförderten Speicher inklusive offener Anträge nach Verwendungszweck	39
Abbildung 6-1:	Energieträger-Anteile der KWK-Nettostromerzeugung der AV (Erhebung 066), absolut	49
Abbildung 6-2:	Energieträger-Anteile der KWK-Nettostromerzeugung der AV (Erhebung 066), prozentual	49
Abbildung 6-3:	Energieträger-Anteile in der industriellen Kraftwirtschaft, absolut	50
Abbildung 6-4:	Energieträger-Anteile in der industriellen Kraftwirtschaft, prozentual	50
Abbildung 6-5:	Gesamtleistung BHKW-Bestand	52
Abbildung 7-1:	KWK-Leistung nach Anlagenart für allgemeine Versorgung (im Vergleich zu anlagenscharfen Daten)	55
Abbildung 7-2:	KWK-Leistung nach Anlagenart für allgemeine Versorgung (im Vergleich zur KWK-Stromerzeugung)	56
Abbildung 7-3:	KWK-Leistung nach Anlagenart für industrielle Kraftwirtschaft (im Vergleich zur KWK-Stromerzeugung)	57

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Gesamte KWK-Nettostromerzeugung	10
Tabelle 2-2:	Gesamte KWK-Nettowärmeerzeugung	11
Tabelle 2-3:	KWK-Nettostromerzeugung nach Energieträgern	12
Tabelle 2-4:	KWK-Wärmeerzeugung nach Energieträgern	15
Tabelle 2-5:	KWK-Nettostromerzeugung nach Anlagenart	17
Tabelle 3-1:	Gesamter KWK-Anteil an der Brutto- und Nettostromerzeugung	18
Tabelle 3-2:	Zusammenfassung der elektrischen Leistungen nach Inbetriebnahmejahren	20
Tabelle 3-3:	Zubau und Bestand von fossilen BHKW 2003-2012 nach der BHKW-Datenbank	22
Tabelle 3-4:	KWK-Eigenerzeugung	23
Tabelle 4-1:	Im Rahmen des KWKG zugelassene KWK-Anlagen nach Netto-Leistungsklassen und Inbetriebnahmejahr	26
Tabelle 4-2:	Im Rahmen des KWKG zugelassene KWK-Anlagen nach Kategorie und Inbetriebnahmejahr	27
Tabelle 4-3:	Im Rahmen des KWKG zugelassene modernisierte KWK-Anlagen nach Klassen der Neuerrichtungskosten und Inbetriebnahmejahr	29
Tabelle 4-4:	Anzahl und Trassenlänge bewilligter Wärmenetze nach Klassen des mittleren Nenndurchmessers und Inbetriebnahmejahren	32
Tabelle 4-5:	Anzahl und Trassenlänge bewilligter Wärmenetze nach Maßnahmenart und Inbetriebnahmejahren	33
Tabelle 4-6:	Anzahl und Speichervolumen bewilligter Wärme- und Kältespeicher nach Größenklassen und Inbetriebnahmejahren	36
Tabelle 4-7:	Anzahl und Speichervolumen bewilligter Wärme- und Kältespeicher nach Verwendungszweck und Inbetriebnahmejahren	37
Tabelle 4-8:	Auszahlungen der Stromnetzbetreiber im Rahmen des KWKG, 2009 - 2012	40
Tabelle 4-9:	Förderungsbeträge für Netze und Speicher	41
Tabelle 5-1:	Emissionen der Referenzsysteme für die Berechnung der CO ₂ -Einsparung im Jahr 2012 und 2020	43
Tabelle 5-2:	CO ₂ -Einsparungen durch KWK-Erzeugung im Jahr 2012	43
Tabelle 6-1:	KWK-Nettostromerzeugung und Gesamtnettostromerzeugung der AV und IKW, KWK-Anteile	48
Tabelle 6-2:	Kennzahlen der AV und IKW	51
Tabelle 6-3:	Fossile BHKW unter 1 MW	53
Tabelle 7-1:	KWK-Netto-Leistung im Jahr 2012	58
Tabelle 7-2:	KWK-Leistung nach Energieträgern	59
Tabelle 8-1:	Zusammengefasste Wärme-Anwendungsbilanz für Industrie, private Haushalte und GHD (2011)	60
Tabelle 8-2:	Emissionsfaktoren – Anwendungsbilanz	61
Tabelle 8-3:	Prozentsätze der flexiblen KWK-Stromerzeugung nach Berichtskreisen	62

Tabelle 8-4: CO₂-Emissionen der KWK-Strom- und Wärme-Erzeugung

63

Abkürzungsverzeichnis

AGEE-Stat	Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik
AMS (2012)	Aktuelle-Maßnahmen-Szenario (2012) im Projekt „Klimaschutzszenarien 2050“
AV	Allgemeine Versorgung
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft
BHKW	Blockheizkraftwerk
DT	Dampfturbine
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare Energien Gesetz
EF	Emissionsfaktor
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
GT	Gasturbine
GuD	Gas- und Dampfturbinen-Anlage
HH	Haushalte
HKW	Heizkraftwerk
IKW	Industrielle Kraftwirtschaft
kW _{el}	Kilowatt elektrisch
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWKG	KWK-Gesetz
StBA	Statistisches Bundesamt
TWh	Terawattstunde
ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber
VIK	Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft
W _{el} / Wh _{el}	Watt / Wattstunde elektrisch
W _{th} / Wh _{th}	Watt / Wattstunde thermisch
ZSE	Zentrales System der Emissionserfassung

1 Einleitung

Bei diesem Bericht handelt es sich um einen Auszug aus dem zweiten Zwischenbericht des Projektes „Klimaschutz und KWK – aktuelle Entwicklungen im Kontext der wirtschaftlichen Randbedingungen und des technologischen Fortschritts“. Dieses Projekt wurde in den ersten Monaten gefördert durch das BMUB mit dem Förderkennzeichen (UM13 46 168), seit Mai 2014 wird das Projekt durch das BMWi geleitet.

Dieser Bericht hat zum Ziel, den derzeitigen Wissensstand zur aktuellen Lage der KWK-Strom- und Wärmeerzeugung in Deutschland als Ausgangspunkt für weitere Arbeiten darzustellen.

Aufbauend auf der Methodik des KWK-Monitorings wird dabei von einem Gesamtgerüst der KWK-Erzeugung ausgegangen, das folgende vier Bereiche umfasst:

- Die allgemeine Versorgung nach StBA 066
- Die industrielle Kraftwirtschaft nach StBA 067
- Fossile BHKW unter 1 MW
- Biogene KWK-Anlagen außerhalb der Erfassung der Tabellen 066 und 067.

Dafür wird im ersten Abschnitt (Kapitel 2) die KWK-Erzeugung in den Jahren 2003 bis 2012 nach Energieträgern und nach Anlagenarten beleuchtet. Anschließend wird in Kapitel 3 die KWK-Erzeugung ins Verhältnis zum Energiesystem gesetzt, wobei die KWK-Anteile, die KWK-Leistung und die Eigenerzeugung im Zeitverlauf dargestellt werden. In Kapitel 4 wird die erfolgte Förderung durch das KWKG ausgewiesen. Zuletzt wird in Kapitel 5 beschrieben, wie hoch die Einsparung von CO₂-Emissionen durch die Nutzung der KWK ist und wie diese berechnet wird.

Im Anhang (Abschnitte 6, 7 und 8) sind weitere methodische Ausführungen zur Ermittlung der Strom- und Wärmeerzeugung, der KWK-Leistung sowie der CO₂-Einsparung zu finden.

2 KWK-Strom- und Wärmeerzeugung 2003-2012

Aufbauend auf der Methodik des KWK-Monitorings (Öko-Institut 2009-2012) wird im Folgenden die KWK-Erzeugung getrennt in vier Erfassungsbereichen dargestellt. Detaillierte Erläuterungen zur Methodik sind im Anhang (Kapitel 6) zu finden. Im Gegensatz zum KWK-Monitoring werden für die biogene KWK-Erzeugung außerhalb der Erfassung der Tabellen 066 und 067 die Ergebnisse des ZSW im Rahmen der Arbeiten der AGEE-Stat übernommen, um die Datenlage zu vereinheitlichen.

2.1 Überblick

Im Folgenden sind die Tabellen aufgeführt, die die einzelnen Bereiche der KWK-Erzeugung zusammenfassen. Tabelle 2-1 zeigt die Nettostromerzeugung, Tabelle 2-2 die Nettowärmeerzeugung durch KWK.

Tabelle 2-1: Gesamte KWK-Nettostromerzeugung

Berichtskreis	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
	TWh									
Allgemeine Versorgung	50,3	52,4	52,3	54,0	51,9	53,8	50,5	53,4	51,1	51,1
Industrielle Kraftwirtschaft	23,5	22,9	25,6	25,8	25,8	25,7	26,6	29,8	28,4	28,3
Summe der amtlich erfassten Erzeugung	73,8	75,3	77,9	79,8	77,6	79,5	77,0	83,2	79,6	79,4
BHKW unter 1 MW	1,8	2,0	2,1	2,2	2,4	2,7	2,9	3,3	3,8	4,5
Nicht erfasste biogene Anlagen	1,9	2,6	3,2	4,9	6,4	7,0	9,2	10,6	10,9	11,2 ²⁾
Nicht-erfasste BHKW und nicht-erfasste biogene Anlagen ¹⁾	3,7	4,6	5,2	7,1	8,9	9,6	12,1	13,8	14,7	15,7
Gesamte KWK-Stromerzeugung excl. Fermenterbeheizung	77,5	79,8	83,2	86,9	86,5	89,1	89,1	97,0	94,3	95,1

1) Die nicht erfassten BHKW entsprechen den fossilen BHKW mit einer Leistung bis 1 MW, die nicht von der amtlichen Statistik erfasst werden. Diese Zahl stammt aus der BHKW-Datenbank des Öko-Instituts.
Die KWK-Stromerzeugung der nicht erfassten biogenen KWK-Anlagen entspricht der biogenen KWK-Stromerzeugung excl. der Stromerzeugung, die mit der Fermenterbeheizung verbunden ist, wie von AGEE-Stat ermittelt.

2) Die nicht amtlich erfasste biogene KWK-Stromerzeugung des Jahres 2012 wurde abgeschätzt.

Quelle: StBA 066+067; AGEE-Stat; BHKW-Umfrage Öko-Institut; eigene Berechnungen.

Bei der gesamten KWK-Nettostromerzeugung kann im Laufe der vergangenen 10 Jahre eine fast kontinuierliche Steigerung der Stromerzeugung um insgesamt über 17 TWh festgestellt werden. Dabei spielten vor allem nicht erfasste Anlagen, insbesondere biogene, eine große Rolle. Auch der relative Anteil nicht erfasster biogener Anlagen an der KWK-Stromerzeugung ist in den letzten Jahren stetig und stark gewachsen; im Jahr 2010 lag ihr Anteil erstmals bei über 10%. Der Anteil der BHKWs stieg ebenfalls in den letzten Jahren an, wenn auch langsam. Im Jahr 2012 lieferten sie 5% der gesamten KWK-Nettostromerzeugung. Zur Erhöhung der KWK-Stromerzeugung trug auch die industrielle Kraftwirtschaft bei. Ihr Anteil an der KWK-Stromerzeugung lag in den letzten Jahren jedoch recht konstant bei ca. 30%. Mit über 50% – jedoch abnehmendem Trend – wird in der allgemeinen Versorgung mit Abstand am meisten KWK-Strom erzeugt.

Tabelle 2-2: Gesamte KWK-Nettowärmeerzeugung

Berichtskreis	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
	TWh									
Allgemeine Versorgung	94	100	101	103	97	99	95	101	93	96
Industrielle Kraftwirtschaft	82	77	80	78	80	80	79	87	84	84
Summe der amtlich erfassten Erzeugung	176	178	181	181	177	178	175	188	177	180
BHKW unter 1 MW	3	3	3	3	4	4	4	5	6	7
Nicht erfasste biogene Anlagen	4	6	7	9	10	12	14	18	18	18 ²⁾
Nicht-erfasste BHKW und nicht-erfasste biogene Anlagen ¹⁾	7	9	10	12	14	16	19	23	23	25
Gesamte KWK-Wärmeerzeugung	183	186	191	193	190	194	193	210	201	205
1) Die nicht erfassten BHKW entsprechen den fossilen BHKW mit einer Leistung bis 1 MW, die nicht von der amtlichen Statistik erfasst werden. Diese Zahl stammt aus der BHKW-Datenbank des Öko-Instituts. Die KWK-Wärmeerzeugung der nicht erfassten biogenen KWK-Anlagen entspricht der biogenen KWK-Wärmeerzeugung excl. der Wärmeerzeugung, die mit der Fermenterbeheizung verbunden ist, wie von AGEE-Stat ermittelt.										
2) Die nicht amtlich erfasste biogene KWK-Wärmeerzeugung des Jahres 2012 wurde abgeschätzt.										

Quelle: StBA 066+067; AGEE-Stat; BHKW-Umfrage Öko-Institut; eigene Berechnungen.

Auch die gesamte Nettowärmeerzeugung ist in den vergangenen Jahren angestiegen und zwar um über 22 TWh. Den größten Anteil an diesem Anstieg hatten die nicht erfassten biogenen Anlagen. Im Vergleich zur KWK-Stromerzeugung spielen sie jedoch für die KWK-Wärmeerzeugung, genauso wie die BHKWs, eine geringere Rolle. Auch der Anteil der allgemeinen Versorgung liegt bei der Wärmeerzeugung niedriger als bei der Stromerzeugung, seit 2009 unter 50%. Dafür hatte die industrielle Kraftwirtschaft einen Anteil von 41-45% an der Wärmeerzeugung aus KWK in den vergangenen 10 Jahren.

2.2 Nach Energieträgern

Nachfolgend ist die KWK-Erzeugung nun nach Energieträgern getrennt dargestellt: in Tabelle 2-3 für die Nettostromerzeugung und in Tabelle 2-4 für die Nettowärmeerzeugung.

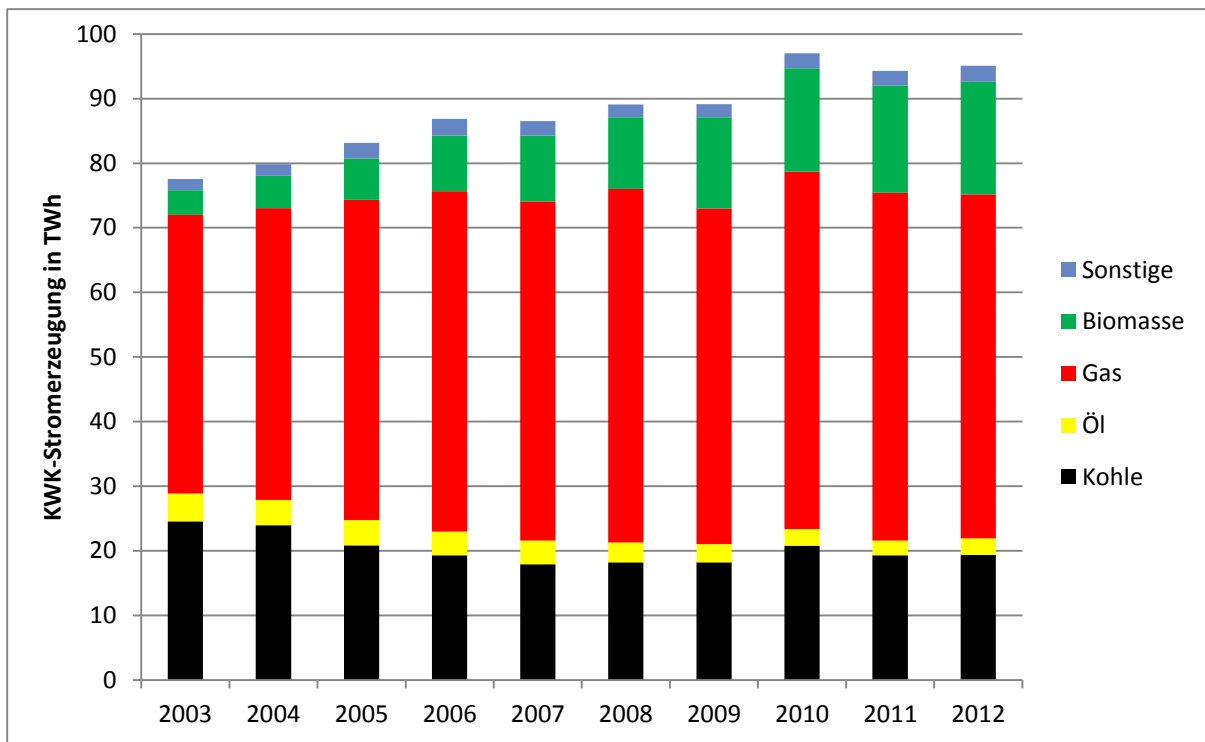
Tabelle 2-3: KWK-Nettostromerzeugung nach Energieträgern

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
	TWh									
AV +IKW	73.8	75.3	77.9	79.8	77.6	79.5	77.0	83.2	79.6	79.4
Kohle	24.6	24.0	20.8	19.3	17.9	18.2	18.2	20.8	19.3	19.4
Öl	3.9	3.5	3.5	3.3	3.3	2.7	2.4	2.3	1.9	2.3
Gas	41.7	43.6	47.9	50.9	50.4	52.5	49.4	52.4	50.4	49.0
Biomasse	1.9	2.4	3.2	3.8	3.8	4.1	4.7	5.1	5.3	5.9
Sonstige	1.7	1.8	2.5	2.6	2.2	2.0	2.2	2.7	2.6	2.8
Kleine BHKW < 1 MW	1.8	2.0	2.1	2.2	2.4	2.7	2.9	3.3	3.8	4.5
Öl	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3
Gas	1.4	1.5	1.7	1.8	2.0	2.3	2.5	2.9	3.5	4.2
Biogen außerhalb der Tabellen 066 und 067	1.9	2.6	3.2	4.9	6.4	7.0	9.2	10.6	10.9	11.2
Gesamt	77.5	79.8	83.2	86.9	86.5	89.1	89.1	97.0	94.3	95.1
Kohle	24.6	24.0	20.8	19.3	17.9	18.2	18.2	20.8	19.3	19.4
Öl	4.3	3.9	3.9	3.7	3.7	3.1	2.8	2.6	2.2	2.6
Gas	43.1	45.2	49.6	52.7	52.5	54.7	52.0	55.3	53.9	53.2
Biomasse	3.8	5.0	6.4	8.6	10.2	11.1	13.9	15.7	16.2	17.1
Sonstige	1.7	1.8	2.5	2.6	2.2	2.0	2.2	2.7	2.6	2.8

Quelle: StBA 066+067; AGEE-Stat; BHKW-Umfrage Öko-Institut; eigene Berechnungen.

Wie an den Zahlen zu sehen ist, hat Gas mit Abstand den größten Anteil aller Energieträger an der KWK-Stromerzeugung, gefolgt von Kohle und Biomasse. In Abbildung 2-1 ist die absolute Entwicklung der KWK-Stromerzeugung aufgeteilt in die verschiedenen Energieträger dargestellt. Zum einen sieht man die Spitze der Erzeugung im Jahr 2010, zum anderen wird die Konstanz des Kohleeinsatzes in der KWK-Erzeugung seit 2005 deutlich.

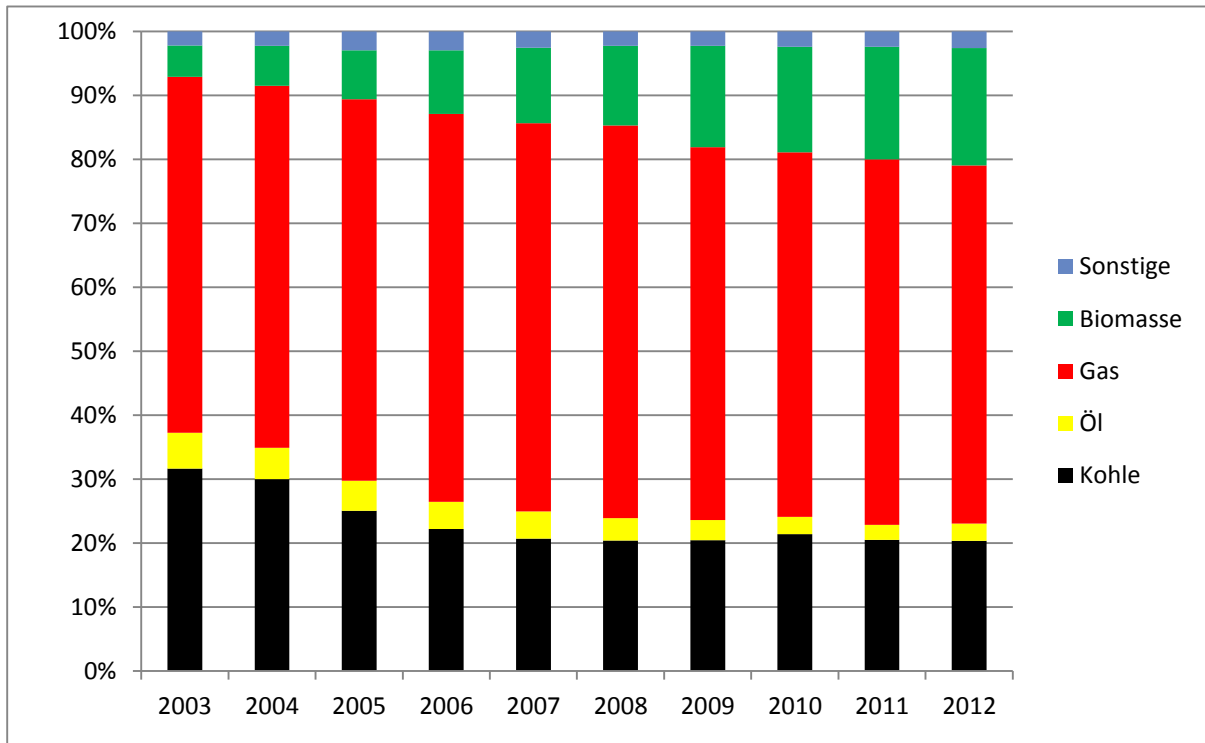
Abbildung 2-1: Absolute Aufteilung der Energieträger an der KWK-Nettostromerzeugung



Quelle: StBA 066+067; AGEE-Stat; BHKW-Umfrage Öko-Institut; BMWI 2013 (Tab 22), eigene Berechnungen.

Die prozentuale Aufteilung der Energieträger ist in Abbildung 2-2 dargestellt, in der sich deutlich der zunehmende Anteil der Biomasse abzeichnet.

Abbildung 2-2: Prozentuale Aufteilung der Energieträger an der KWK-Nettostromerzeugung



Quelle: StBA 066+067; AGEE-Stat; BHKW-Umfrage Öko-Institut; BMWI 2013 (Tab 22), eigene Berechnungen.

Die nachfolgende Tabelle 2-4 gibt einen Überblick über die KWK-Wärmeerzeugung nach Energieträgern.

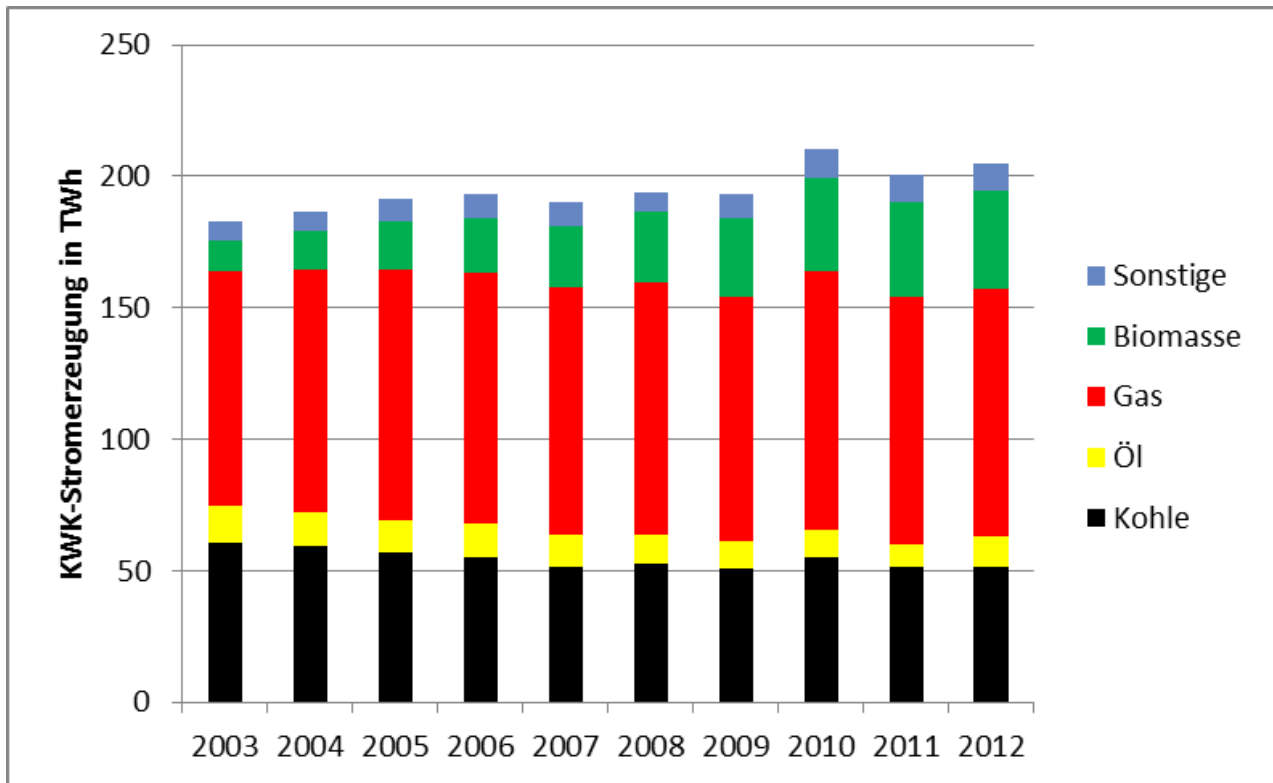
Tabelle 2-4: KWK-Wärmeerzeugung nach Energieträgern

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
	TWh									
AV +IKW	175.9	177.7	181.4	181.2	176.5	178.3	174.6	187.7	177.5	180.1
Kohle	60.7	59.2	56.7	54.9	51.2	52.7	50.7	54.8	51.2	51.4
Öl	13.2	12.6	12.0	12.5	11.6	10.1	9.9	10.1	8.5	11.2
Gas	86.9	89.6	92.8	92.7	91.4	92.8	89.1	93.7	88.5	87.4
Biomasse	7.7	9.0	11.6	12.1	13.3	14.9	15.5	18.1	18.6	19.3
Sonstige	7.4	7.3	8.4	8.9	9.0	7.8	9.4	11.0	10.7	10.7
Kleine BHKW < 1 MW	2.8	3.0	3.2	3.4	3.8	4.1	4.5	5.0	5.9	6.9
Öl	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5
Gas	2.2	2.4	2.6	2.8	3.1	3.5	3.9	4.5	5.4	6.5
Biogen außerhalb der Tabellen 066 und 067	3.9	5.8	6.6	8.5	9.9	11.8	14.3	17.7	17.5	18.1
Gesamt	182.7	186.5	191.2	193.2	190.2	194.1	193.3	210.5	200.9	205.1
Kohle	60.7	59.2	56.7	54.9	51.2	52.7	50.7	54.8	51.2	51.4
Öl	13.8	13.2	12.6	13.1	12.3	10.7	10.5	10.6	9.0	11.7
Gas	89.1	91.9	95.4	95.5	94.5	96.3	93.0	98.2	93.9	93.9
Biomasse	11.6	14.8	18.2	20.7	23.2	26.6	29.8	35.8	36.1	37.4
Sonstige	7.4	7.3	8.4	8.9	9.0	7.8	9.4	11.0	10.7	10.7

Quelle: StBA 066+067; AGEE-Stat; BHKW-Umfrage Öko-Institut; eigene Berechnungen.

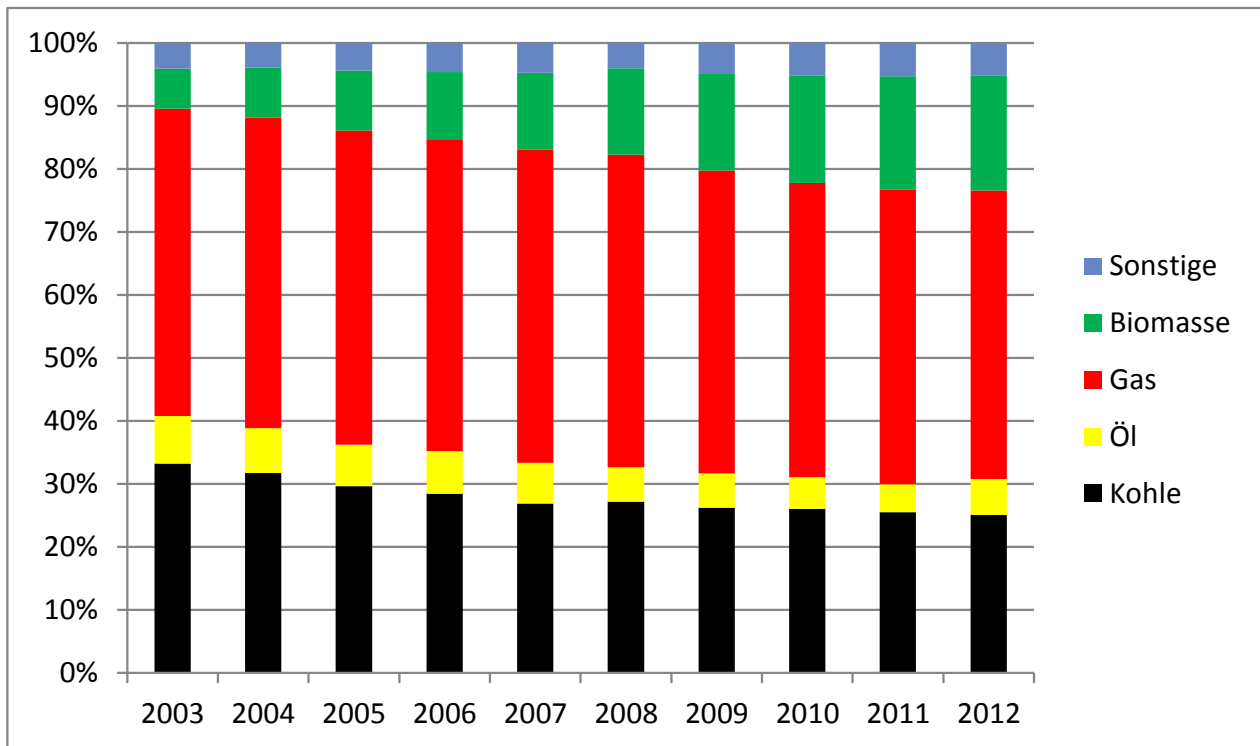
Auch für die Wärmeerzeugung ist also Gas der wichtigste Energieträger, gefolgt von Kohle und Gas. Der Anteil von Öl und sonstigen Energieträgern an der KWK-Wärmeerzeugung ist höher als bei der KWK-Stromerzeugung. In Abbildung 2-3 ist die absolute Aufteilung grafisch veranschaulicht, in Abbildung 2-4 die relative Aufteilung.

Abbildung 2-3: Absolute Aufteilung der Energieträger an der KWK-Wärmeerzeugung



Quelle: StBA 066+067; AGEE-Stat; BHKW-Umfrage Öko-Institut; BMWI 2013 (Tab 22), eigene Berechnungen.

Abbildung 2-4: Prozentuale Aufteilung der Energieträger an der KWK-Wärmeerzeugung



Quelle: StBA 066+067; AGEE-Stat; BHKW-Umfrage Öko-Institut; BMWI 2013 (Tab 22), eigene Berechnungen.

2.3 Nach Anlagenart

In Tabelle 2-5 ist die Nettostromerzeugung aus KWK nach der Anlagenart aufgeschlüsselt.

Tabelle 2-5: KWK-Nettostromerzeugung nach Anlagenart

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
	TWh									
AV +IKW	73,8	75,3	77,9	79,8	77,6	79,5	77,0	83,2	79,6	79,4
Dampfturbinen	41,6	41,1	37,7	36,1	35,1	34,7	34,5	38,2	36,0	37,8
Gasturbinen	28,7	30,2	36,2	39,4	38,1	40,3	38,3	40,4	38,9	36,6
Motoren	3,5	3,9	3,9	4,2	4,4	4,4	4,2	4,4	4,5	5,0
Sonstige Anlagen	0,1	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	4,5
Motoren	1,8	2,0	2,1	2,2	2,4	2,7	2,9	3,3	3,8	4,5
Biogen außerhalb der Tabellen 066 und 067	1,9	2,6	3,2	4,9	6,4	7,0	9,2	10,6	10,9	11,2
Dampfturbinen	0,6	0,8	1,0	1,5	1,9	2,1	2,8	3,2	3,3	3,4
Motoren	1,3	1,8	2,2	3,4	4,5	4,9	6,4	7,4	7,6	7,8
Gesamt	77,5	79,8	83,2	86,9	86,5	89,1	89,1	97,0	94,3	95,1
Dampfturbinen	42,1	41,8	38,7	37,6	37,0	36,8	37,3	41,4	39,3	41,2
Gasturbinen	28,7	30,2	36,2	39,4	38,1	40,3	38,3	40,4	38,9	36,6
Motoren	6,6	7,7	8,2	9,8	11,3	11,9	13,5	15,1	16,0	17,3
Sonstige Anlagen	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Quelle: StBA 066+067; AGEE-Stat; BHKW-Umfrage Öko-Institut; eigene Berechnungen.

Dampfturbinen waren in den letzten Jahren etwas wichtiger für die KWK-Stromerzeugung als Gasturbinen. Nur in den Jahren 2006, 2007 und 2008 hatten Gasturbinen den größten Anteil an der KWK-Nettostromerzeugung. Auch Motoren spielen eine wichtige Rolle, vor allem bei den kleinen BHKWs und den biogenen Anlagen.

3 KWK im Energiesystem

3.1 KWK-Anteile

Um den KWK-Anteil zu ermitteln, muss die KWK-Stromerzeugung zur gesamten Netto-Stromerzeugung ins Verhältnis gesetzt werden. Zu vergleichenden Zwecken wurde auch das Verhältnis zur Gesamt-Bruttostromerzeugung ermittelt, siehe Tabelle 3-1.

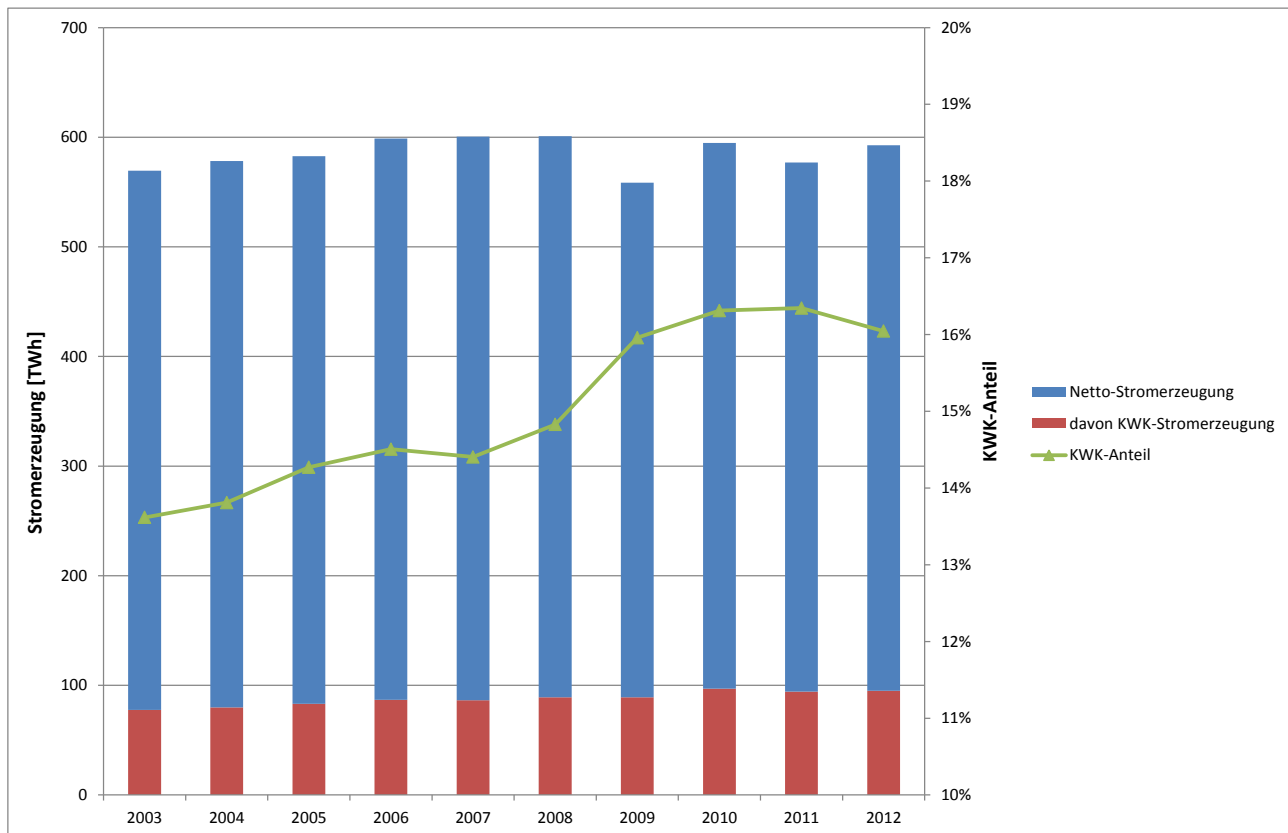
Es zeigt sich, dass der KWK-Anteil bezogen auf die Brutto-Stromerzeugung zwischen den Jahren 2003 und 2012 von 12,7 auf 15,1 % gestiegen ist. Grundsätzlich wird jedoch empfohlen, die Diskussion der KWK-Anteile auf die gesamte Netto-Stromerzeugung zu beziehen, da die KWK-Stromerzeugung als ein Netto-Wert zu betrachten ist. Bezogen auf die Netto-Stromerzeugung ist der KWK-Anteil von 13,7 auf 16,0 % gestiegen. Der stärkste Anstieg (um 1,2 Prozentpunkte) fand zwischen 2008 und 2009 statt, seitdem ist der Anteil relativ konstant bei ca. 16 %. Übersichtlich ist die Entwicklung auch in Abbildung 3-1 dargestellt.

Tabelle 3-1: Gesamter KWK-Anteil an der Brutto- und Nettostromerzeugung

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
	TWh									
Brutto-Stromerzeugung insgesamt	609	617	623	640	641	641	596	633	613	629
Allgemeine Versorgung (066)	533	533	532	540	523	523	479	501	462	467
Allgemeine Versorgung (nicht 066)	28	36	40	48	65	69	71	79	100	117
Industrielle Kraftwirtschaft (067)	48	48	50	51	53	49	46	53	51	44
Netto-Stromerzeugung insgesamt	569	578	583	599	601	601	559	595	577	593
Allgemeine Versorgung (066)	498	499	498	505	488	489	446	469	431	435
Allgemeine Versorgung (nicht 066)	27	35	39	47	63	67	70	77	99	117
Industrielle Kraftwirtschaft (067)	44	44	46	47	49	46	43	49	47	41
Gesamte KWK-Stromerzeugung	78	80	83	87	87	89	89	97	94	95
	%									
KWK-Anteil bezogen auf Brutto-Stromerzeugung	12.7%	12.9%	13.4%	13.6%	13.5%	13.9%	15.0%	15.3%	15.4%	15.1%
KWK-Anteil bezogen auf Netto-Stromerzeugung	13.6%	13.8%	14.3%	14.5%	14.4%	14.8%	16.0%	16.3%	16.3%	16.0%

Quelle: StBA 066+067; AGEE-Stat; BHKW-Umfrage Öko-Institut; BMWI 2013 (Tab 22), BDEW, persönliche Kommunikation; eigene Berechnungen.

Abbildung 3-1: Übersicht über die Entwicklung des Anteils der KWK an der gesamten Netto-Stromerzeugung



Quelle: StBA 066+067; AGEE-Stat; BHKW-Umfrage Öko-Institut; BMWI 2013 (Tab 22), BDEW, persönliche Kommunikation; eigene Berechnungen.

3.2 KWK-Leistung im Jahr 2012

Ausgehend von einer KWK-Leistung von 28,5 GW im Jahr 2010, wie im KWK-Monitoring ermittelt wurde, wurde die KWK-Leistung für das Jahr 2012 auf drei Wegen fortgeschrieben:

1. Durch Fortschreibung der Statistik (s. Anhang, Kapitel 7) ergibt sich eine KWK-Leistung von 30,5 GW.
2. Durch anlagenscharfe Abschätzung mit der UBA-Datenbank (s. Kapitel 3.2.1) ergibt sich eine zusätzliche KWK-Leistung von 0,4 GW aus dem zusätzlichen Neubau in den Jahren 2011 und 2012.

Wird die Netto-Zubauleistung fossiler BHKW sowie der Zubau an biogenen BHKW nach der BHKW-Umfrage in den Jahren 2011 und 2012 addiert, ergibt sich eine zusätzlich installierte Leistung von 0,8 GW_{el} (siehe Abschnitt 3.2.2).

Damit lässt sich eine KWK-Leistung im Jahr 2012 von 29,7 GW abschätzen.

3. Durch die Daten des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) für die in Betrieb genommenen Neuanlagen in den Jahren 2011 und 2012 ergibt sich eine Gesamtleistung von knapp 1 GW_{el} an Neuanlagen (siehe Tabelle 4-2), die in den Jahren 2011 und 2012 KWKG-Förderung beantragt haben. Unter der Annahme, dass sich diese

Leistungszahlen ausschließlich auf die KWK-Leistung beziehen und fossile BHKW darin enthalten sind, wird nur der abgeschätzte Zubau an biogener KWK-Leistung aus Abschnitt 3.2.2 hinzuaddiert, so dass sich eine Gesamt-KWK-Leistung von 29,9 GW ergibt.

Überschlägig kann man damit also von einer KWK-Leistung von 30 GW ausgehen, was einen Anteil von knapp 17 % der gesamten installierten Kraftwerksleistung darstellt¹.

Mit diesem Ergebnis lässt sich ein Zubau-Korridor von etwa 1,5 GW innerhalb von zwei Jahren abschätzen.

3.2.1 Anlagenscharfe Schätzung auf Basis der UBA-Datenbank

Basierend auf der UBA-Kraftwerksdatenbank wurden alle Anlagen betrachtet, die seit 2011 in Betrieb genommen wurden, außerdem die, die im Bau oder in Planung sind. In dieser Kraftwerksdatenbank sind alle Anlagen über 100 MW_{el} enthalten aber auch zahlreiche kleinere Anlagen ab 10 MW_{el}.

Es erfolgte eine Literaturrecherche zu der Frage, ob diese Anlagen als Ersatz- oder Neuanlagen gewertet werden können. Wurde keine entsprechende Information gefunden, wird davon ausgegangen, dass es sich um eine Neuanlage handelt. Des Weiteren wurde für alle KWK-Anlagen eine KWK-Leistung abgeschätzt.

Wie aus der Kraftwerksliste hervorgeht, sind in den letzten Jahren vor allem mit Erdgas betriebene Anlagen mit KWK in Betrieb gegangen; im Bau oder in Planung befinden sich neben Erdgaskraftwerken auch etliche Steinkohleanlagen.

In Tabelle 3-2 sind die elektrischen Leistungen nach Inbetriebnahmejahren aufsummiert und untergliedert nach KWK-Anlagen und deren Leistungen dargestellt.

Tabelle 3-2: Zusammenfassung der elektrischen Leistungen nach Inbetriebnahmejahren

	2011	2012	2013	2014	2015	2016 und in Planung
	MW					
Elektrische Brutto-Leistung	949	3297	2617	4907	994	6720
Davon KWK-Anlagen	351	407	1377	1117	994	6720
KWK-Leistung	321	272	531	295	333	2386
Davon Ersatz	29	152	151	10	83	259
Davon zusätzlich	292	119	380	285	250	2128

Quelle: UBA Kraftwerksdatenbank April 2014, eigene Berechnungen und Annahmen zu Ersatzanlagen und KWK-Leistung.

In den Jahren 2011 und 2012 kann basierend auf der Anlagendatenbank von einer zusätzlichen KWK-Leistung von 292 und 119 MW ausgegangen werden.

¹

http://www.bundesnetzagentur.de/cn_1911/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerksliste/kraftwerksliste-node.html (Stand 02.04.2014): Gesamte installierte Kraftwerksleistung, die 2012 am Netz war: 177,5 GW.

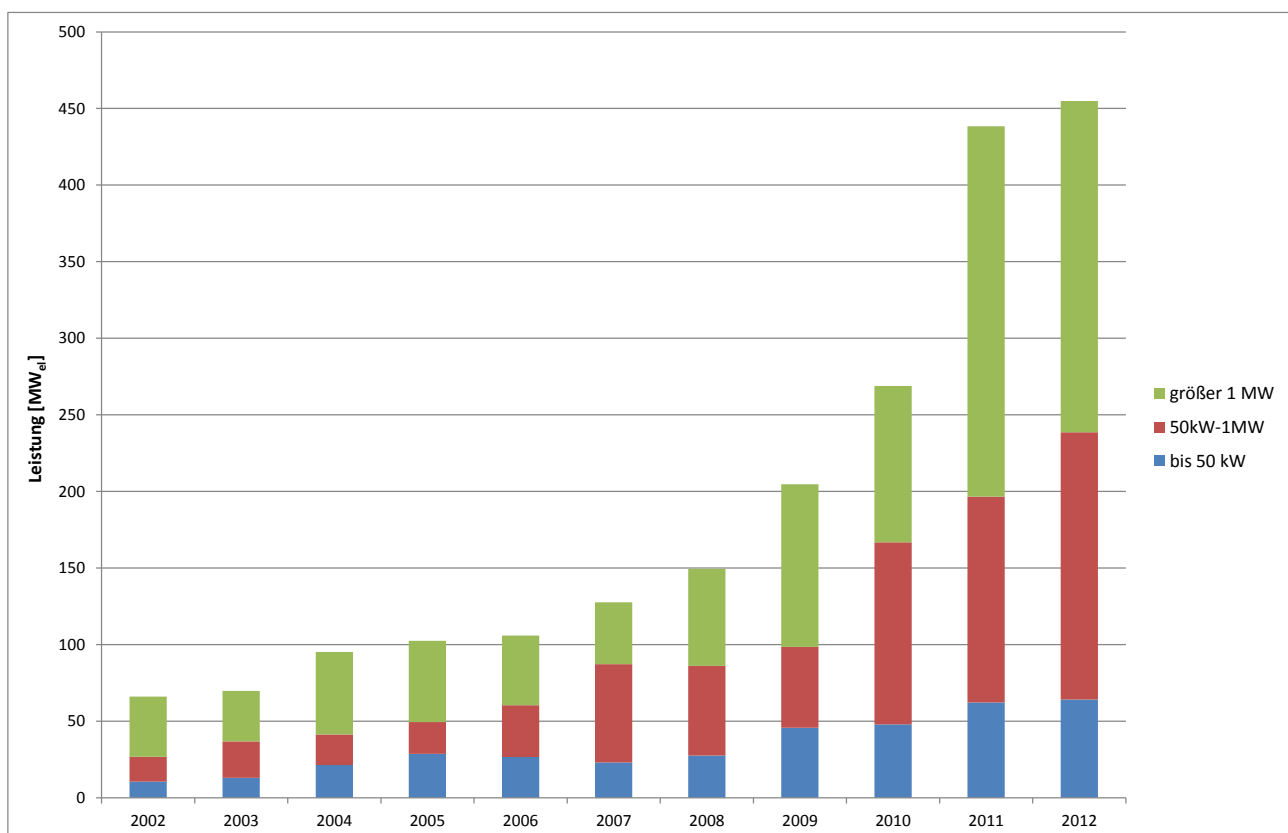
Die Zahlen zu den Jahren ab 2014 sind mit erheblichen Unsicherheiten behaftet, insbesondere wenn die Anlagen nur geplant und noch nicht im Bau sind. Da derzeit einige große Erdgas-Kraftwerke wegen Unrentabilität saisonal vom Netz genommen und teilweise konserviert werden (Emsland-Lingen, Gersteinwerk, Weisweiler), sind diese Planungen sicherlich unter einem Wirtschaftlichkeitsvorbehalt zu verstehen.

3.2.2 Zubau an BHKW basierend auf der BHKW-Umfrage des Öko-Instituts

Für die Aussage zum Zubau an BHKW-Leistung im Anlagensegment unter 10 MW_{el} wird die Entwicklung des BHKW-Bestands betrachtet, wobei die Ergebnisse der BHKW-Umfrage des Öko-Instituts verwendet werden.

Wie in Abbildung 3-2 zu sehen, ist die abgesetzte Leistung bei den fossilen BHKW seit 2002 kontinuierlich gestiegen – und das über alle Größenklassen hinweg. Einen besonders großen Sprung gab es zwischen den Jahren 2010 und 2011: 2011 war die abgesetzte Leistung um über 60% höher als im Jahr 2010. Das kann vor allem auf den starken Zuwachs bei den BHKW-Anlagen, die größer als 1 MW sind, zurückgeführt werden. Generell kann man bei den verschiedenen Größenklassen jedoch – außer einer Steigerung der abgesetzten Leistung insgesamt – keine Entwicklungstrends in der Verteilung feststellen. Die größten Anlagen hatten in den meisten Jahren den größten Anteil an der abgesetzten Leistung, gefolgt von den mittelgroßen Anlagen und den kleinen Anlagen. Nur in den Jahren 2007 und 2010 hatten die mittelgroßen Anlagen zwischen 50 kW und 1 MW den größten Anteil an der abgesetzten Leistung.

Abbildung 3-2: Entwicklung der abgesetzten fossilen BHKW-Leistung in Deutschland nach Größenklassen



Quelle: BHKW-Datenbank des Öko-Instituts 2014.

Unter Verwendung der Absatzzahlen aus der BHKW-Umfrage und historischer Daten wurde eine BHKW-Datenbank erstellt, die die Entwicklung des Bestands an BHKW in Deutschland darstellt. Dieser ist für fossil betriebene Anlagen zusammen mit dem Netto-Zubau an BHKW-Anlagen in Tabelle 3-3 abzulesen.

Tabelle 3-3: Zubau und Bestand von fossilen BHKW 2003-2012 nach der BHKW-Datenbank

Fossil betriebene BHKW	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
	MW _{el}									
Zubau	70	95	102	106	128	149	205	269	438	455
bis 50 kW	13	21	29	27	23	28	46	48	62	64
50kW-1MW	24	20	21	34	64	58	53	119	134	175
größer 1 MW	33	54	53	46	40	63	106	102	242	216
Netto-Zubau	13	42	24	21	-33	9	17	-68	178	229
bis 50 kW	12	21	28	26	21	26	44	44	59	62
50kW-1MW	14	11	7	19	37	35	21	62	90	136
größer 1 MW	-14	11	-12	-24	-92	-52	-48	-174	28	31
Bestand	2.394	2.436	2.460	2.481	2.448	2.457	2.474	2.406	2.584	2.813
bis 50 kW	51	71	99	125	146	173	216	261	320	382
50kW-1MW	463	474	481	501	538	572	593	655	745	881
größer 1 MW	1.881	1.891	1.880	1.855	1.764	1.712	1.664	1.491	1.519	1.550

Quelle: BHKW-Datenbank des Öko-Instituts 2014.

Auch in dieser Übersicht sticht das Jahr 2011 deutlich hervor: Der verstärkte Zubau führte zu einem Netto-Zubau von 178 MW_{el} im Vergleich zu einem Netto-Rückbau von 68 MW_{el} im Jahr zuvor. In 2012 hat sich der Netto-Zubau weiter und stark erhöht und lag bei 229 MW_{el}.

Bei den biogenen BHKW kann näherungsweise angesetzt werden, dass die Absatzzahlen der Jahre 2011 und 2012 dem Netto-Zubau entspricht. Dieser Absatz ist in Gores & Emele (2013) veröffentlicht und beträgt rund 1,2 GW_{el}. Unter Berücksichtigung eines KWK-Anteils von 37 % (siehe Öko-Institut 2013) ergibt sich ein Zubau von gut 400 MW_{el}.

3.3 KWK-Eigenerzeugung

Zur Diskussion um die Auswirkung der EEG-Novelle 2014 in Bezug auf die Ausnahme der Eigenerzeugung von der EEG-Umlagebefreiung, erfolgte eine Abschätzung zu der Größenordnung der KWK-Eigenerzeugung.

Ausgehend von Tabelle 2-1 zur Nettostromerzeugung sind im ersten Schritt die Eigenstrom-Anteile der einzelnen KWK-Anlagengruppen geschätzt worden, aus denen sich im nächsten Schritt die jährlichen absoluten Mengen der KWK-Eigenerzeugung ergeben (siehe Tabelle 3-4).

Tabelle 3-4: KWK-Eigenerzeugung

Anteile der Eigenerzeugung	2008	2009	2010	2011	2012
	%				
Allgemeine Versorgung	3%	3%	3%	3%	3%
Industrielle Kraftwirtschaft	50%	60%	69%	73%	84%
BHKW unter 1 MW	60%	60%	60%	60%	60%
Nicht erfasste biogene Anlagen	5%	5%	5%	5%	5%

KWK-Eigenerzeugung	2008	2009	2010	2011	2012
	TWh				
Allgemeine Versorgung	1,6	1,5	1,6	1,5	1,5
Industrielle Kraftwirtschaft	12,8	15,9	20,5	20,6	23,8
Summe der amtlich erfassten Erzeugung	14,5	17,5	22,1	22,1	25,3
BHKW unter 1 MW	1,6	1,7	2,0	2,3	2,7
Nicht erfasste biogene Anlagen	0,3	0,5	0,5	0,5	0,6
Nicht-erfasste BHKW und nicht-erfasste biogene Anlagen	1,9	2,2	2,5	2,8	3,3
Gesamte KWK-Eigenstromerzeugung	16,4	19,7	24,6	25,0	28,6

Quelle: StBA 066+067; AGEE-Stat; BHKW-Umfrage Öko-Institut, Zahlen für nicht-erfasste biogene Anlagen 2012 abgeschätzt.

Berücksichtigt wurden dabei die Ergebnisse von IZES (2014): Die Angaben zur industriellen Kraftwirtschaft wurden dort auf der Basis der „Erhebung über die Energieverwendung der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden“ (StBA 2013) abgeschätzt. Die Prozentwerte zum Eigenanteil sind hier deshalb für die industriellen Anlagen so gesetzt worden, dass sich dieselben absoluten Werte ergeben. In der Studie wird auch berichtet: „Auf Anfrage machte das BAfA Angaben zum Eigenstromverbrauch von KWKG-Anlagen ab 50 kW bis 2.000 kW, der sich durchschnittlich bei rund 60 % in den Jahren 2008 - 2012 bewegt.“ Entsprechend wurden die Anteile für BHKW außerhalb der Erhebungen 066 und 067 gesetzt. Die prozentualen Werte zur allgemeinen Versorgung und den nicht erfassten biogenen Anlagen basieren auf Expertenschätzungen.

Insgesamt ergibt sich bei IZES (2014) ein Wert von 23,8 TWh KWK-Eigenerzeugung im Jahr 2012 im Vergleich zum hier berechneten Wert von 28,6 TWh. Der Grund dafür: Die absoluten Werte für die gesamte KWK-Stromerzeugung liegen in IZES (2014) niedriger (z.B. 86,1 TWh statt 95,1 TWh im Jahr 2012), da die Anlagen außerhalb der statistischen Erfassung 066+067 dort nicht berücksichtigt wurden.

Erst mit der KWKG-Novelle des Jahres 2009 erhält die KWK-Eigenstromerzeugung eine KWKG-Vergütung. Seitdem, und mit dem Anreiz durch die jährlich steigenden EEG-Anteile, ist die KWK-Eigenstromerzeugung kontinuierlich gestiegen, zwischen den Jahren 2008 bis 2012 um rund 12 TWh. Insgesamt ergibt sich damit im Jahr 2012 eine KWK-Eigenerzeugung von 28,6 TWh, ein Anteil von 30 % an der gesamten KWK-Stromerzeugung

4 Förderung nach dem KWKG

Seit dem 1. April 2002 regelt das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG, Langtitel: „Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung“) die Kraft-Wärme-Kopplung in Deutschland. Erklärtes Ziel des Gesetzes seit Inkrafttreten ist es, den Anteil der KWK an der gesamten deutschen Stromerzeugung bis zum Jahr 2020 auf 25% zu erhöhen. Am 1. Januar 2009 trat die erste Novelle des KWKG in Kraft, am 19. Juli 2012 trat die zweite Novelle in Kraft.

Mit der Novelle in 2009 wurde die anfängliche KWK-Förderung deutlich ausgeweitet. Die wichtigsten Änderungen waren: Erstens wird seitdem nicht nur KWK-Strom, der ins öffentliche Netz eingespeist wird, sondern auch selbst genutzter bezuschusst. Zweitens werden Wärmenetze seit der Novelle in 2009 gefördert. Drittens werden auch hocheffiziente Anlagen, die größer als 2 MW_{el} sind, gefördert.

Auch die Novelle von 2012 bedeutete nochmals eine verbesserte Förderung der KWK, unter anderem durch 0,3 ct/kWh höhere Zuschläge für neu installierte Anlagen in allen Leistungsklassen und mehr Flexibilisierung in Bezug auf die Laufzeitmodelle für kleine Anlagen bis 50 kW_{el}. Eine weitere Erleichterung für Betreiber kleiner Anlagen ist, dass nun bis 50 kW_{el} eine vereinfachte Anmeldung beim BAFA erfolgen kann, zuvor war das nur bis 10 kW_{el} möglich. Auch wesentliche und teure Modernisierungen bestehender Anlagen werden seit der letzten Novelle mit den angehobenen Fördersätzen gefördert. Für die Hälfte der Zeit oder der Vollbenutzungsstunden (Vbh) werden seitdem auch Modernisierungen, deren Kosten 25% einer Neuanlage entsprechen, bezuschusst. Eine vergleichbare Regelung trifft auf konventionelle Großkraftwerke zu, welche eine teure Nachrüstung mit KWK durchführen. Zudem werden seit der letzten Novelle auch Wärme- und Kältespeicher sowie neben Wärmenetzen auch Kältenetze gefördert.

Die Kosten für die Förderung der KWK zahlen alle Stromverbraucher durch einen Aufschlag auf die Netznutzungsentgelte. Auch hier gibt es wie im EEG Entlastungen für energieintensive Unternehmen. Ebenfalls wie beim EEG-Strom wird Strom aus KWK-Anlagen ein Einspeisevorrang in das öffentliche Stromnetz garantiert.

4.1 KWK-Anlagen

Tabelle 4-1 und Tabelle 4-2 zeigen Anzahl und installierte Nettoleistung der im Rahmen des KWKG geförderten KWK-Anlagen, welche im Zeitraum 2009-2013 in Betrieb gegangen sind. Die Auswertung beruht auf dem Datenbestand des BAFA vom 10.04.2014. Tabelle 4-1 differenziert die Anlagen nach Leistungsklassen (KWK-Nettoleistungen), 50 kW_{el} und 2 MW_{el} stellen hierbei die Größenschwellen dar, bei denen das Antrags- und Nachweisverfahren beim BAFA wechseln.

Im Mittel von 2009 bis 2013 machen die Anlagen über 2 MW_{el} 69 % der elektrischen Leistung der zugelassenen Anlagen aus aber nur 0,6 % der Anzahl der Anlagen. Die Anlagenklasse über 50 kW_{el} bis 2 MW_{el} steht im Mittel für 24 % der installierten Leistung, bei 8,4 % der Anzahl der Anlagen. Die Kleinanlagen bis 50 kW_{el} stellen schließlich 91 % der Anlagenanzahl, aber nur 9 % der installierten Leistung.

Im Rahmen des KWKG werden Neuanlagen, Ersatzanlagen, Modernisierungen und Nachrüstungen gefördert. Tabelle 4-2 differenziert die zugelassenen Anlagen nach den genannten Kategorien, wobei weiterhin zwischen Anlagen bis 50 kW_{el}, zwischen 50 kW und 2 MW_{el} und Anlagen größer als 2MW_{el} unterschieden wird. Es wird deutlich, dass Ersatzanlagen und

Nachrüstungen quantitativ keine Rolle spielen. Im Folgenden wird noch weiter auf Neuanlagen und Modernisierungen eingegangen.

Die Daten für 2013 sind nicht endgültig, da noch ca. 20 Anträge für Anlagen vor allem im Leistungsbereich $> 2\text{MW}_{\text{el}}$ in Bearbeitung sind (Smuck, 2014). Hier sind noch Sachverständigengutachten nachzureichen/zu ergänzen oder Modernisierungskosten nachzuweisen. Die beantragte Kapazität liegt bei 400MW_{el} , allerdings ist zu beachten, dass evtl. noch Kondensationsanteile enthalten sind, die noch herausgerechnet werden müssten. Da es keine Ausschlussfrist gibt, können theoretisch auch in 2014 noch Anträge beim BAFA gestellt werden für KWK-Anlagen, die 2013 oder früher in Betrieb genommen wurden. In solchen Fällen ist eine Zulassung allerdings nur rückwirkend zum 1. Januar des Antragsjahres möglich; die zulässige Förderungsdauer würde anteilig gekürzt. Deshalb gibt es starke ökonomische Anreize für Anlagenbetreiber, den Zulassungsantrag bis 31. Dezember des Inbetriebnahmejahres beim BAFA einzureichen.

Tabelle 4-1: Im Rahmen des KWKG zugelassene KWK-Anlagen nach Netto-Leistungsklassen und Inbetriebnahmehjahr

Größenklasse	Inbetriebnahmehjahr										Gesamt: 2009 bis 2013	
	2009		2010		2011		2012		2013		Anzahl	MW _{el}
	Anzahl	MW _{el}	Anzahl	MW _{el}	Anzahl	MW _{el}	Anzahl	MW _{el}	Anzahl	MW _{el}	Anzahl	MW _{el}
> 100 MW _{el}	1	140			1	184	1	106			3	430
> 50 bis 100 MW _{el}			6	442			1	98	5	317	12	857
> 20 bis 50 MW _{el}	4	118	2	67	2	53	3	95	4	154	15	487
> 10 bis 20 MW _{el}	1	14	3	46	1	18	5	67	4	54	14	198
> 2 bis 10 MW _{el}	18	94	15	61	19	103	20	94	36	169	108	521
Anlagen > 2 MW_{el}	24	366	26	616	23	357	30	460	49	695	152	2 494
> 1 bis 2 MW _{el}	41	64	42	67	54	88	53	87	69	114	259	420
> 500 kW _{el} bis 1 MW _{el}	18	12	21	14	34	25	55	42	44	32	172	125
> 200 bis 500 kW _{el}	97	30	110	33	133	40	135	45	183	55	658	202
> 100 bis 200 kW _{el}	85	12	135	19	123	18	137	20	171	25	651	93
> 50 bis 100 kW _{el}	45	3	51	4	83	6	86	6	105	8	370	28
Anlagen > 50 kW_{el} bis 2 MW_{el}	286	122	359	137	427	177	466	199	572	233	2 110	868
> 20 bis 50 kW _{el}	550	23	471	20	623	26	538	23	626	26	2 808	119
> 10 bis 20 kW _{el}	935	14	657	10	880	15	997	17	1 055	19	4 524	76
> 5 bis 10 kW _{el}	2 565	14	1 325	7	1 425	8	1 526	9	1 714	10	8 555	48
> 2 bis 5 kW _{el}	699	3	407	2	553	2	641	3	566	2	2 866	13
> 1 bis 2 kW _{el}	31	0	28	0	38	0	45	0	83	0	225	0
bis 1 kW _{el}	52	0	213	0	661	1	1 428	1	1 588	2	3 942	4
Anlagen bis 50 kW_{el}	4 832	55	3 101	40	4 180	52	5 175	53	5 632	59	22 920	259
Summe KWK-Anlagen	5 142	543	3 486	793	4 630	586	5 671	712	6 253	987	25 182	3 621

Quelle: Öko-Institut auf Basis von BAFA-Daten vom 10.4.2014.

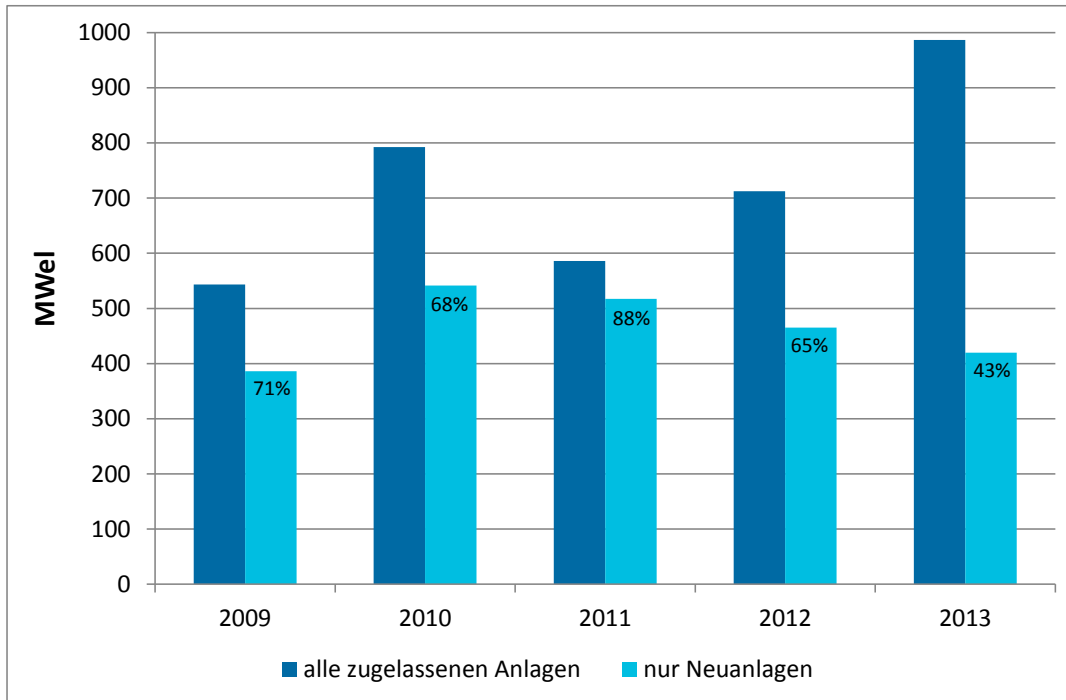
Tabelle 4-2: Im Rahmen des KWKG zugelassene KWK-Anlagen nach Kategorie und Inbetriebnahmehjahr

Anlagenkategorie		Inbetriebnahmehjahr										Gesamt: 2009 bis 2013	
		2009		2010		2011		2012		2013		Anzahl	MW _{el}
		Anzahl	MW _{el}	Anzahl	MW _{el}	Anzahl	MW _{el}	Anzahl	MW _{el}	Anzahl	MW _{el}	Anzahl	MW _{el}
> 2 MW _{el}	Neuanlage	14	242	17	389	16	324	15	250	26	164	88	1 369
	Ersatzanlage	3	15	1	6	4	20	3	11	4	23	15	75
	Modernisierung	7	109	7	159	3	14	11	193	19	507	47	983
	Nachrüstung							1	6			1	6
	unbekannt			1	61							1	61
	Summe Anlagen > 2 MW_{el}	24	366	26	616	23	357	30	460	49	695	152	2 494
> 50 kW _{el} - 2 MW _{el}	Neuanlage	243	91	314	114	368	143	415	163	520	199	1 860	710
	Ersatzanlage	28	19	26	15,1	44	23	36	20,7	19	12,2	153	90,5
	Modernisierung	15	11	19	8	15	10	15	15	32	22	96	67
	unbekannt									1	0	1	0
	Summe Anlagen > 50 kW_{el} bis 2 MW_{el}	286	122	359	137	427	177	466	199	572	233	2 110	868
< 50kW _{el}	Neuanlage	4 725	53	3 048	39	4 118	50	5 117	52	5 463	57	22 471	251
	Ersatzanlage	83	2	49	1	60	2	32	1	3	0	227	6
	Modernisierung	6	0	2	0	2	0	26	0	165	2	201	2
	Bestandsanlage	16	0									16	0
	unbekannt	2	0	2	0					1	0	5	0
	Summe Anlagen < 50kW_{el}	4 832	55	3 101	40	4 180	52	5 175	53	5 632	59	22 920	259
Summe Neuanlagen	4 982	386	3 379	542	4 502	517	5 547	465	6 009	420	24 419	2 330	
% der zugelassenen Anlagen	97 %	71 %	97 %	68 %	97 %	88 %	98 %	65 %	96 %	43 %	97 %	64 %	

Quelle: Öko-Institut auf Basis von BAFA-Daten vom 10.4.2014.

Tabelle 4-2 identifiziert den Anteil der neu zur KWK-Förderung zugelassenen Anlagen, die einen echten Zubau darstellen, also weder Nachrüstung noch Modernisierung noch eine Ersatzinvestition darstellen. Dieser liegt im Mittel von 2009 bis 2013 bei 64 %, gemessen in der installierten Nettoleistung. Etwaige Änderungen in der installierten elektrischen Leistung bei Modernisierung, Nachrüstung oder Ersatzinvestition lassen sich aus den vom BAFA zur Verfügung gestellten Daten nicht ablesen. Den Zeitverlauf der Summen der geförderten installierten elektrischen Leistung verdeutlicht Abbildung 4-1, differenziert nach den insgesamt zugelassenen Anlagen und dem Netto-Zubau aus Neuanlagen.

Abbildung 4-1: KWK-Förderung zugelassene Anlagen nach Inbetriebnahmejahr



Quelle: Öko-Institut auf Basis von BAFA-Daten vom 10.4.2014.

Für 2013 ist im Vergleich zu 2012 ein starker Anstieg der zugelassenen Anlagenkapazitäten (alle Anlagen, inkl. Modernisierungen) zu beobachten. Angesichts der noch offenen Verfahren von bis zu 400 MW_{el} kann dieser Anstieg auch noch größer werden. Auf jeden Fall liegen die in 2013 in Betrieb genommenen bzw. modernisierten zugelassenen Kapazitäten deutlich über allen Werten der Zeitreihe seit 2009. Für die Neuanlagen zeigt Abbildung 4-1 einen abnehmenden Trend seit 2010. Angesichts der der noch offenen Verfahren für Neuinbetriebnahmen in 2013 ist hier für 2013 noch keine endgültige Aussage möglich.

Die durchschnittlichen Anlagengrößen in MW_{el} sind für den kompletten Anlagenpark stark von den Kleinanlagen bis 50 kW_{el} dominiert: Im Durchschnitt lag dieser Kennwert zwischen 2009 und 2013 bei 0,14 MW_{el}. Betrachtet man jedoch nur die Anlagenklasse größer 2 MW_{el}, lag dieser Kennwert im gleichen Zeitraum recht konstant bei ca. 15 MW_{el} pro Anlage. Nur im Jahr 2010, dem Jahr mit den größten Zubauraten seit 2009, lag die durchschnittliche Anlagengröße im Leistungsbereich >2 MW_{el} deutlich höher bei 23,7 MW_{el} pro Anlage. Für den Leistungsbereich >50 kW_{el} bis 2 MW_{el} lag der Kennwert ebenfalls recht konstant bei ca. 0,4 MW_{el} pro Anlage.

Das KWKG 2012 lässt modernisierte Anlagen zur Förderung zu, wenn die Modernisierungskosten mindestens 25 % der Anschaffungskosten einer Neuanlage betragen. Die Förderbedingungen

verbessern sich jedoch ab einem Schwellenwert von 50 % der Neuanschaffungskosten. Vor der KWKG-Novelle von 2012 waren modernisierte Anlagen nur oberhalb einer Kostenschwelle von 50 % förderfähig. Tabelle 4-3 zeigt Anzahl und Nettoleistung der zugelassenen modernisierten KWK-Anlagen nach Klassen der Neuerrichtungskosten und Inbetriebnahmejahr. In Abbildung 4-2 ist die Entwicklung der Nettoleistung grafisch veranschaulicht.

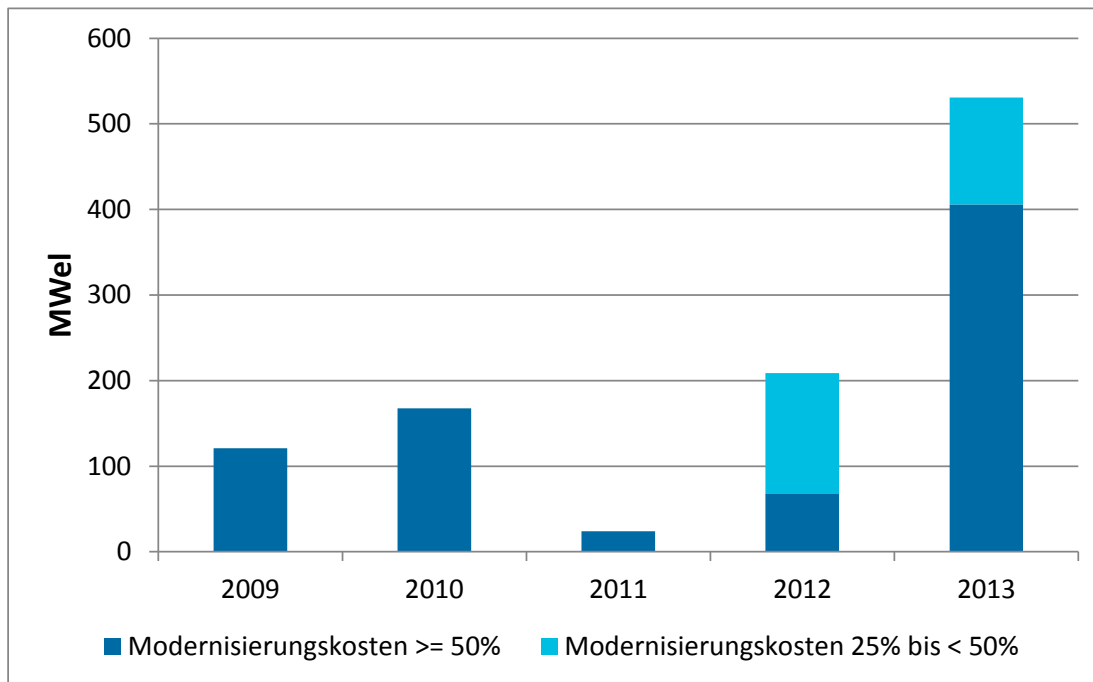
Es wird deutlich, dass 2013 mit über 500 MW_{el} im Vergleich zu den Vorjahren mehr als eine Verdopplung der neu zugelassenen Modernisierungen (gemessen in installierter Leistung) stattgefunden hat. Vorher waren die zugelassenen Modernisierungen langsamer von 121 MW_{el} (2009) auf 209 MW_{el} (2012) gestiegen, mit einem Zwischentief von 24 MW_{el} in 2011. Die Modernisierungsklasse von 25-50 % der Neuanschaffungskosten machte dabei 2012 noch 68 % (gemessen in elektrischer Leistung) der Modernisierungen aus (absolut 141 MW_{el}), 2013 aber nur noch 24 % (absolut 125 MW_{el}).

Tabelle 4-3: Im Rahmen des KWKG zugelassene modernisierte KWK-Anlagen nach Klassen der Neuerrichtungskosten und Inbetriebnahmejahr

	Inbetriebnahmejahr											
	2009		2010		2011		2012		2013		Gesamt: 2009 bis 2013	
Klasse der Modernisierungskosten	Anz.	MW _{el}	Anz.	MW _{el}	Anz.	MW _{el}	Anz.	MW _{el}	Anz.	MW _{el}	Anz.	MW _{el}
<i>>= 50 % der Neuerrichtungskosten</i>	28	121	28	168	20	24	39	67	201	406	316	786
<i>25 % bis < 50 % der Neuerrichtungskosten</i>							13	141	15	125	28	266
Summe modernisierte KWK-Anlagen	28	121	28	168	20	24	52	209	216	531	344	1.052

Quelle: Öko-Institut auf Basis von BAFA-Daten vom 10.4.2014.

Abbildung 4-2: Zur KWK-Förderung zugelassene Anlagen >50 kW_{el} nach Inbetriebnahmejahr



Quelle: Öko-Institut auf Basis von BAFA-Daten vom 10.4.2014.

4.2 Netze und Speicher

Bei der Interpretation der folgenden Daten zu Netzen und Speichern, die auf dem BAFA-Datenstand vom 7.4.2014 beruhen, ist zu beachten, dass die Daten insbesondere für 2013 nicht die tatsächlich in Betrieb genommenen Netze und Speicher widerspiegeln: Sowohl für Netze als auch für Speicher, welche 2013 in Betrieb gegangen sind, müssen die Betreiber ihre Anträge erst bis zum 1. Juli 2014 beim BAFA einreichen, um in den Genuss der KWKG-Förderung zu kommen. Nach Erfahrungen des BAFA wird diese Frist von einem großen Teil der Betreiber genutzt, so dass im Sommer 2014 noch mit einer größeren Anzahl von Anträgen für 2013 zu rechnen ist.

Die Bearbeitung der Anträge für das Inbetriebnahmejahr 2012 beim BAFA ist zudem noch nicht abgeschlossen. Um eine bessere Abschätzung für 2012 zu erlauben, werden deshalb im Folgenden neben den bewilligten Anträgen zusätzlich auch die noch nicht abschließend beschiedenen Anträge aufgeführt.

4.2.1 Wärme- und Kältenetze

Die folgende Auswertung beruht auf dem Datenstand des BAFA vom 7.4.2014. Bis dahin wurden noch keine Kältenetze bewilligt. Es lagen auch keine in Bearbeitung befindlichen Anträge für Kältenetze vor. Deshalb beschränkt sich die Auswertung der Netzförderung auf Wärmenetze.

Tabelle 4-4 und Tabelle 4-5 zeigen Anzahl und Trassenlänge der im Rahmen des KWKG zur Förderung bewilligten Wärmenetze, Stichtag 7.4.2014, welche im Zeitraum 2009-2013 in Betrieb gegangen sind. Tabelle 4-4 differenziert die Anlagen nach Klassen des mittleren Nenndurchmessers. Ein mittlerer Netzdurchmesser von 100 mm (DN 100) stellt hierbei im

Förderverfahren eine Größenschwelle dar, bei der die Förderungskonditionen wechseln. Tabelle 4-5 differenziert nach geförderter Maßnahmenart, also Neubau, Ausbau, Netzverstärkungsmaßnahmen, Netzzusammenschlüsse bzw. Umstellung von Heißdampf auf Heißwasser.

Insgesamt wurden seit dem Inbetriebnahmejahr 2009 bis 2013 2278 Wärmenetze mit einer Trassenlänge von 2014 km zur Förderung bewilligt. Die Netze \leq DN 100 machen dabei im Mittel 72 % der Anzahl bewilligten Netze und 60 % der Trassenlänge aus. Bezüglich der Maßnahmenart spielen nur Neubau (39 % der Netze / 51 % der Trassenlänge) und Ausbau (56 % der Netze / 47 % der Trassenlänge) quantitativ eine Rolle. Auf die übrigen Maßnahmenarten entfallen lediglich 4 % der Anzahl der bewilligten Anträge bzw. 3 % der Trassenlänge.

Tabelle 4-4: Anzahl und Trassenlänge bewilligter Wärmenetze nach Klassen des mittleren Nenndurchmessers und Inbetriebnahmejahren

Größenklasse mittlerer Nenndurchmesser	Inbetriebnahmejahr											
	2009		2010		2011		2012		2013		Gesamt: 2009 bis 2013	
	Anzahl Netze	km Trassenlänge	Anzahl Netze	km Trassenlänge	Anzahl Netze	km Trassenlänge	Anzahl Netze	km Trassenlänge	Anzahl Netze	km Trassenlänge	Anzahl Netze	km Trassenlänge
> DN 500	2	1	1	2							3	3
> DN 200 bis DN 500	28	28	26	64	46	65	17	36	1	2	118	195
> DN 150 bis DN 200	28	29	41	40	47	76	36	47	1	0	153	191
> DN 100 bis DN 150	67	76	102	138	90	84	97	120			356	419
Netze > DN 100	125	134	170	244	183	226	150	203	2	3	630	809
> DN 80 bis DN 100	54	25	63	45	63	47	71	60	3	3	254	179
> DN 60 bis DN 80	68	31	103	71	108	89	127	128	5	2	411	322
> DN 40 bis DN 60	104	47	135	111	140	121	175	199	9	14	563	492
> DN 20 bis DN 40	85	24	92	77	93	42	141	68	4	0	415	211
bis DN 20					1	0	3	0	1	0	5	0
Netze <= DN 100	311	127	393	304	405	299	517	455	22	21	1 648	1 205
Summe bewilligte Wärmenetze	436	261	563	548	588	525	667	658	24	23	2 278	2 014

Quelle: Öko-Institut auf Basis von BAFA-Daten vom 7.4.2014.

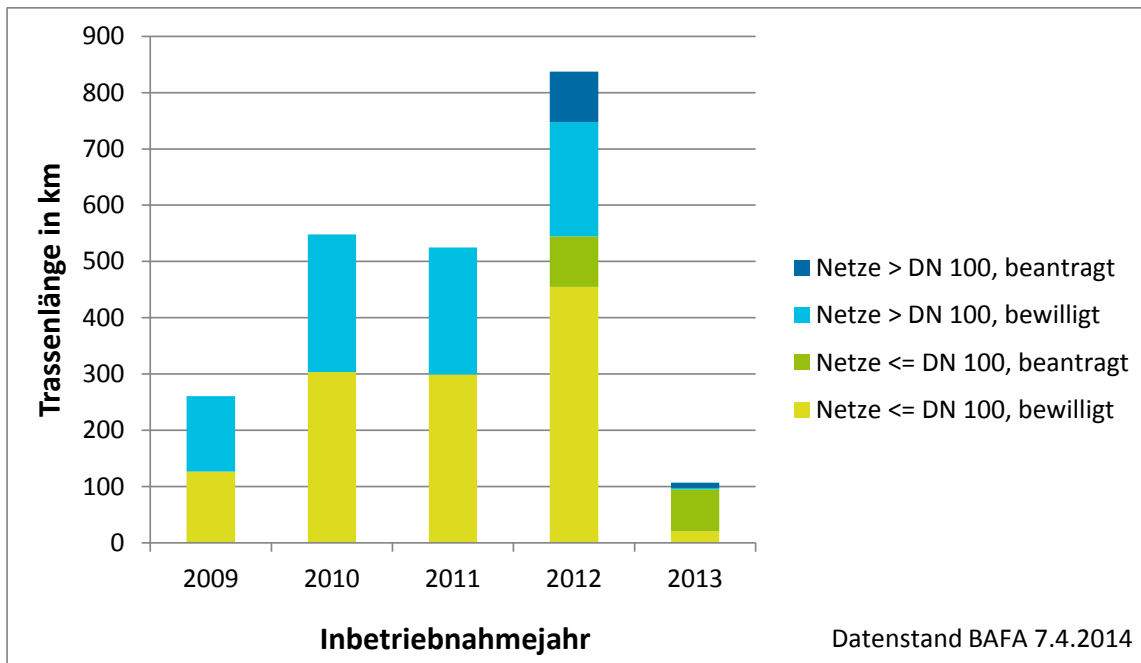
Tabelle 4-5: Anzahl und Trassenlänge bewilligter Wärmenetze nach Maßnahmenart und Inbetriebnahmejahren

Maßnahmenart	Inbetriebnahmejahr											
	2009		2010		2011		2012		2013		Gesamt: 2009 bis 2013	
	Anzahl Netze	km Trassenlänge	Anzahl Netze	km Trassenlänge	Anzahl Netze	km Trassenlänge	Anzahl Netze	km Trassenlänge	Anzahl Netze	km Trassenlänge	Anzahl Netze	km Trassenlänge
<i>Neubau</i>	124	86	234	287	220	236	308	393	10	17	896	1 019
<i>Ausbau</i>	293	169	307	246	326	264	342	253	14	6	1 282	939
<i>Netzverstärkungsmaßnahme</i>	14	5	9	4	26	11	5	2			54	23
<i>Netzzusammenschluss</i>	5	1	13	10	16	13	11	9			45	33
<i>Umstellung von Heißdampf auf Heißwasser</i>							1	0			1	0
Summe bewilligte Wärmenetze	436	261	563	548	588	525	667	658	24	23	2 278	2 014

Quelle: Öko-Institut auf Basis von BAFA-Daten vom 7.4.2014.

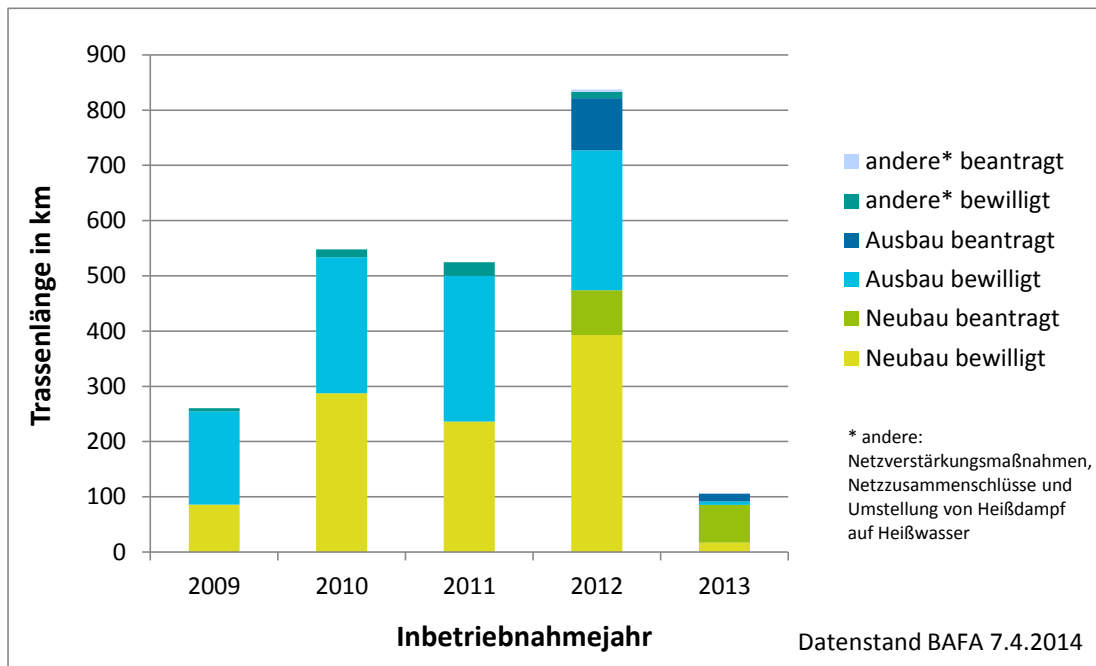
Wie bereits erwähnt spiegeln diese Bewilligungszahlen allerdings die Realität des Netzausbau nur begrenzt (2012) bzw. nicht (2013) wieder. Der komplette Einbruch der Zahlen für 2013 ist der Frist zum 1.7.2014 zuzurechnen, bis zu dem die Anträge für Inbetriebnahmen in 2013 gestellt werden müssen. Auch für 2012 dürften angesichts der nicht abgeschlossenen Bearbeitung seitens des BAFA die endgültigen Zahlen höher ausfallen. Abbildung 4-3 und Abbildung 4-4 visualisieren die Trassenlänge der bewilligten und noch im Antragsverfahren befindlichen Wärmenetze nach Klassen des mittleren Nenndurchmessers bzw. nach Maßnahmenart für die Inbetriebnahmejahre 2009 bis 2013. Die gestapelten Balken für 2012 dürften in diesen Darstellungen eine obere Abschätzung der letztendlich bewilligten Netze darstellen, während die Balken 2013 nicht aussagekräftig sind.

Abbildung 4-3: Nach KWKG geförderte Wärmenetze inklusive offener Anträge nach Klassen des mittleren Nenndurchmessers



Quelle: Öko-Institut auf Basis von BAFA-Daten vom 7.4.2014.

Abbildung 4-4: Nach KWKG geförderte Wärmenetze inklusive offener Anträge nach Maßnahmenart



Quelle: Öko-Institut auf Basis von BAFA-Daten vom 7.4.2014.

4.2.2 Wärme- und Kältespeicher

Die Förderung von Wärme- und Kältespeichern hat erst mit der KWKG-Novelle von 2012 begonnen. Deshalb beginnen die Zeitreihen für die Speicher erst mit dem Inbetriebnahmejahr 2012. Auch für Speicher spiegeln die Bewilligungszahlen zum Stichtag 7.4.2014 allerdings die Realität des Speicherbaues in 2013 nicht adäquat wieder.

Tabelle 4-6 und Tabelle 4-7 zeigen Anzahl und Speichervolumen der im Rahmen des KWKG zur Förderung bewilligten Wärme- und Kältespeicher, Stichtag 7.4.2014, welche im Zeitraum 2009-2013 in Betrieb gegangen sind. Die bewilligten Speicher sind fast vollständig Wärmespeicher, unter den bewilligten Anlagen befinden sich lediglich zwei Kältespeicher (0,4 % des gesamten geförderten Speichervolumens).

Tabelle 4-6 differenziert die Anlagen nach Größenklassen des Speichervolumens. 5 m³ und 50 m³ stellen hierbei die Größenschwellen dar, bei denen das Antragsverfahren beim BAFA wechselt. Das mittlere Speichervolumen der Wärmespeicher schwankt in den vorliegenden Daten stark zwischen den Jahren (141 m³ in 2012, 29 m³ in 2013), was dem Fakt geschuldet ist, dass einige in 2013 in Betrieb genommene Großspeicher noch keinen Antrag beim BAFA gestellt haben (Smuck, 2014). In der Summe der bewilligten Wärmespeicher stellen die Speicher > 50 m³ 13 % der Anlagen und 57 % des Speichervolumens. Die Speicher zwischen 5 und 50 m³ sind 71 % der Anlagen und 24 % des Speichervolumens. Auf die kleinen Speicher bis 50 m³ entfallen dagegen 16 % der Anlagen aber nur 0,4 % des Speichervolumens.

Tabelle 4-7 differenziert nach dem Verwendungszweck, also Raumheizung/Klimatisierung, Warmwasserbereitung bzw. Prozesswärme/-kälte.

Insgesamt wurden seit dem Inbetriebnahmejahr 2012 bis 2013 neben den erwähnten zwei Kältespeichern 56 Wärmespeicher mit einem Speichervolumen von 4761 m³ zur Förderung bewilligt. Bezüglich des Verwendungszwecks spielen vor allem Raumheizung/Klimatisierung (70 % der Wärmespeicher / 74 % des Speichervolumens) und Warmwasserbereitung (18 % der Wärmespeicher / 23 % des Speichervolumens) quantitativ eine Rolle.

Tabelle 4-6: Anzahl und Speichervolumen bewilligter Wärme- und Kältespeicher nach Größenklassen und Inbetriebnahmejahren

Speicherart / Größenklasse	Inbetriebnahmejahr					
	2012		2013		Gesamt: 2012 bis 2013	
	Anzahl Speicher	m ³ Speichervolumen	Anzahl Speicher	m ³ Speichervolumen	Anzahl Speicher	m ³ Speichervolumen
Wärmespeicher	28	3 960	28	802	56	4 761
> 500 m ³	2	3 150			2	3 150
> 100 m ³ bis 500 m ³	1	106			1	106
> 50 m ³ bis 100 m ³	3	235	1	83	4	318
Summe > 50 m³	6	3 491	1	83	7	3 574
> 25 m ³ bis 50 m ³	6	296	14	595	20	891
> 10 m ³ bis 25 m ³	6	113	4	79	10	192
> 5 m ³ bis 10 m ³	6	50	4	32	10	82
Summe > 5 m³ und ≤ 50 m³	18	459	22	707	40	1 166
> 2 m ³ bis 5 m ³	2	7	2	8	4	15
bis 2 m ³	2	3	3	4	5	7
Summe bis 5 m³	4	10	5	12	9	22
Kältespeicher			2	18	2	18
> 5 m ³ bis 10 m ³			2	18	2	18
Summe bewilligte Speicher	28	3 960	30	820	58	4 779

Quelle: Öko-Institut auf Basis von BAFA-Daten vom 7.4.2014.

Tabelle 4-7: Anzahl und Speichervolumen bewilligter Wärme- und Kältespeicher nach Verwendungszweck und Inbetriebnahmejahren

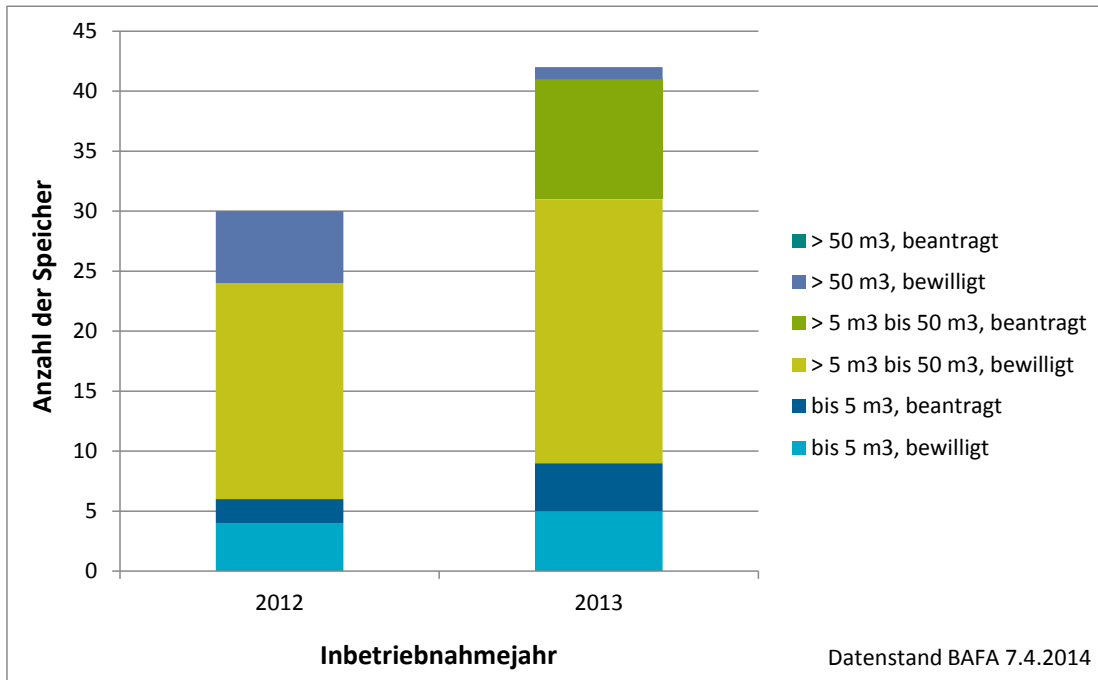
Speicherart / Verwendungszweck	Inbetriebnahmejahr					
	2012		2013		Gesamt: 2012 bis 2013	
	Anzahl Speicher	m ³ Speicher- volumen	Anzahl Speicher	m ³ Speicher- volumen	Anzahl Speicher	m ³ Speicher- volumen
Wärmespeicher	28	3 960	28	802	56	4 761
<i>Raumheizung/Klimatisierung</i>	20	2 913	19	608	39	3 521
<i>Warmwasserbereitung</i>	7	1 042	3	35	10	1 077
<i>Prozesswärme/-kälte</i>	1	5	4	108	5	113
<i>unbekannt</i>			2	51	2	51
Kältespeicher			2	18	2	18
<i>Raumheizung/Klimatisierung</i>			1	8	1	8
<i>Prozesswärme/-kälte</i>			1	10	1	10
Summe bewilligte Speicher	28	3 960	30	820	58	4 779

Quelle: Öko-Institut auf Basis von BAFA-Daten vom 7.4.2014.

Wie bereits erwähnt spiegeln diese Bewilligungszahlen allerdings die Realität des Speicherbaus in 2013 nicht wieder. Der Einbruch der Zahlen für 2013 ist der Frist zum 1.7.2014 zuzurechnen, bis zu dem die Anträge für Inbetriebnahmen in 2013 gestellt werden müssen. Für 2012 sind lediglich die Anträge für 2 kleine Wärmespeicher unter 5 m³ noch nicht abschließend bearbeitet. Deshalb dürften sich die endgültigen Daten für 2012 kaum noch ändern.

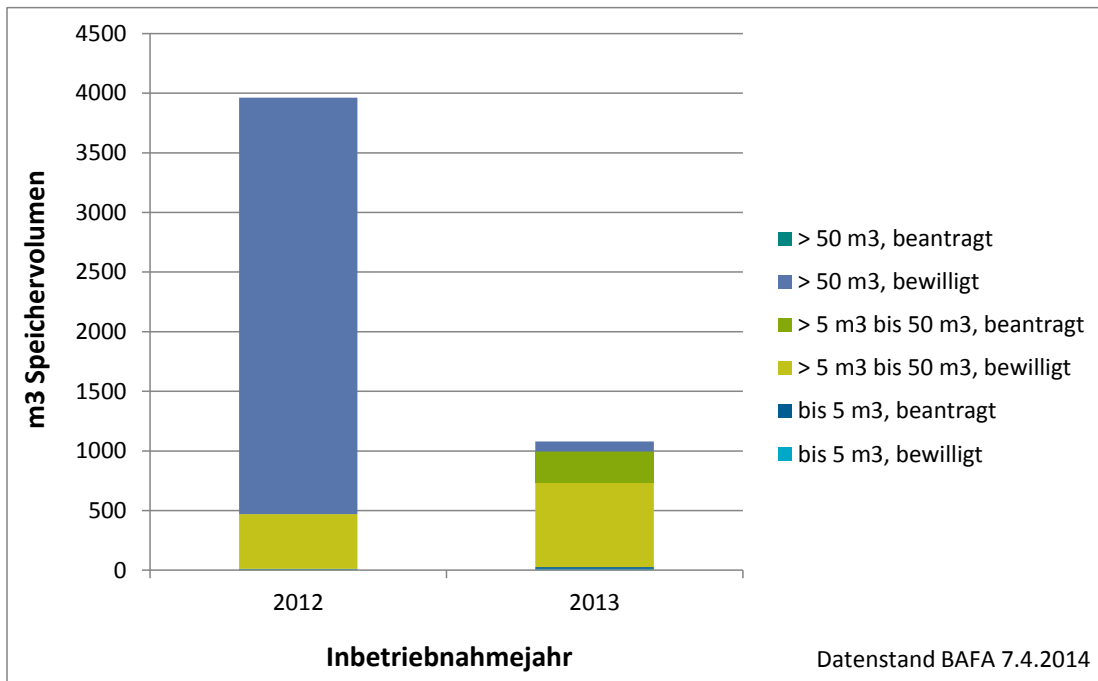
Abbildung 4-5 und Abbildung 4-6 visualisieren Anzahl bzw. das Speichervolumen der bewilligten und noch im Antragsverfahren befindlichen Wärmespeicher nach Klassen des Speichervolumens für die Inbetriebnahmejahre 2012 und 2013. Abbildung 4-7 zeigt das Speichervolumen nach Verwendungszweck. Die gestapelten Balken für 2012 dürften in diesen Darstellungen eine recht genaue Abschätzung der letztendlich bewilligten Speicher darstellen, die zwei kleinen noch beantragten Anlagen fallen, wie erwähnt, hier nicht ins Gewicht. Für 2013 spielen die beantragten und noch nicht bewilligten Speicher zwar optisch eine Rolle, die Gesamtsumme ist aber bis zur tatsächlichen Bewilligung der Anlagen nicht aussagekräftig.

Abbildung 4-5: Anzahl der nach KWKG geförderten Wärmespeicher inklusive offener Anträge nach Größenklassen



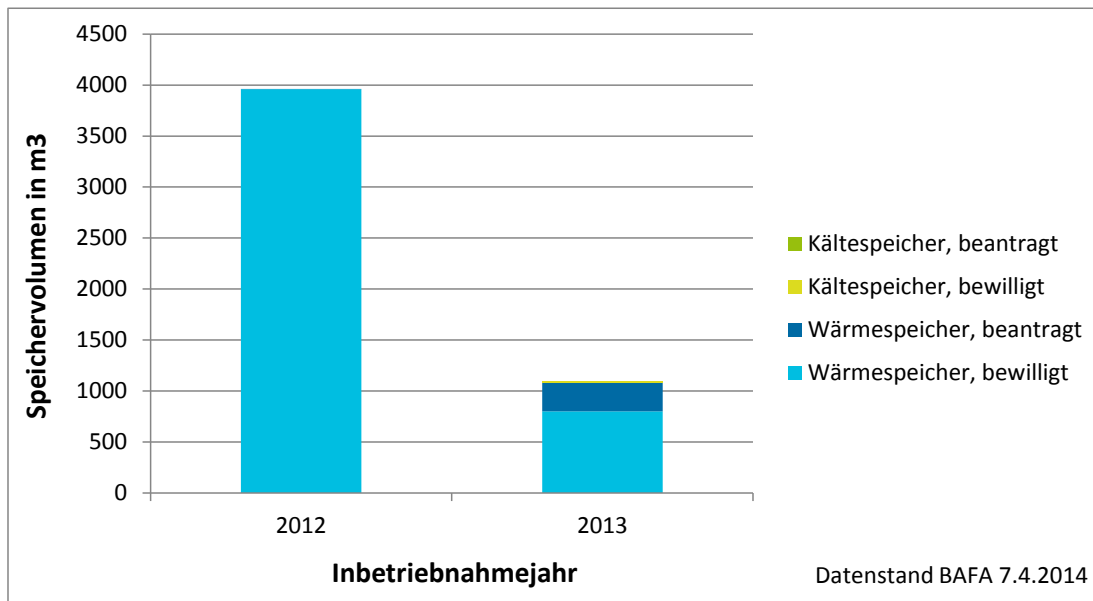
Quelle: Öko-Institut auf Basis von BAFA-Daten vom 7.4.2014.

Abbildung 4-6: Speichervolumen der nach KWKG geförderten Wärmespeicher inklusive offener Anträge nach Größenklassen



Quelle: Öko-Institut auf Basis von BAFA-Daten vom 7.4.2014.

Abbildung 4-7: Speichervolumen der nach KWKG geförderten Speicher inklusive offener Anträge nach Verwendungszweck



Quelle: Öko-Institut auf Basis von BAFA-Daten vom 7.4.2014.

4.3 Jährliche Fördersummen nach KWKG

Die Fördersummen nach KWKG, welche auf die nicht von der Umlage befreiten Stromverbraucher umgelegt werden können, sind laut Gesetz auf 750 Millionen Euro pro Kalenderjahr begrenzt, dies beinhaltet sowohl die Vergütungen an Betreiber von KWK-Anlagen für den eingespeisten Strom als auch die Zahlungen an Netz- und Speicherbetreiber. Für Netze und Speicher gilt ein zusätzlicher Deckel von 150 Millionen Euro pro Jahr. Falls diese Summen überschritten werden sollten, werden die Auszahlungen ins nachfolgende Kalenderjahr verschoben.

Die Auszahlung an die Betreiber von KWK-Anlagen erfolgt durch die Stromnetzbetreiber, und zwar auf Basis der von den Anlagenbetreibern gemeldeten (und je nach Anlagengröße durch Wirtschaftsprüfer zertifizierten) Stromeinspeisung in Kombination mit dem Zulassungsbescheid des BAFA. Die Auszahlungen an die Betreiber von Netzen und Speichern erfolgen ebenfalls durch die jeweiligen Stromnetzbetreiber auf der Grundlage der Zulassungsbescheide des BAFA.

Die vier deutschen Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) koordinieren die deutschlandweite Umlage und veröffentlichen regelmäßig die ausgezahlten Beträge. Seit Februar 2014 wurde die bisher hierfür genutzte Internetseite www.eeg-kwk.de durch www.netztransparenz.de abgelöst.

Tabelle 4-8 fasst die Jahresberichte der ÜNB 2009 – 2012 zusammen. Es wird deutlich, dass die Auszahlungen seit 2009 immer deutlich unter der 750 Mio. Euro-Schwelle geblieben sind. Seit 2009 (490 Mio. Euro) fielen die Auszahlungsbeträge bis auf 220 Mio. Euro in 2011, 2012 stiegen sie leicht auf 264 Mio. Euro an.

Tabelle 4-8: Auszahlungen der Stromnetzbetreiber im Rahmen des KWKG, 2009 - 2012

Kategorie (§) bis 18/07/2012	Kategorie (§) ab 19/07/2012	Anlagenkategorie	2009	2010	2011	2012
			Mio. €			
5.1.2		Neue Bestandsanlagen	210			
5.1.3		Modernisierte Anlagen	216	240		
5.1.4		Hocheffiziente, modernisierte Anlagen	3	18	35	34
5.2.1a		kleine KWK-Anlagen (Zubau) > 50 kW bis max. 2 MW elektr. Leistung, die ab dem 01.04.2002 bis zum 31.12.2008 in Dauerbetrieb genommen worden sind	22	22		
5.2.1b	5.1.1a	kleine KWK-Anlagen (Zubau) bis max. 50 kW	24	40	50	61
	5.1.1b	kleine KWK-Anlagen größer 50 kW bis 2 MW				3
5.2.1c		hocheffiziente kleine KWK-Anlagen (Zubau) > 50 kW bis max. 2 MW elektr. Leistung, die ab dem 01.01.2009 in Dauerbetrieb genommen wurden	5	17	32	52
	5.2	hocheffiziente neue KWK-Anlagen bis zu 2 MW				2
	5.3b	hocheffiziente KWK-Anlagen größer 50 kW				3
5.3		KWK-Anlagen > 2 MW (hocheffiziente Neuanlagen)	6	29	44	55
5.2.2	5.1.1c	Brennstoffzellen	0,12	0,16	0,042	0,075
		Korrekturen der Vorjahre (durch WP-Bescheinigungen vollständig belegt)	0	19	34	24
		Zuschlagszahlungen an Wärmenetzbetreiber	4	11	25	0
		Zuschlagszahlungen an Wärme- / Kältenetzbetreiber, Wärme- / Kältespeicherbetreiber, Kleinst-KWK-Anlagen				30
		Summe	490	397	220	264

Quelle: Öko-Institut auf Basis der ÜNB-Daten vom Stand Oktober 2013 (ÜNB, 2014).

Für die Förderungssummen für Netz- und Speicherbetreiber lassen sich die Angaben der ÜNB mit den Daten des BAFA vergleichen, welches die Zulassungsbescheide für Netz- und Speicherbetreiber erlässt und somit auch die Fördersummen festlegt. Tabelle 4-9 zeigt diesen Vergleich:

Tabelle 4-9: Förderungsbeträge für Netze und Speicher

	Jahr der Auszahlung (ÜNB) / Zulassung (BAFA)			
	2009	2010	2011	2012
	Mio. €			
Auszahlungen Netzbetreiber (ÜNB)				
Zuschlagszahlungen an Wärmenetzbetreiber	3,59	11,45	25,47	
Zuschlagszahlungen an Wärme- / Kältenetzbetreiber, Wärme- / Kältespeicherbetreiber, Kleinst-KWK-Anlagen				29,51
Summe Auszahlungen	3,59	11,45	25,47	29,51
Zulassungsbescheide BAFA				
Wärmnetzbetreiber seit 2009		19,80	44,99	49,07
Speicherbetreiber seit 2012				-
Summe Zulassungsbescheide		19,80	44,99	49,07

Quelle: Öko-Institut auf Basis der ÜNB-Daten vom Stand Oktober 2013 (ÜNB, 2014) und von BAFA-Daten vom 10.4.2014.

Es wird deutlich, dass die Summen laut BAFA deutlich über den von den ÜNB ausgezahlten Beträgen liegen. Inhaltlich sind diese Differenzen als offene Forderungen der Wärme-/Kälte-Netz- bzw. Speicherbetreiber gegenüber den Stromnetzbetreibern bzw. der KWKG-Umlage zu interpretieren. Bei einem Fördervolumen von ca. 50 Mio. Euro in 2012 gemäß BAFA war allerdings der Förderungsdeckel von 150 Mio. Euro pro Jahr für Netze und Speicher bei weitem nicht erreicht.

5 Ermittlung der eingesparten CO₂-Emissionen

Die Effizienz von KWK-Anlagen und damit die CO₂-Einsparung durch die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung ist ein entscheidender Vorteil der KWK-Technologie, die deren besondere Förderung durch separate politische Zielsetzung und finanzielle Zuwendungen rechtfertigt.

Diese CO₂-Einsparung soll im Folgenden näher betrachtet werden, wobei im ersten Abschnitt die grundsätzliche Methodik erläutert wird, im folgenden Abschnitt die Referenzsysteme diskutiert werden und schließlich die CO₂-Einsparung für die aggregierte KWK-Erzeugung im Jahr 2012 ermittelt wird.

5.1 Methodik

Die hier angestellte Ermittlung der eingesparten CO₂-Emissionen bezieht sich allein auf die Betrachtung der Strom- und Wärmeerzeugung von KWK-Anlagen, die anstelle anderer Strom- und Wärmeerzeugung (der Referenzsysteme) erfolgt. Die Klima-Auswirkungen einer KWK-Erzeugung, die durch den Einsatz von Flexibilitätsoptionen zu verzeichnen sind und damit eine stärkere Einbringung der erneuerbaren Stromerzeugung ermöglichen, müssen mit einer Modellierung des gesamten Stromerzeugungsparks ermittelt werden.

Zur Ermittlung der CO₂-Einsparung durch den Einsatz der KWK werden im ersten Schritt die CO₂-Emissionen der KWK-Erzeugung berechnet. Dabei wird der gesamte Brennstoffeinsatz für die KWK-Erzeugung berücksichtigt, so dass eine Allokation der Brennstoffe zu den Produkten in diesem Schritt nicht erforderlich ist. Für diese Berechnungen werden die Brennstoff-Emissionsfaktoren aus dem Projekt KWK-Monitoring übernommen.

Um die CO₂-Einsparung zu quantifizieren, werden Referenzsysteme definiert, die die Annahme enthalten, welche Einzelerzeugungssysteme anstatt der gekoppelten Erzeugung zum Einsatz gekommen wären. Zum einen müssen dazu die Referenzsysteme für die Wärmeerzeugung, zum anderen für die Stromerzeugung definiert werden. Diese Referenzsysteme, besonders die hinterlegten Strom-Emissionsfaktoren, sind überaus entscheidend für die Höhe der ermittelten Einsparung.

Die folgende Betrachtung erfolgt für die Gesamt-KWK-Erzeugung und erfordert damit die Verwendung von Durchschnittswerten. Die spezifischen CO₂-Einsparungen von Einzelsystemen können deutlich von diesen Ergebnissen abweichen, in Abhängigkeit von den tatsächlichen zur Wahl stehenden Systemen und Möglichkeiten.

Die KWK-Stromerzeugung wird hier unterteilt:

- Zum einen in einen Teil, der flexibel auf die Verhältnisse am Strommarkt reagiert – und damit in Zeiten hoher Stromeinspeisung durch Erneuerbare Energien vermieden wird.
- Zum anderen in einen Teil, der nicht Strommarkt-dienlich agiert und damit auch zu Zeiten Strom ins Netz liefert, zu denen dieser nicht wirklich benötigt wird.

Die flexible Stromerzeugung wird mit einem hohen Emissionsfaktor „belohnt“, der sich an dem Emissionsfaktor (EF) des verdrängten Kraftwerkes orientiert, wohingegen der unflexible Strom gegen den Emissionsfaktor des Strommix gerechnet wird. Weitere Ausführungen zu den hier angewendeten Emissionsfaktoren und der Aufteilung in flexible und unflexible Stromerzeugung sind im Anhang in Kapitel 8 zu finden. Die angesetzten Emissionsfaktoren der Referenzsysteme sind in Tabelle 5-1 dargestellt.

Tabelle 5-1: Emissionen der Referenzsysteme für die Berechnung der CO₂-Einsparung im Jahr 2012 und 2020

		2012	2020
Flexible KWK-Stromerzeugung	gCO ₂ /kWh	900	700
Unflexible KWK-Stromerzeugung		600	397
Wärmeerzeugung GHD/HH		232	190
Wärmeerzeugung Industrie		254	254

Quelle: (RWI, 2013); (Fraunhofer ISI, 2013); (IfE, 2013), eigene Berechnungen und Annahmen.

5.2 Ergebnisse

Die Differenz zwischen den Emissionen der Referenzsysteme und der KWK-Erzeugung (siehe Tabelle 8-4) ergibt die CO₂-Einsparung, für das Jahr 2012 insgesamt fast 40 Mio. t CO₂. Die Ergebnisse nach Berichtskreisen sind in Tabelle 5-2 dargestellt.

Tabelle 5-2: CO₂-Einsparungen durch KWK-Erzeugung im Jahr 2012

Berichtskreis	KWK-Erzeugung 2012			CO ₂ -Emission KWK	CO ₂ -Emissionen der Referenzsysteme				Eingesparte CO ₂ -Emissionen
	TWh				Mio. t CO ₂				
	Strom		Wärme	Gesamt	Strom		Wärme	Gesamt	Gesamt
flexibel	unflexibel	flexibel			unflexibel				
Allgemeine Versorgung	35,8	15,3	96,0	48,0	32,2	9,2	22,3	63,7	15,6
Industrielle Kraftwirtschaft	4,5	23,8	84,1	29,3	4,1	14,3	21,4	39,7	10,4
Summe der amtlich erfassten Erzeugung	40,3	39,1	180,1	77,3	36,3	23,5	43,6	103,4	26,1
BHKW unter 1 MW	0,0	4,5	6,9	2,8	0,0	2,7	1,6	4,3	1,5
Nicht erfasste biogene Anlagen	1,1	10,1	18,0	0,0	1,0	6,0	4,2	11,2	11,2
Nicht-erfasste BHKW und nicht-erfasste biogene Anlagen ¹⁾	1,1	14,6	24,9	2,8	1,0	8,8	5,8	15,5	12,8
Gesamt	41,4	53,7	205,0	80,1	37,3	32,2	49,4	118,9	38,8

Quelle: Eigene Berechnungen.

Eine Doppelzählung der CO₂-Einsparungen erfolgt mit der hier gewählten Methodik nicht, da ausschließlich die CO₂-Einsparungen gegenüber den Referenzsystemen berechnet werden.

Eine Berücksichtigung von Wärmenetzverlusten wird an dieser Stelle nicht verfolgt: Die KWK-Emissionen könnten um einen gewissen Prozentsatz erhöht werden um die Leitungsverluste, die im Vergleich zu den Referenzsystemen zusätzlich entstehen, abzubilden. Da die CO₂-Emissionen der KWK aber nur aggregiert, also für Strom und Wärme zusammen ermittelt werden, müsste dazu an erster Stelle eine Aufteilung der Emissionen auf die KWK-Strom- und Wärmeerzeugung erfolgen, die nur durch eine Abschätzung erfolgen kann. Anschließend würde auf den KWK-Brennstoffeinsatz für die Wärmeerzeugung ein Prozentsatz für die Netzverluste aufgeschlagen werden, der wiederum nur einen Schätzwert darstellen kann. Schließlich würde sich die Gesamteinsparung im Vergleich zu den Referenzsystemen um einen geringen Betrag reduzieren.

In Anbetracht der Menge der Annahmen und Abschätzungen (Referenz-Emissionen, Aufteilung der KWK-Energieträger, Netzverluste) würde die Aussagekraft der absoluten CO₂-Einsparung nicht erhöht werden können.

Einen bedeutenden Anteil an der CO₂-Einsparung hat die biogene KWK-Erzeugung, die derzeit nach der Logik der Treibhausgasinventare mit einem Emissionsfaktor von 0 angesetzt wird. Wird die biogene KWK-Erzeugung einzeln betrachtet, ergibt sich eine CO₂-Einsparung von 20 Mio. t CO₂, also mehr als der Hälfte der CO₂-Einsparung der gesamten KWK-Erzeugung.

Wird die KWK-Erzeugung des Jahres 2012 mit den Emissionsfaktoren der Referenzsysteme für das Jahr 2020 betrachtet, reduziert sich die CO₂-Einsparung durch KWK auf knapp 15 Mio. t CO₂.

Der hier verfolgte Ansatz beruht auf einer differenzierten Bewertung von flexibler und unflexibler Stromerzeugung und Annahmen zu deren Anteilen. Wie oben beschrieben ist die ermittelte CO₂-Einsparung stark abhängig von der Wahl des unterlegten Strom-Referenzsystems: Wird beispielsweise für die gesamte Stromerzeugung der untere oder obere Wert von 600 oder 900 g CO₂ /kWh angesetzt, ergibt sich (bei gleichen Wärme-Referenzsystemen) eine Spanne der CO₂-Einsparung von 26 bis 55 Mio. t CO₂,

Literaturverzeichnis

- BAFA. (2014). *Zulassung von KWK-Anlagen nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz, Datenstand 20.2.2014* (S. 1). Abgerufen von http://www.bafa.de/bafa/de/energie/kraft_waerme_kopplung/publikationen/statistik_kwanlagen.pdf
- Baten, Buttermann und Nieder. (2014). *Gesamtbilanz der Kraft-Wärme-Kopplung 2003 bis 2012*. In: *Energiewirtschaftliche Tagesfragen*, Mai 2014.
- BDEW. *Persönliche Kommunikation*.
- BMU. (2012). *Erneuerbare Energien in Zahlen*. Auf Grundlage der AGEE-Stat.
- BMWI. (2013). *Zahlen und Fakten. Energiedaten. Nationale und internationale Entwicklung*. Tabellenblatt 22.
- Bundesnetzagentur. (2012). *Biogas-Monitoringbericht 2012 - Bericht der Bundesnetzagentur über die Auswirkungen der Sonderregelungen für die Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz gemäß § 37 GasNZV an die Bundesregierung zum 31.05.2012* (S. 40). Abgerufen von <http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Bundesnetzagentur/Publikationen/Berichte/2012/BioGasMonitoringbericht2012.pdf>
- Bundesnetzagentur. (2013). *Biogas-Monitoringbericht 2013 - Bericht der Bundesnetzagentur über die Auswirkungen der Sonderregelungen für die Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz gemäß § 37 GasNZV an die Bundesregierung zum 31.05.2013*.
- Bundesnetzagentur. (2014). *Kraftwerksliste*. Stand: 02.04.2014. Abgerufen von http://www.bundesnetzagentur.de/cln_1911/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerksliste/kraftwerksliste-node.html
- DBFZ. (2013). *Prognose zur Strom- und Wärmeerzeugung aus Biomasse. Kurzgutachten für die AGEE-Stat*.
- dena. (2012). *Branchenbarometer Biomethan. Daten, Fakten und Trends zur Biogaseinspeisung. 2/2012* (S. 13). Abgerufen von http://www.dena.de/fileadmin/user_upload/Projekte/Erneuerbare/Dokumente/Branchenbarometer_Biomethan_11_2012_Download.pdf
- FFE. (2009). *Primärenergetische Bewertung von Fernwärme aus KWK*.
- Fraunhofer ISI. (2013). *Anwendungsbilanzen für das Jahr 2011 für das verarbeitende Gewerbe*.
- Fraunhofer IWES et al. (2013). *Evaluierung der Biomethanbereitstellung, -verteilung und -nutzung in Deutschland durch ein Marktmonitoring*.
- Gores & Emele. (2013). *BHKW-Markt unter Druck*. In: *Energie & Management*, 15.12.2013.
- IfE. (2013). *Anwendungsbilanzen 2010 und 2011 für den Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD)*.
- IZES. (2014). *KWK-Eigenerzeugung in der Energiewende - Analyse und Bewertung der Eigenerzeugung mit KWK in Bezug auf die aktuell diskutierten Änderungsvorschläge vor dem Hintergrund und unter den Perspektiven einer Politik zur konsequenten Umsetzung der Energiewende*.

- Öko-Institut. (2012). *Monitoring der Kraft-Wärme-Kopplungs-Vereinbarung vom 19. Dezember 2003 für den Teilbereich Kraft-Wärme-Kopplung Berichtszeitraum 2010 (Vierter und letzter Bericht).*
- Öko-Institut. (2013). *KWK-Ausbau: Entwicklung, Prognose, Wirksamkeit der Anreize im KWK-Gesetz unter Berücksichtigung von Emissionshandel, Erneuerbare-Energien Gesetz und anderen Instrumenten.* Im Auftrag des UBA. Dezember 2012.
- Prognos. (2013). *Maßnahmen zur nachhaltigen Integration von Systemen zur gekoppelten Strom- und Wärmebereitstellung in das neue Energieversorgungssystem.*
- Prognos + BEA. (2011). *Zwischenüberprüfung zum Gesetz zur Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung.*
- Rüther, T. (ZSW). (2014). *Persönliche Mitteilung 10.4.2014.*
- RWI. (2013). *Anwendungsbilanzen 2010-2011 Private Haushalte.*
- Smuck, A. (BAFA). (2014). *Persönliche Mitteilung, April 2014.*
- Statistisches Bundesamt (StBA). *Erhebungen StBA 066+067.*
- UBA. (2013). *Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050.*
- ÜNB. (2014). *Jahresabrechnungen zum Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz.* Abgerufen von http://www.netztransparenz.de/de/KWK_Jahresabrechnungen.htm

Anhang

6 Datengrundlage und Methodik zur Ermittlung der Strom- und Wärmeerzeugung

Die Ermittlung der KWK-Strom- und Wärmeerzeugung erfolgt in Anlehnung an die Methodik, die im KWK-Monitoringbericht (Öko-Institut, 2012) entwickelt wurde. Als Datengrundlage werden die Daten des Statistischen Bundesamtes (Erhebungen 066 und 067) sowie das auf Basis der BHKW-Umfrage des Öko-Instituts abgeleitete Bestandsmodell für die fossilen Anlagen unter 1 MW_{el} verwendet.

Abweichend vom Monitoringbericht wurden für die Netto-KWK-Stromerzeugung aus biogenen Anlagen außerhalb der statistischen Erfassungen 066 und 067 die Daten von der AGEE-Stat übernommen.

6.1 KWK-Anlagen der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft (Statistische Erhebungen 066 und 067)

In Tabelle 6-1 ist die Netto-Stromerzeugung der Allgemeinen Versorgung (Statistische Erhebung 066) und der industriellen Kraftwirtschaft (Statistische Erhebung 067) in den Jahren 2003 bis 2012 dargestellt, außerdem die KWK-Anteile, die sich aus der Division der gesamten KWK- zur gesamten Netto-Stromerzeugung ergeben.

Die KWK-Stromerzeugung der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft zusammen stieg von 74 TWh im Jahr 2003 auf 79 TWh in 2012, mit einem Höhepunkt im Jahr 2010 von 83 TWh (dem Zieljahr der KWK-Vereinbarung).

Die KWK-Anteile liegen in der industriellen Kraftwirtschaft stets deutlich höher als in der allgemeinen Versorgung. Dort sind sie über den gesamten Zeitverlauf von 53,3 auf knapp 69,6 % gestiegen, wobei ein erheblicher Anstieg im Jahr 2012 von einer Umverteilung von Kraftwerken ohne KWK von der industriellen Kraftwirtschaft zur allgemeinen Versorgung herrührt. In der allgemeinen Versorgung fand hingegen nur ein Anstieg von 10,1 auf 11,7 % statt (mit einem parallel zum Anstieg bei der industriellen Kraftwirtschaft leichten Absinken der Anteile im Jahr 2012). Über beide Bereiche zusammen ergibt sich damit ein Anstieg der KWK-Anteile von 13,6 auf 16,7 %.

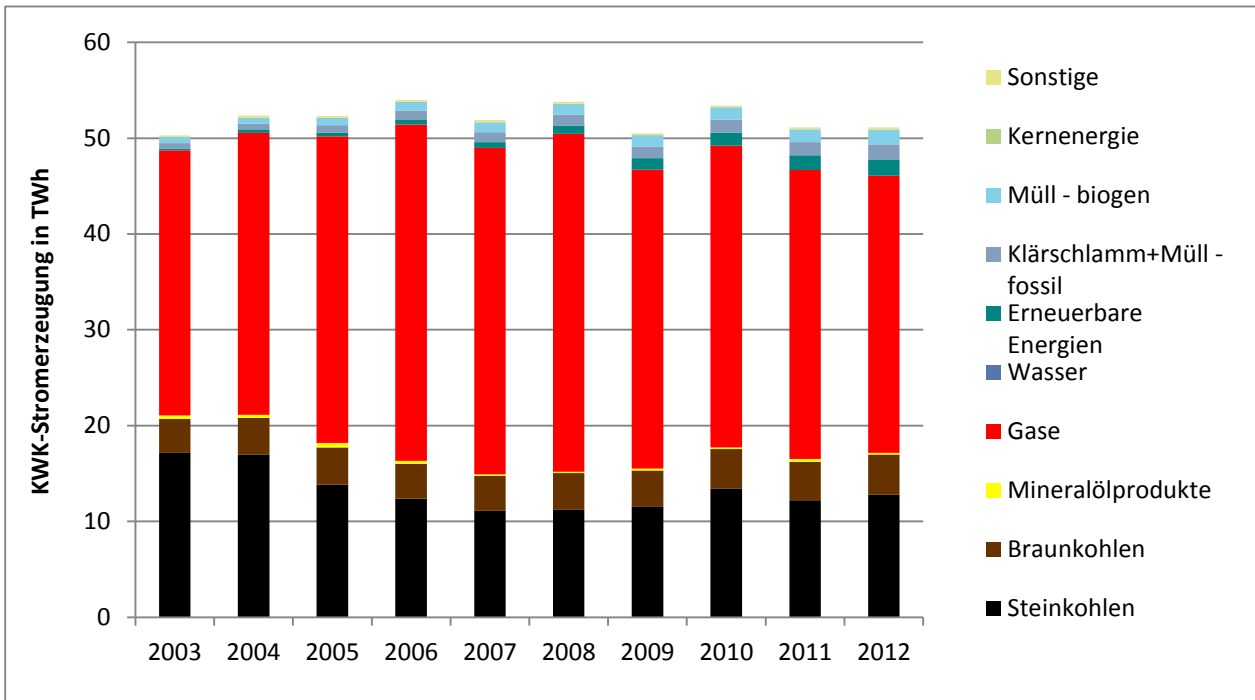
Tabelle 6-1: KWK-Nettostromerzeugung und Gesamtnettostromerzeugung der AV und IKW, KWK-Anteile

	Netto-Stromerzeugung Gesamt und KWK (TWh)									
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Allgemeine Versorgung										
Gesamt	498	499	498	505	488	489	446	469	431	435
Gesamt (KWK-fähig)	321	317	320	323	331	325	297	312	309	317
KWK	50	52	52	54	52	54	50	53	51	51
Industrielle Kraftwirtschaft										
Gesamt	44	44	46	47	49	46	43	49	47	41
Gesamt (KWK-fähig)	44	44	46	46	49	45	42	48	46	40
KWK	24	23	26	26	26	26	27	30	28	28
Gesamt (AV und IKW)										
Gesamt	542	543	543	552	537	534	489	518	478	476
Gesamt (KWK-fähig)	365	360	365	369	379	370	339	360	355	358
KWK	74	75	78	80	78	79	77	83	80	79
	KWK-Anteile, bez. auf Gesamt Netto-Stromerzeugung (%)									
Allgemeine Versorgung	10.1	10.5	10.5	10.7	10.6	11.0	11.3	11.4	11.9	11.7
Industrielle Kraftwirtschaft	53.3	51.9	55.7	55.0	52.6	56.4	62.5	60.9	60.9	69.6
Gesamt (AV und IKW)	13.6	13.9	14.3	14.5	14.4	14.9	15.8	16.1	16.6	16.7

Quelle: StBA 066+067; eigene Berechnungen.

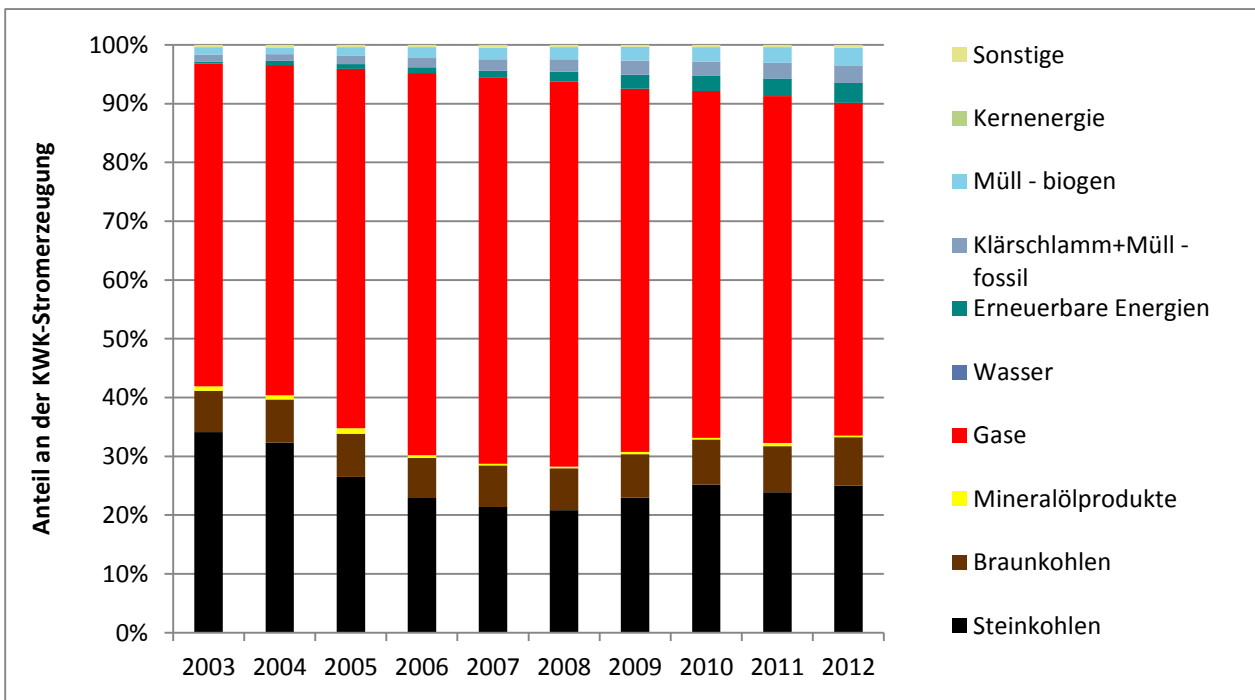
Die Anteile der Energieträger, die zur KWK-Erzeugung zum Einsatz kamen, sind in den folgenden vier Abbildungen einmal absolut, einmal prozentual, getrennt für die allgemeine Versorgung und industrielle Kraftwirtschaft dargestellt.

Abbildung 6-1: Energieträger-Anteile der KWK-Nettostromerzeugung der AV (Erhebung 066), absolut



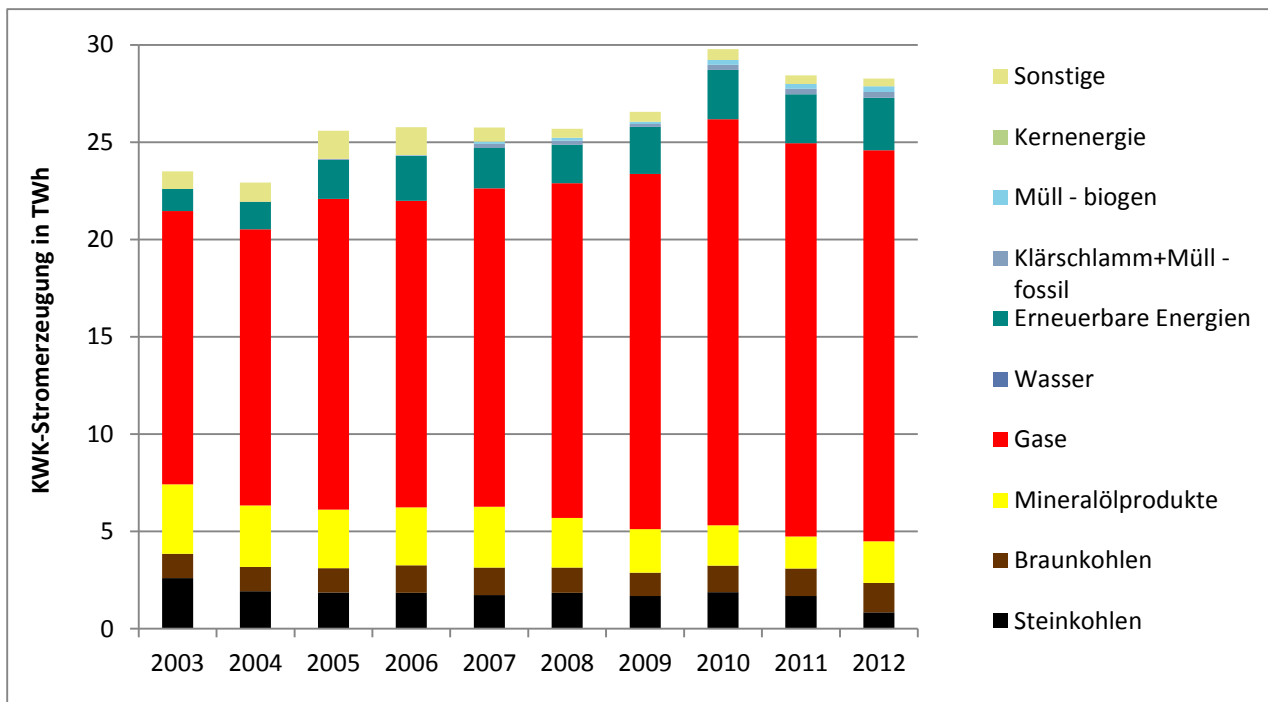
Quelle: StBA 066+067; eigene Berechnungen.

Abbildung 6-2: Energieträger-Anteile der KWK-Nettostromerzeugung der AV (Erhebung 066), prozentual



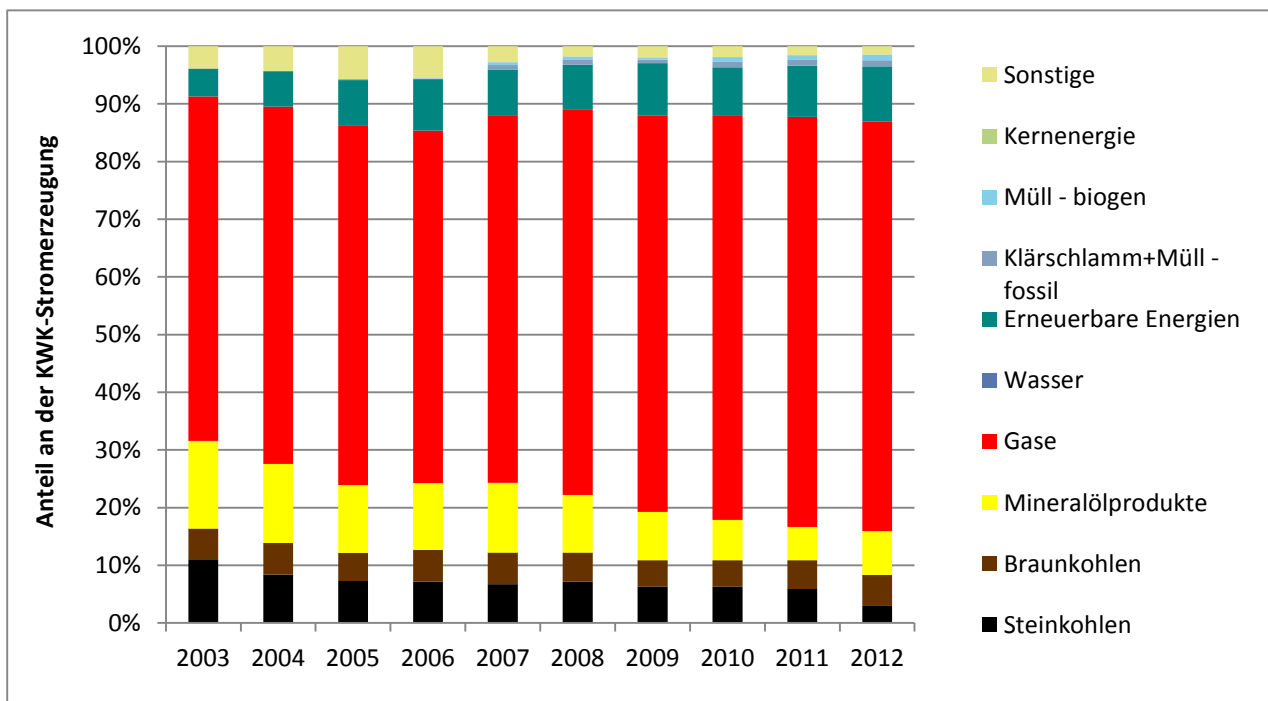
Quelle: StBA 066+067; eigene Berechnungen.

Abbildung 6-3: Energieträger-Anteile in der industriellen Kraftwirtschaft, absolut



Quelle: StBA 066+067; eigene Berechnungen.

Abbildung 6-4: Energieträger-Anteile in der industriellen Kraftwirtschaft, prozentual



Quelle: StBA 066+067; eigene Berechnungen.

Deutlich zu erkennen ist die große Dominanz des Einsatzes von Erdgas in der KWK-Stromerzeugung. In der allgemeinen Versorgung hatte dieser sein Maximum im Jahr 2008, seitdem entwickelt er sich rückläufig. Der Braunkohle-Anteil nimmt seit 2006 wieder zu, ebenso steigt der Steinkohle-Einsatz kontinuierlich seit dem Jahr 2007. Ein stetiger absoluter Zuwachs ist beim Einsatz der erneuerbaren Energien und der Müllverbrennung² zu verzeichnen.

In der industriellen Kraftwirtschaft ist ein deutlich höherer Anteil des Einsatzes von Mineralölprodukten zu verzeichnen, der aber über die Jahre kontinuierlich abgenommen hat. Der prozentuale wie absolute Anteil der erneuerbaren Energien ist deutlich höher als in der allgemeinen Versorgung, was vor allem mit der Verwendung von Papier-Reststoffen zu erklären ist. Der Kohleeinsatz ist seit 2004 auf konstantem Niveau geblieben (mit einem deutlichen Einbruch im Steinkohle-Einsatz im Jahr 2012 durch den Wechsel eines großen Kraftwerkes in die Berichterstattung der allgemeinen Versorgung).

In den Daten der Erhebungen 066 und 067 lassen sich außerdem die KWK-Wärmeerzeugung sowie der Gesamtnutzungsgrad und die Stromkennzahl ablesen. Diese Kennzahlen sind in Tabelle 6-2 dargestellt.

Tabelle 6-2: Kennzahlen der AV und IKW

		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
KWK-Stromerzeugung		74	75	78	80	78	79	77	83	80	79
Allgemeine Versorgung		50	52	52	54	52	54	50	53	51	51
Industrielle Kraftwirtschaft		24	23	26	26	26	26	27	30	28	28
KWK-Wärmeerzeugung		176	178	181	181	177	178	175	188	177	180
Allgemeine Versorgung	TWh	94	100	101	103	97	99	95	101	93	96
Industrielle Kraftwirtschaft		82	77	80	78	80	80	79	87	84	84
KWK-Brennstoffeinsatz		324	330	335	332	323	333	329	352	336	338
Allgemeine Versorgung		194	202	200	197	189	198	193	204	194	197
Industrielle Kraftwirtschaft		130	128	134	134	134	135	137	148	142	141
Gesamtnutzungsgrad		0,77	0,77	0,77	0,79	0,79	0,77	0,76	0,77	0,76	0,77
Allgemeine Versorgung		0,75	0,76	0,77	0,79	0,79	0,77	0,76	0,76	0,74	0,75
Industrielle Kraftwirtschaft		0,81	0,78	0,79	0,77	0,79	0,78	0,77	0,79	0,79	0,80
Stromkennzahl		0,42	0,42	0,43	0,44	0,44	0,45	0,44	0,44	0,45	0,44
Allgemeine Versorgung		0,54	0,52	0,52	0,52	0,54	0,54	0,53	0,53	0,55	0,53
Industrielle Kraftwirtschaft		0,29	0,30	0,32	0,33	0,32	0,32	0,34	0,34	0,34	0,34

Quelle: StBA 066+067; eigene Berechnungen.

6.2 (Fossile) BHKW kleiner 1 MW_{el}

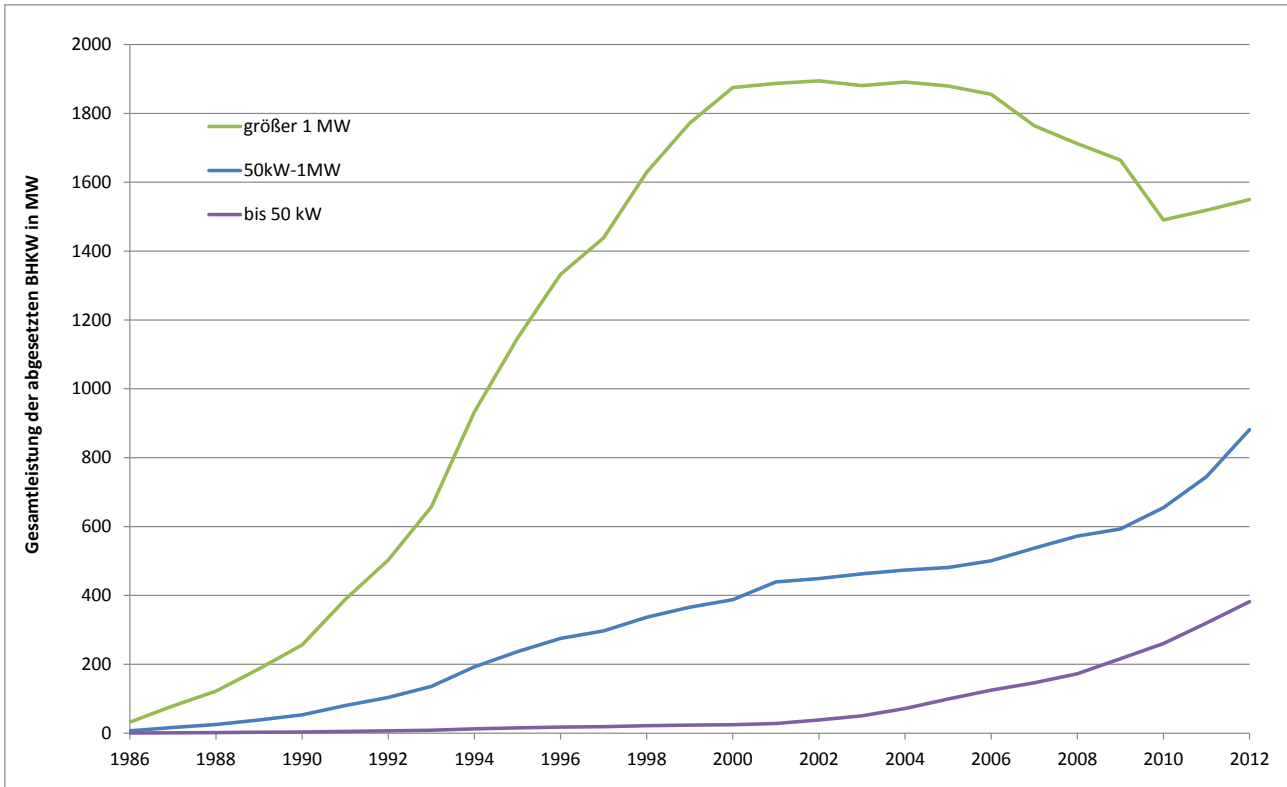
Die Umfrageergebnisse des Öko-Instituts zum jährlich erfolgten Absatz von BHKW, differenziert nach Größenklassen (1 kW_{el} bis 5 MW_{el}) und eingesetzten Brennstoffen (fest, flüssig gasförmig – jeweils biogen oder fossil), werden regelmäßig in die bestehende BHKW-Datenbank integriert. Damit wurde der Bestand an BHKW weiter fortgeschrieben.

Wie in Abbildung 6-5 zu sehen, hat sich im Jahr 2012 die bereits im Jahr 2011 gezeigte Trendumkehr bei Anlagen größer 1 MW fortgesetzt: Während sich in den Jahren 1999 bis 2006 kein Netto-Zubau abzeichnete und danach bis zum Jahr 2010 sogar eine Netto-Abnahme ermittelt

² Gemäß der üblichen Aufteilung wird Müll hälftig als biogen und fossil angesehen.

wurde, ist seit dem Jahr 2011 die zugebaute Leistung größer als die in diesem Jahr stillgelegte ³. Für die kleineren Anlagen bis 1 MW war der Trend in den vergangenen Jahren jedoch kontinuierlich steigend.

Abbildung 6-5: Gesamtleistung BHKW-Bestand



Quelle: BHKW-Datenbank, Öko-Institut 2013.

In Tabelle 6-3 ist die jährliche KWK-Strom- und Wärmeerzeugung, der Brennstoffeinsatz und die elektrische Leistung der installierten kleinen BHKWs von 2003 bis 2012 dargestellt.

³ Dabei wird angenommen, dass die durchschnittliche Betriebsdauer bei 15 Jahren liegt. Diese Annahme wurde mit Herstellern und Betreibern abgestimmt.

Tabelle 6-3: Fossile BHKW unter 1 MW

Fossile BHKW unter 1 MW		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
KWK-Stromerzeugung	TWh	1,837	1,950	2,077	2,238	2,446	2,664	2,895	3,275	3,810	4,517
	Erdgas TWh	1,449	1,550	1,666	1,827	2,039	2,267	2,510	2,930	3,491	4,223
	Heizöl TWh	0,388	0,400	0,410	0,412	0,407	0,396	0,385	0,345	0,319	0,294
KWK-Wärmeerzeugung	PJ	10,2	10,8	11,5	12,4	13,5	14,8	16,0	18,1	21,1	25,0
	Erdgas PJ	8,0	8,6	9,2	10,1	11,3	12,6	13,9	16,2	19,3	23,4
	Heizöl PJ	2,1	2,2	2,3	2,3	2,3	2,2	2,1	1,9	1,8	1,6
Brennstoffeinsatz	PJ	19,7	21,0	22,3	24,1	26,3	28,6	31,1	35,2	41,0	48,6
	Erdgas PJ	15,6	16,7	17,9	19,6	21,9	24,4	27,0	31,5	37,5	45,4
	Heizöl PJ	4,2	4,3	4,4	4,4	4,4	4,3	4,1	3,7	3,4	3,2
Elektrische Leistung	MW _{el}	513	545	581	626	684	745	809	915	1.065	1.263
	Erdgas MW _{el}	405	433	466	511	570	634	702	819	976	1.181
	Heizöl MW _{el}	108	112	115	115	114	111	108	96	89	82

Quelle: BHKW Datenbank, Öko-Institut 2013.

Die Angaben zu Erdgas sind unter dem Vorbehalt zu betrachten, dass in den letzten Jahren ein gewisser, geringer aber steigender Prozentsatz durch Biomethan ersetzt wurde. Derzeit laufen Arbeiten zur Abschätzung der Menge des Biomethan-Einsatzes in ursprünglich als fossil betriebenen BHKW unter 1 MW_{el}, der in der Gesamtbilanz berücksichtigt werden müsste.

6.3 Biogene KWK außerhalb der statistischen Erhebungen 066+067

Daten zur biogenen KWK-Stromerzeugung außerhalb der statistischen Erfassung sind von der AGEE-Stat nach Energieträgern untergliedert für die Jahre 2003 bis 2011 geliefert und in die Auswertung aufgenommen worden⁴. Die jährlichen Summen aus den einzelnen Energieträgern sind in Tabelle 2-1 und Tabelle 2-2 in der Zeile „nicht erfasste biogene Anlagen“ dargestellt.

Im Gegensatz zu anderen Veröffentlichungen⁵ wird hier die KWK-Stromerzeugung von Biogas-Anlagen exklusive der mit der Fermenterbeheizung verbundenen Stromerzeugung berücksichtigt. Die Fermenterbeheizung wird für die folgenden Analysen nicht als Nutzwärme im Sinne der Definition der KWK-Wärme angesehen.

Trotz des Ausschlusses dieser Stromerzeugung sind die Zahlen zur biogenen KWK-Stromerzeugung außerhalb der Tabellen 066 und 067 deutlich höher als im KWK-Monitoring ausgewiesen, da eine andere Methodik angewendet wurde.

⁴ Persönliche Kommunikation mit Thorsten Rüther, ZSW, 11.12.2013.

⁵ Baten, Buttermann und Nieder: Gesamtbilanz der Kraft-Wärme-Kopplung 2003 bis 2012; Energiewirtschaftliche Tagesfragen Mai 2014.

7 Methodik zur Ermittlung der KWK-Leistung

Im Rahmen des KWK-Monitorings (Öko-Institut, 2012) wurde die KWK-Leistung für das Jahr 2010 ermittelt. Dabei wird unter der „KWK-Leistung“ die elektrische installierte Netto-Engpassleistung einer Anlage verstanden, die der maximalen elektrischen Leistung bei gleichzeitiger maximaler Wärmeauskopplung entspricht. Dabei wird nur derjenige Anteil der elektrischen Leistung betrachtet, der direkt mit Wärmeauskopplung verbunden ist (die KWK-Scheibe). Der Anteil der elektrischen Leistung, der sich ausschließlich auf die Erzeugung von Strom bezieht (Kondensations-Anteil bzw. „Kond-Leistung“), wird nicht berücksichtigt. Der Begriff der „elektrischen Leistung der KWK-Anlage“ hingegen summiert beide Leistungsanteile.

Dabei wurden einerseits für die allgemeine Versorgung nach Anlagenarten aggregierte Daten berichtet, die auf einer anlagenscharfen Auswertung des BDEW beruhen, andererseits wurden diese mit Hilfe der Daten des Statistischen Bundesamtes verglichen und um die KWK-Leistung der industriellen Kraftwirtschaft ergänzt. In Summe, inklusive der Leistung der Anlagen außerhalb der statistischen Erfassung, wurde dabei eine KWK-Leistung von 28,5 MW_{el} ermittelt.

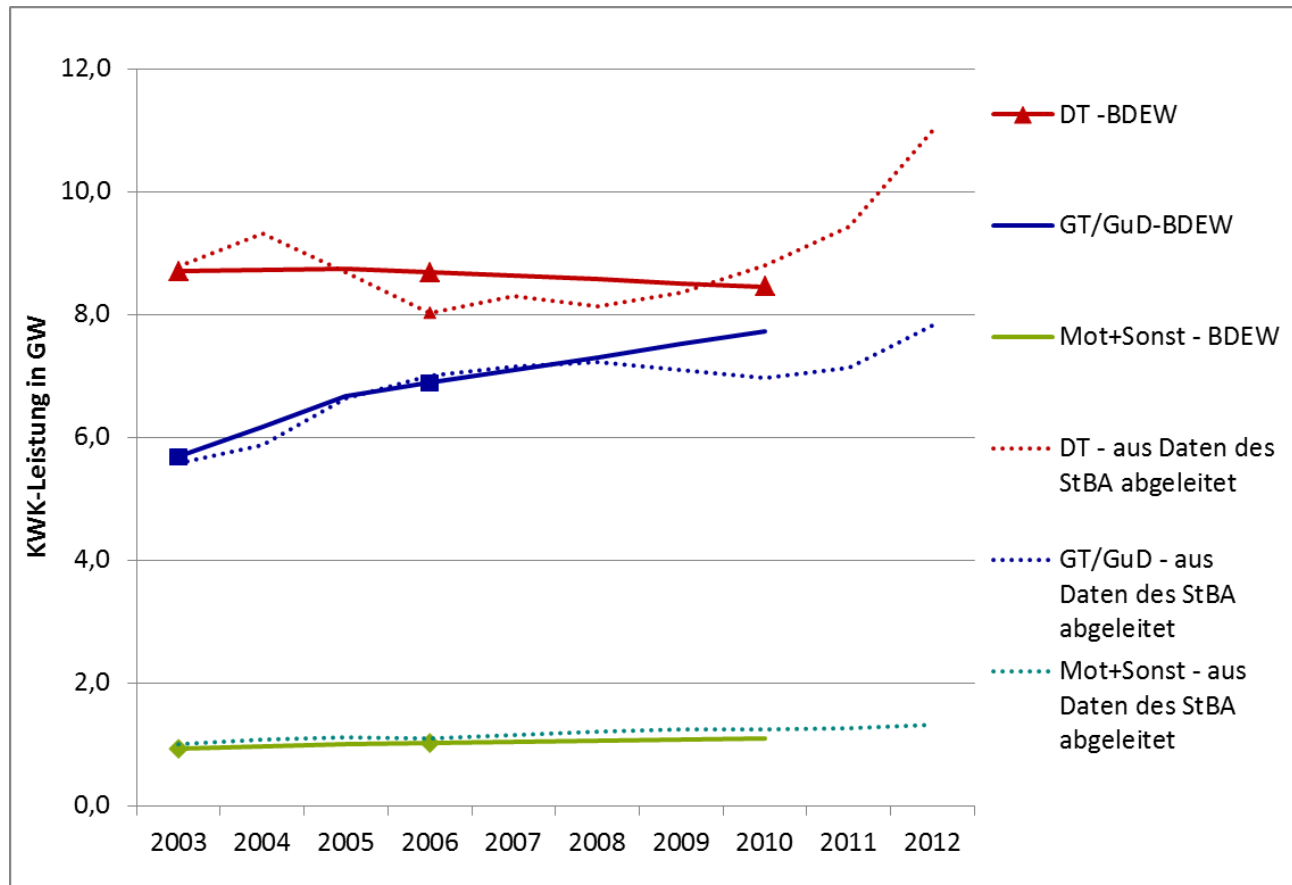
Für die Fortschreibung der KWK-Leistung wurde die KWK-Leistung auf Basis der statistischen Daten analog zum Vorgehen im KWK-Monitoring fortgeschrieben.

Die Auswertung basiert auf den Informationen aus Tabelle 1 der Erhebungen 066 und 067, in denen die Brutto-Engpassleistung nach Anlagenarten untergliedert berichtet wird. Dabei werden folgende Annahmen getroffen:

- Für Gegendruck-Dampfturbinen wurde die installierte elektrische Gesamtleistung angesetzt.
- Für Entnahme-Kondensationsmaschinen sollte nach Experten-Einschätzung des VIK 90 % der installierten elektrischen Leistung angesetzt werden, da die Anlagen in der Industrie im Allgemeinen dafür ausgelegt sind, mit 10 % des Dampfmassenstroms durch den Kondensator zu fahren. Im Gegensatz dazu wird für Anlagen der allgemeinen Versorgung der Mittelwert der Leistungen gewählt, der sich aus der Multiplikation mit der Stromkennzahl und dem KWK-Anteil ergibt. Für das Jahr 2012 wurde davon abweichend die Differenz der KWK-Leistung der Entnahme-Kondensationsmaschinen der Industrie von 2011 auf 2012 angesetzt, da bekannt ist, dass größere Anlagen vom Bereich der Industrie in den Bereich der allgemeinen Versorgung wechselten (siehe auch Abbildung 7-3).
- Für Gasturbinen ohne Abhitzeessel wird die mit der Stromkennzahl bestimmte Leistung angesetzt. Eigentlich kann angenommen werden, dass bei dieser Maschinenart keine KWK-Erzeugung stattfindet. Da aber (geringfügige) Daten zur KWK-Erzeugung vorliegen, finden diese hier damit dennoch Berücksichtigung.
- Für Gasturbinen mit Abhitzeessel und GuD-Anlagen wird der mit dem KWK-Anteil multiplizierte Leistungswert angesetzt – damit liegen die Werte jeweils knapp unter der elektrischen installierten Leistung.
- Für Verbrennungsmotoren und Brennstoffzellen wird die gesamte installierte elektrische Leistung angesetzt.
- Für sonstige Anlagen wird die mit dem KWK-Anteil bestimmte KWK-Leistung verwendet.

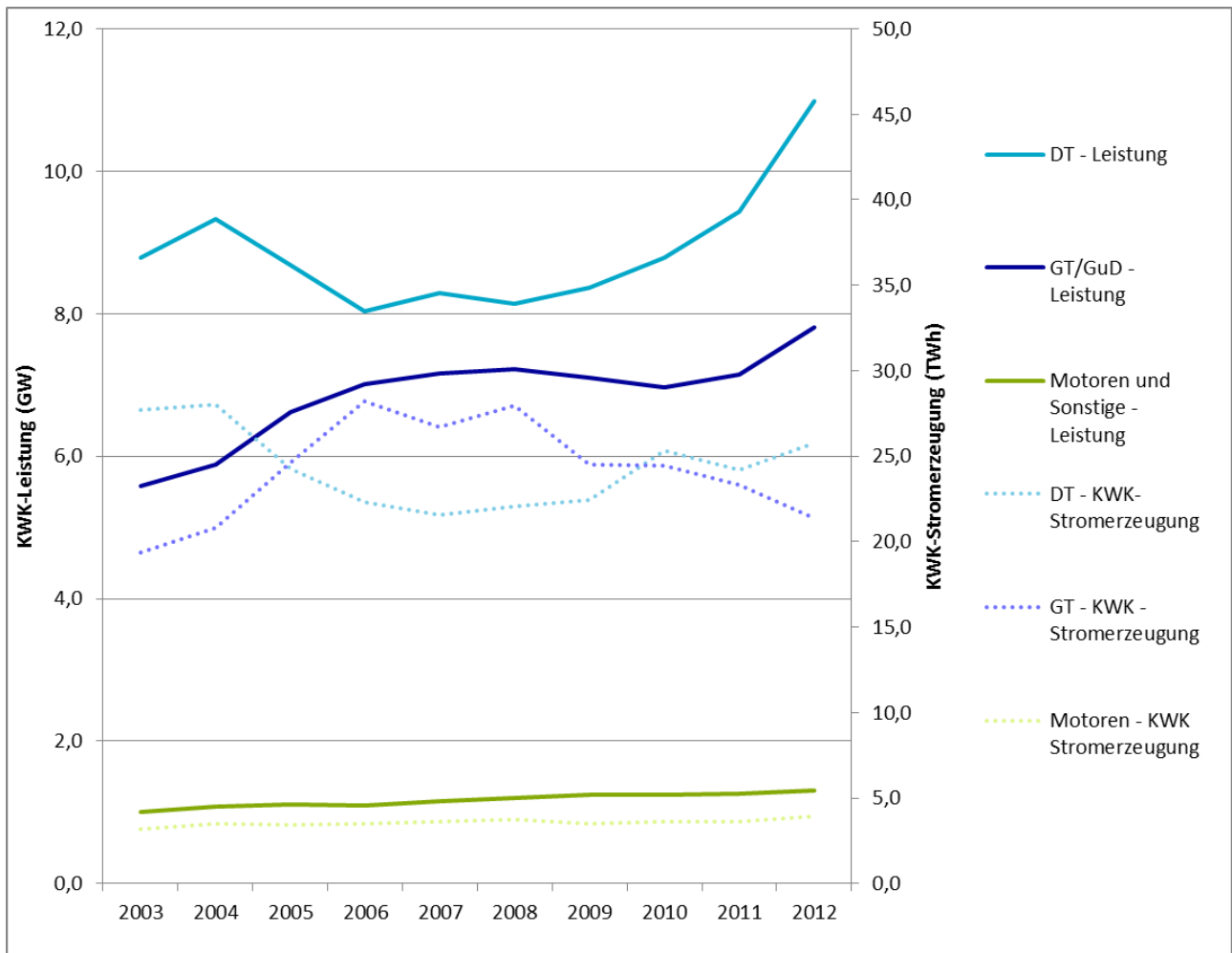
Damit ergeben sich folgende Verläufe (Abbildung 7-1 und Abbildung 7-2) für die abgeschätzte KWK-Leistung der allgemeinen Versorgung:

Abbildung 7-1: KWK-Leistung nach Anlagenart für allgemeine Versorgung (im Vergleich zu anlagenscharfen Daten)



Quelle: BDEW 2012; (Öko-Institut, 2012); StBA; eigene Berechnungen.

Abbildung 7-2: KWK-Leistung nach Anlagenart für allgemeine Versorgung (im Vergleich zur KWK-Stromerzeugung)

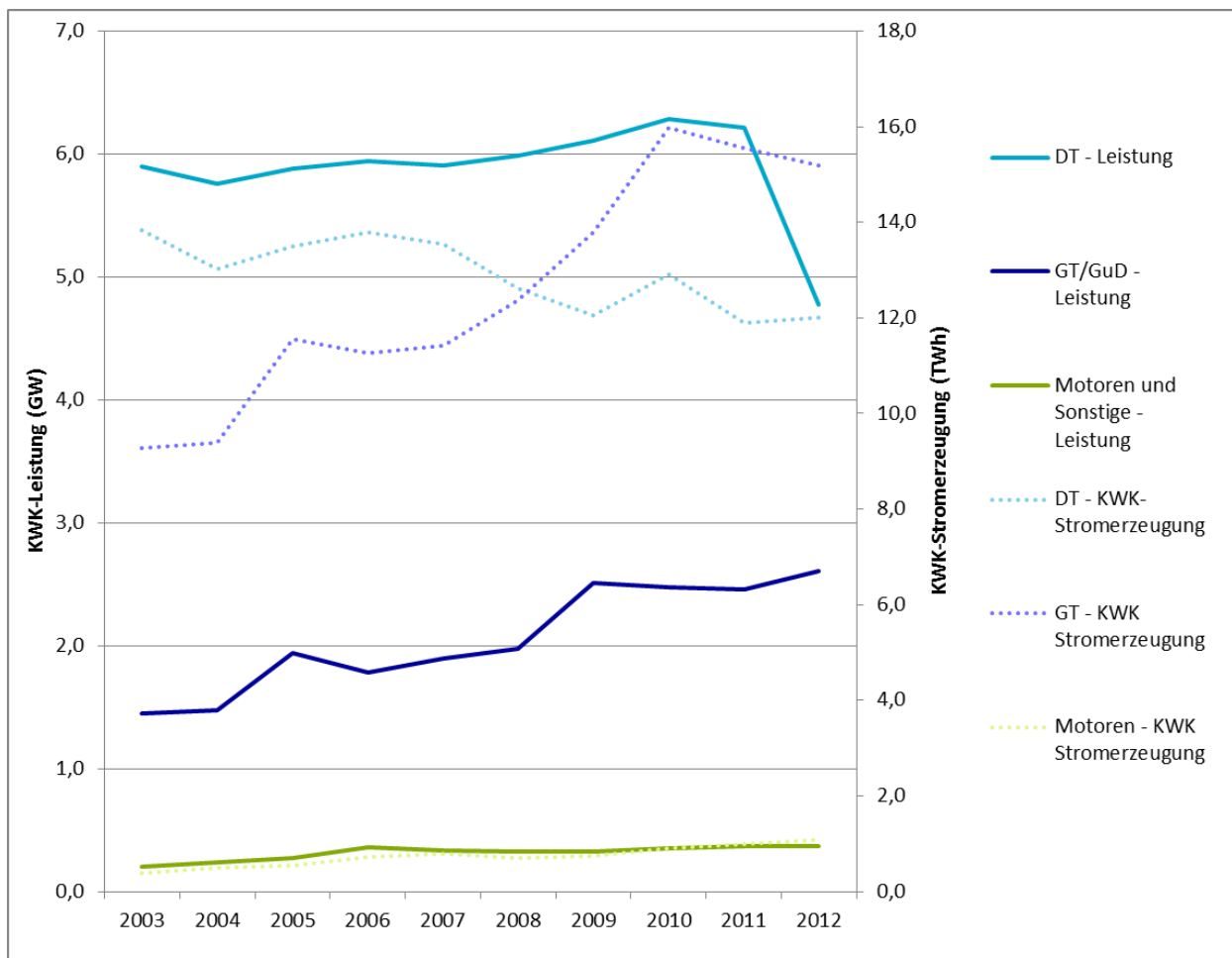


Quelle: (Öko-Institut, 2012); StBA; eigene Berechnungen.

Während die installierte (KWK-fähige) Gasturbinen-Leistung in der allgemeinen Versorgung seit 2010 zugenommen hat, ist die damit verbundene KWK-Stromerzeugung seit 2009 im Sinken begriffen. Im Gegensatz dazu ist der Ausbau der Dampfturbinen-Leistung auch mit einer erhöhten KWK-Stromerzeugung verbunden.

Für die industrielle Kraftwirtschaft ergeben sich folgende Verläufe für die abgeschätzte KWK-Leistung (Abbildung 7-3):

Abbildung 7-3: KWK-Leistung nach Anlagenart für industrielle Kraftwirtschaft (im Vergleich zur KWK-Stromerzeugung)



Quelle: (Öko-Institut, 2012); StBA; eigene Berechnungen

In der industriellen Kraftwirtschaft zeigt sich eine starke Abnahme der installierten Dampfturbinenleistung bei den Entnahmekondensationsanlagen von 2011 auf 2012. Dieses Absinken kann durch eine geänderte Berichterstattung eines großen Unternehmens erklärt werden, das nun zu den Kraftwerken der allgemeinen Versorgung zählt⁶.

Die Daten zur installierten Leistung aus der BHKW-Datenbank ergeben einen Zubau von 2010 auf 2012 von 0,35 GW. Hinsichtlich der biogenen Leistung außerhalb der amtlichen Erhebung wird eine Erhöhung der Leistung von 2010 auf 2012 um 0,5 GW auf 3,8 GW abgeschätzt. Damit ergibt sich insgesamt eine leichte Erhöhung der KWK-Leistung von 28,5 GW im Jahr 2010 auf **30,5 GW** im Jahr 2012 (Tabelle 7-1).

⁶ Siehe dazu auch Abbildung 6-3, in dem ein erheblicher Sprung im Steinkohleeinsatz zu verzeichnen ist.

Tabelle 7-1: KWK-Netto-Leistung im Jahr 2012

	Engpassleistung elektrisch	KWK-Leistung	Kond-Leistung	KWK-Stromerzeugung
	GW			MWh
Gesamt	81,8	30,5	51,3	95.107.071
Dampfturbinen	56,1	15,9	40,2	39.088.969
Gasturbinen	19,1	10,4	8,7	36.555.106
Motoren + Sonstige Anlagen	6,6	4,2	2,5	19.462.996
Allgemeine Versorgung	68,7	20,1	48,6	51.109.837
Dampfturbinen	50,6	11,0	39,6	25.788.714
Gasturbinen	16,4	7,8	8,6	21.358.371
Motoren + Sonstige Anlagen	1,7	1,3	0,4	3.962.752
Industrielle Kraftwirtschaft	8,2	7,7	0,4	28.280.249
Dampfturbinen	5,0	4,8	0,3	12.010.104
Gasturbinen	2,7	2,6	0,1	15.196.735
Motoren + Sonstige Anlagen	0,4	0,4	0,0	1.073.411
Außerhalb der Statistik	5,0	2,7	2,3	15.716.984
Fossile BHKW unter 1 MW	1,3	1,3	0,0	4.516.984
Motoren	1,3	1,3	0,0	4.516.984
Biogen betriebene Maschinen außerhalb der Statistik	3,7	1,4	2,3	11.200.000
dv. Dampfturbinen	0,4	0,2	0,3	1.290.151
dv. Motoren	3,3	1,2	2,0	9.909.849

Anmerkung: Die Leistung der biogen betriebenen Maschinen wurde abgeschätzt. Hierzu wird noch ein Austausch mit AGEE-Stat erfolgen.

Quellen: (Öko-Institut, 2012); StBA; eigene Berechnungen.

Für die gesamte KWK-Leistung wurde eine Aufteilung nach Energieträgern vorgenommen, basierend auf oben genannten Ergebnissen, der überschlägigen Verschneidung der Daten des StBA aus den Erhebungen 066 und 067 zur KWK-Erzeugung nach Anlagenart und nach Energieträger sowie Abschätzungen von Vollbenutzungsstunden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 7-2 dargestellt.

Tabelle 7-2: KWK-Leistung nach Energieträgern

2012		KWK-Leistung
		GW_{el}
Gesamt		30,5
Kohle		7,9
	Dampfturbinen	7,9
	Gasturbinen	0,0
	Motoren + Sonstige Anlagen	0,0
Öl		1,0
	Dampfturbinen	0,9
	Gasturbinen	0,0
	Motoren + Sonstige Anlagen	0,1
Gas		16,7
	Dampfturbinen	3,4
	Gasturbinen	10,4
	Motoren + Sonstige Anlagen	2,9
Biomasse		3,8
	Dampfturbinen	2,6
	Gasturbinen	0,0
	Motoren + Sonstige Anlagen	1,2
Sonstige		1,1
	Dampfturbinen	1,1
	Gasturbinen	0,0
	Motoren + Sonstige Anlagen	0,0

Quelle: Eigene Berechnungen.

8 Methodik zur Ermittlung der eingesparten CO₂-Emissionen

8.1 Wärme-Referenzsystem

Im Rahmen des Projektes wurde ein Ansatz für die Ermittlung eines aktuellen Referenzsystems entwickelt, der auf der Auswertung der Anwendungsbilanzen der AG Energiebilanzen beruht: In diesen ist die Wärmeerzeugung für die Sektoren Industrie, Haushalte und GHD nach Brennstoffen getrennt ausgewiesen (siehe Tabelle 8-1). Da angenommen wird, dass die Entscheidung, welches Heizsystem anstelle einer KWK-Anlage zum Einsatz kommen könnte, für die Sektoren private Haushalte und GHD bezüglich der Energieträger ähnlich ausfällt, sind diese im Folgenden zusammengefasst worden. Diese Zusammenlegung ist auch im weiteren Verlauf der Berechnungen sinnvoll, da die Aufteilung der KWK-Erzeugung auf diese beiden Sektoren nur mit erheblichen zusätzlichen Annahmen erfolgen könnte. Eine solche Aneinanderreihung von Abschätzungen wird derzeit als nicht zielführend in Hinblick auf die Fragestellung angesehen.

Tabelle 8-1: Zusammengefasste Wärme-Anwendungsbilanz für Industrie, private Haushalte und GHD (2011)

2011 - in PJ	Raumwärme	Warmwasser	sonst. Prozesswärme	Wärme gesamt	Raumwärme	Warmwasser	Wärme gesamt
	Industrie				GHD+Private Haushalte		
Mineralöl					532	94	653
H'öl EL	19	2	43	64			0
H'öl S	2	0	28	30			0
Übrige	0	0	25	25			0
Gase (fossil)					866	173	1.078
Naturgase	112	12	671	794			0
Übrige	0	0	120	120			0
Strom	3	3	134	139	49	93	211
Fernwärme	36	4	162	202	199	22	234
Kohlen	7	1	373	381	68	0	68
Erneuerbare	26	3	124	153			0
Holz				0	235	15	252
Solarthermie				0	3	17	20
Wärmepumpe				0	30	2	33
Sonstige	2	0	53	54			0
Gesamt	207	24	1.730	1.961	1.983	415	2.548

Quelle: (RWI, 2013); (Fraunhofer ISI, 2013); (IfE, 2013), eigene Berechnungen.

Werden diese Energieträger mit entsprechenden Emissionsfaktoren hinterlegt, können die Emissionen berechnet werden, die mit der Wärmeerzeugung verbunden sind. Dabei wird die Fernwärmeerzeugung ausgenommen, da angenommen werden kann, dass diese hauptsächlich in KWK erfolgt und damit als Referenzsystem nicht in die Betrachtung einfließen sollte. Als spezifischer CO₂-Emissionsfaktor für Strom wird der des Jahres 2010 angesetzt, der sich aus den Berechnungen der Klimaschutzszenarien (und damit dem ZSE) ergibt.

Tabelle 8-2: Emissionsfaktoren – Anwendungsbilanz

	Industrie		GHD+Private Haushalte	
	EF-Benennung	EF [t/GJ]	EF-Benennung	EF [t/GJ]
Mineralöl			Heizöl, leicht (NIR)	0,074
H'öl EL	Heizöl, leicht (RWI)	0,074		
H'öl S	Heizöl, schwer (RWI)	0,078		
Übrige	Andere Mineralölprodukte (NIR)	0,08		
Gase (fossil)			Erdgas (NIR)	0,056
Naturgase	Erdgas (NIR)	0,056		
Übrige	Sonstige Gase (Öko-Institut, Ableitung aus Energiebilanz, IKW)	0,060		
Strom	Strommix	0,160	Strommix	0,160
Fernwärme				
Kohlen	Steinkohle (NIR)	0,094	Steinkohle (NIR)	0,094
Erneuerbare	emissionsfrei		emissionsfrei	
Holz	emissionsfrei		emissionsfrei	
Solarthermie	emissionsfrei		emissionsfrei	
Wärmepumpe	emissionsfrei		emissionsfrei	
Sonstige	Sonstige (Öko-Institut, Ableitung aus DESTATIS, AV, 1998)	0,099	Hausmüll, Siedlungsabfall (ZSE, PSz VI)	0,051

Quelle: (Öko-Institut, 2012), Klimaschutzenszenarien.

Die spezifischen CO₂-Emissionen der Wärmeerzeugung werden schließlich gewonnen, indem die mit Hilfe der Emissionsfaktoren ermittelten CO₂-Emissionen durch die Endenergie geteilt werden.

Mit diesem Vorgehen ergeben sich spezifische CO₂-Emissionsfaktoren von 232 g CO₂/kWh für private Haushalte und GHD sowie 254 g CO₂/kWh für die industrielle Wärmeerzeugung für die derzeitige Betrachtung. Bedingt durch die steigenden Anteile erneuerbarer Energien auch in der Wärmeerzeugung gehen die spezifischen CO₂-Emissionsfaktoren bis 2050 stark zurück, was sich in den Ergebnissen der Klimaschutzenszenarien abzeichnet. Im Jahr 2020 wird ein Emissionsfaktor von 190 g CO₂/kWh für private Haushalte und GHD angesetzt, der für die industrielle Wärmeerzeugung wird konstant gehalten.

8.2 Strom-Referenzsystem

Die Bundesregierung hat sich umfangreiche Ziele für den Ausbau der erneuerbaren Energien gesetzt, in deren Folge der durchschnittliche Emissionsfaktor für Strom sinkt. Die sich daraus ergebende Grundfrage ist, ob damit auch die Emissionsvermeidung durch fossile KWK mit der Zeit sinkt. Wenn durch die KWK bei geringen Anteilen erneuerbarer Energien fossile Kraftwerke verdrängt werden, ist ein hoher Emissionsfaktor gerechtfertigt (z.B. Modellierung mit einem Merit-Order-Modell). Wenn die Stromnachfrage durch erneuerbare Energien gedeckt werden kann und die nicht flexibilisierbare Stromerzeugung aus KWK exportiert oder in Pumpspeicherkraftwerken eingespeichert wird, führt die KWK zu keiner Emissionseinsparung oder sogar zu einer Emissionserhöhung.

Für das Strom-Referenzsystem gibt es deshalb zwei grundsätzlich sinnvolle und begründbare Ansätze, wenn auf aggregierter Ebene die Einsparung an CO₂-Emissionen ermittelt wird: Zum einen die Betrachtung der faktischen Verdrängung in der Merit Order, zum anderen die Verwendung von Durchschnittswerten des Strommixes. Beide Methoden führen zu deutlich unterschiedlichen Ergebnissen bezüglich der Emissionsfaktoren des Referenzsystems.

Hier wird deshalb folgender Ansatz verwendet, der der zentralen Frage gerecht werden soll, ob die KWK-Anlagen flexibel oder in Grundlast betrieben werden:

1. Der Emissionsfaktor für den gesamten Strommix wird angewendet auf KWK-Anlagen, die unabhängig von der Einspeisesituation der erneuerbaren Energien, also unflexibel, betrieben werden. Dies trifft insbesondere auf Anlagen zu, die nicht Strommarkt-geführt betrieben, sondern für den Eigenverbrauch optimiert werden, wie z.B. Blockheizkraftwerke, aber auch industrielle Eigenverbraucher. Aktuell wird ein Wert von rund 600 g CO₂/kWh angesetzt, absinkend auf 212 g CO₂/kWh in 2050 (2020: 397 g CO₂/kWh) nach den Ergebnissen der Klimaschutzszenarien (AMS 2012).
2. Ein Emissionsfaktor, der sich aus dem Verdrängungsmix ergibt, wird angesetzt (z.B. aus einem Merit-Order-Modell) für KWK-Anlagen, die flexibel betrieben werden und damit der reinen Deckung der Residuallast dienen. Dies betrifft in erster Linie die öffentliche KWK und industrielle KWK-Anlagen, die am Strommarkt optimiert und flexibel betrieben werden. Dazu wird ein mittlerer Verdrängungsmix von Prognos + BEA (2011) übernommen, der aktuell bei rund 900 g CO₂/kWh liegt, absinkend auf 600 g CO₂/kWh in 2050 (2020: 700 g CO₂/kWh).

Die Aufteilung in flexible und nicht flexible Stromerzeugung erfolgt überschlägig mit den in Tabelle 8-3 vorgestellten Annahmen. Für die industrielle Kraftwirtschaft wird die Eigenerzeugung aus Tabelle 3-4 berücksichtigt.

Tabelle 8-3: Prozentsätze der flexiblen KWK-Stromerzeugung nach Berichtskreisen

Berichtskreis	2008	2009	2010	2011	2012 ²⁾
	Anteil flexibler KWK-Stromerzeugung in %				
Allgemeine Versorgung	70	70	70	70	70
Industrielle Kraftwirtschaft	50	40	31	28	16
BHKW unter 1 MW	0	0	0	0	0
Nicht erfasste biogene Anlagen	0	0	0	5	10

Quelle: Eigenerzeugung der Industriellen Kraftwirtschaft nach IZES 2014; Eigene Annahmen.

8.3 CO₂-Emissionen der Referenzsysteme und der KWK-Erzeugung

Durch Multiplikation der Referenz-Emissionsfaktoren aus Tabelle 5-1 mit der KWK-Strom- und Wärmeerzeugung werden die CO₂-Emissionen des Referenzsystems berechnet. Dabei werden wärmeseitig nur die Anlagen der industriellen Kraftwirtschaft mit den Industrie-Referenzemissionen beaufschlagt. Auch bei den BHKW unter 1 MW sind industrielle Betreiber zu erwarten, der Anteil kann jedoch nicht genauer quantifiziert werden und wird deshalb vernachlässigt.

Die Zeitreihe für die eingesetzten Energieträger zur KWK-Erzeugung wird analog zu Öko-Institut (2012) ermittelt aus den Daten des Statistischen Bundesamtes (Tabelle 066 und 067) sowie den Ergebnissen der BHKW-Umfrage. Durch Multiplikation der Energieträger mit den

Emissionsfaktoren erhält man die CO₂-Emissionen, wie sie in der folgenden Tabelle dargestellt sind:

Tabelle 8-4: CO₂-Emissionen der KWK-Strom- und Wärme-Erzeugung

Berichtskreis	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012 ²⁾
	Mt CO ₂									
Allgemeine Versorgung	51,9	53,5	51,3	49,5	46,7	48,7	47,5	50,3	47,1	48,0
Industrielle Kraftwirtschaft	30,5	28,9	29,8	29,6	29,5	29,1	29,1	31,4	29,7	29,3
Summe der amtlich erfassten Erzeugung	82,4	82,4	81,1	79,1	76,2	77,9	76,6	81,7	76,8	77,3
BHKW unter 1 MW	1,2	1,3	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	2,0	2,4	2,8
Nicht erfasste biogene Anlagen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nicht-erfasste BHKW und nicht-erfasste biogene Anlagen ¹⁾	1,2	1,3	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	2,0	2,4	2,8
Gesamte KWK-Stromerzeugung	83,6	83,7	82,4	80,5	77,7	79,6	78,4	83,7	79,2	80,1
1) Die nicht erfassten BHKW entsprechen den fossilen BHKW mit einer Leistung bis 1 MW, die nicht von der amtlichen Statistik erfasst werden. Die nicht erfassten biogenen KWK-Anlagen entsprechen der biogenen KWK-Stromerzeugung, die von der AGEE-Stat ermittelt wurden.										
2) Die nicht amtlich erfasste biogene KWK-Stromerzeugung des Jahres 2012 wurde abgeschätzt.										

Quelle: (Öko-Institut, 2012); StBA; BHKW-Umfrage; eigene Berechnungen.