

Gutachten

**Untersuchung der
Wirksamkeit des
Kraft-Wärme-Kopplungs-
gesetzes**

M. Blesl, U. Fahl, A. Voß

Juli 2005

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	1
2	GRUNDLAGEN UND VORGEHENSWEISE.....	3
2.1	BESTANDSANALYSE DER KWK.....	3
2.2	RAHMENBEDINGUNGEN.....	6
3	ÖKONOMISCHE EINORDNUNG BESTEHENDER UND NEUER KWK-ANLAGEN.....	10
3.1	WIRTSCHAFTLICHKEITSANALYSE VON BESTEHENDEN KWK-ANLAGEN	11
3.2	WIRTSCHAFTLICHKEITSANALYSE VON KLEINEN KWK-NEUANLAGEN ..	28
4	ANALYSE DER MODERNISIERUNG DES KWK-ANLAGENBESTANDES.....	31
5	ENTWICKLUNG DER GEFÖRDERTEN BZW. FÖRDERFÄHIGEN KWK-STROMMENGEN	33
6	CO₂-MINDERUNG DURCH ÜBER DAS KRAFT-WÄRME-KOPPLUNGSGESETZ GEFÖRDERTE KWK-ANLAGEN IN 2005 BZW. 2010	37
7	INVESTITIONSVOLUMINA FÜR DEN AUSBAU DER KLEINEN KWK-ANLAGEN UND DER BRENNSTOFFZELLEN.....	42
8	FINANZVOLUMEN DES KRAFT-WÄRME-KOPPLUNGSGESETZES.....	44
9	SCHLUSSBETRACHTUNG UND POLITIKEMPFEHLUNGEN	46
	LITERATUR	51
ANHANG A:	BERECHNUNGSVORSCHRIFT ZUR ERMITTLUNG DER CO₂-EFFEKTE IN ABHÄNGIGKEIT UNTERSCHIEDLICHER REFERENZTECHNIKEN	54
ANHANG B:	STROMRESTKOSTEN FÜR UNTERSCHIEDLICHE BETRACHTUNGSZEITRÄUME	56

ANHANG C:	WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG MODERNISIER- TER KWK-ANLAGEN	64
ANHANG D:	WIRTSCHAFTLICHKEITSANALYSE NEUER BESTANDS- KWK-ANLAGEN IN ABHÄNGIGKEIT DER ERDGAS- BZW. STROMPREISENTWICKLUNG	66

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1:	Entwicklung der Nettostromerzeugung in KWK-Anlagen in Deutschland.....	5
Abbildung 3-1:	Entwicklung ausgewählter Brennstoff- und Strompreise zwischen Januar 2000 und Dezember 2004 /Quelle VIK-Online; EEX, eigene Berechnungen/.....	10
Abbildung 3-2:	Positionierung der KWK im liberalisierten Markt.....	11
Abbildung 3-3:	Typischer Verlauf der Fernwärmelast während eines Jahres	16
Abbildung 3-4:	Charakterisierung der Typtage für die Fernwärmelast bezüglich des Anteils der Wärmenachfrage an der Wärmehöchstlast in %	17
Abbildung 3-5:	Fahrweise von Entnahme-Kondensations-KWK-Anlagen und deren Vereinfachung.....	18
Abbildung 3-6:	Stromrestkosten im Vergleich mit dem durchschnittlichen stündlichen Spotmarktpreis im 4. Quartal 2004 und dem EEX Baseloadpreis (Vorquartal) am Werktag.....	19
Abbildung 3-7:	Wärmerestkosten von BHKW verschiedener Leistungsgrößen.....	29
Abbildung 3-8:	Stromrestkosten von BHKW verschiedener Leistungsgrößen.....	30
Abbildung 6-1:	CO ₂ -Einsparungen durch die modernisierten KWK-Anlagen ab dem Jahr 2006 gegenüber 1998 in Abhängigkeit des Referenzsystems Strom	38
Abbildung 6-2:	CO ₂ -Einsparungen durch alte und neue KWK-Bestandsanlagen im Jahr 2003 gegenüber 1998 in Abhängigkeit des Referenzsystems Strom bezüglich der Veränderung der KWK-Strommenge	39
Abbildung 0-1:	Stromrestkosten im Vergleich mit dem durchschnittlichen stündlichen Spotmarktpreis im 1. Quartal 2003 und dem EEX Baseloadpreis (Vorquartal) am Werktag.....	56
Abbildung 0-2:	Stromrestkosten im Vergleich mit dem durchschnittlichen stündlichen Spotmarktpreis im 1. Quartal 2003 und dem EEX Baseloadpreis (Vorquartal) am Wochenende.....	56
Abbildung 0-3:	Stromrestkosten im Vergleich mit dem durchschnittlichen stündlichen Spotmarktpreis im 2. Quartal 2003 und dem EEX Baseloadpreis (Vorquartal) am Werktag.....	57
Abbildung 0-4:	Stromrestkosten im Vergleich mit dem durchschnittlichen stündlichen Spotmarktpreis im 2. Quartal 2003 und dem EEX Baseloadpreis (Vorquartal) am Wochenende.....	57
Abbildung 0-5:	Stromrestkosten im Vergleich mit dem durchschnittlichen stündlichen Spotmarktpreis im 3. Quartal 2003 und dem EEX Baseloadpreis (Vorquartal) am Werktag.....	58
Abbildung 0-6:	Stromrestkosten im Vergleich mit dem durchschnittlichen stündlichen Spotmarktpreis im 3. Quartal 2003 und dem EEX Baseloadpreis (Vorquartal) am Wochenende.....	58
Abbildung 0-7:	Stromrestkosten im Vergleich mit dem durchschnittlichen stündlichen Spotmarktpreis im 4. Quartal 2003 und dem EEX Baseloadpreis (Vorquartal) am Werktag.....	59

Abbildung 0-8:	Stromrestkosten im Vergleich mit dem durchschnittlichen stündlichen Spotmarktpreis im 4. Quartal 2003 und dem EEX Baseloadpreis (Vorquartal) am Wochenende	59
Abbildung 0-9:	Stromrestkosten im Vergleich mit dem durchschnittlichen stündlichen Spotmarktpreis im 1. Quartal 2004 und dem EEX Baseloadpreis (Vorquartal) am Werktag	60
Abbildung 0-10:	Stromrestkosten im Vergleich mit dem durchschnittlichen stündlichen Spotmarktpreis im 1. Quartal 2004 und dem EEX Baseloadpreis (Vorquartal) am Wochenende	60
Abbildung 0-11:	Stromrestkosten im Vergleich mit dem durchschnittlichen stündlichen Spotmarktpreis im 2. Quartal 2004 und dem EEX Baseloadpreis (Vorquartal) am Werktag	61
Abbildung 0-12:	Stromrestkosten im Vergleich mit dem durchschnittlichen stündlichen Spotmarktpreis im 2. Quartal 2004 und dem EEX Baseloadpreis (Vorquartal) am Wochenende	61
Abbildung 0-13:	Stromrestkosten im Vergleich mit dem durchschnittlichen stündlichen Spotmarktpreis im 3. Quartal 2004 und dem EEX Baseloadpreis (Vorquartal) am Werktag	62
Abbildung 0-14:	Stromrestkosten im Vergleich mit dem durchschnittlichen stündlichen Spotmarktpreis im 3. Quartal 2004 und dem EEX Baseloadpreis (Vorquartal) am Wochenende	62
Abbildung 0-15:	Stromrestkosten im Vergleich mit dem durchschnittlichen stündlichen Spotmarktpreis im 4. Quartal 2004 und dem EEX Baseloadpreis (Vorquartal) am Wochenende	63

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1:	Zuschlagssätze nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz für die verschiedenen Anlagenkategorien in ct je kWh _{el}	1
Tabelle 2-1:	Elektrische Leistung aller KWK-Anlagen (Gegendruckscheibe) im Bestand in Deutschland 2004 (Quellen: BAFA; Statistisches Bundesamt; AGFW; IER).....	4
Tabelle 2-2:	Elektrische Leistung der geförderten KWK-Anlagen nach Kategorien des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes in Deutschland 2004 (Quelle: BAFA; IER)	5
Tabelle 2-3:	Spezifische CO ₂ -Emissionen und Jahresnutzungsgrade der Referenzkraftwerke im Bestand 1998 /DIW, 2001/ sowie der Wärmeerzeugungsanlagen in der Industrie im Jahr 1999.....	8
Tabelle 3-1:	Durchschnittliche Brennstoffpreise für den Einsatz in KWK-Anlagen bzw. der alternativen Wärmeerzeugung und der EEX-Baseloadpreise des vorangegangenen Quartals	13
Tabelle 3-2:	Charakterisierung von in Bezug auf das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz typischen KWK-Anlagen des Bestandes.....	15
Tabelle 3-3:	Charakterisierung weiterer, am Anlagenstandort der typischen KWK-Anlagen installierter Wärmeerzeugungsoptionen.....	15
Tabelle 3-4:	Einsatzzeiten der KWK-Anlagen in den betrachteten Jahren	20
Tabelle 3-5:	Deckungsbeiträge der KWK-Anlagen in den betrachteten Jahren.....	21
Tabelle 3-6:	Fixkosten-Beiträge der KWK-Anlagen in den betrachteten Jahren.....	23
Tabelle 3-7:	Betrachtung der Beiträge für einen eventuellen Kapitaleinsatz der KWK-Anlagen in den betrachteten Jahren.....	24
Tabelle 3-8:	Grundlagen für die Bestimmung der Kapitalkosten der verschiedenen KWK-Anlagen (inklusive vermiedenem Netznutzungsentgelt)	25
Tabelle 3-9:	Analyse der Wirtschaftlichkeit alter und neuer KWK-Bestandsanlagen im Jahr 2003 (inklusive vermiedenem Netznutzungsentgelt) in €(kW a)	25
Tabelle 3-10:	Analyse der Wirtschaftlichkeit alter und neuer KWK-Bestandsanlagen im Jahr 2004 (inklusive vermiedenem Netznutzungsentgelt) in €(kW a)	26
Tabelle 3-11:	Analyse der Wirtschaftlichkeit alter und neuer KWK-Bestandsanlagen im Jahr 2009 bei der Preisvariante 1 (inklusive vermiedenem Netznutzungsentgelt) in €(kW a)	27
Tabelle 3-12:	Analyse der Wirtschaftlichkeit alter und neuer KWK-Bestandsanlagen im Jahr 2009 bei der Preisvariante 2 (inklusive vermiedenem Netznutzungsentgelt) in €(kW a)	28
Tabelle 3-13:	Technische und ökonomische Parameter von BHKW unterschiedlicher elektrischer Leistung	29
Tabelle 4-1:	KWK-Anlagen, die der Kategorie modernisierte KWK-Anlagen in Deutschland entsprechen (Quelle: BAFA; IER).....	32
Tabelle 4-2:	Spezifische Investitionen für die modernisierten bzw. für die Modernisierung der KWK-Anlagen in €/kW (Quelle: BAFA; IER).....	32

Tabelle 5-1:	Entwicklung der eingespeisten nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz förderfähigen KWK-Strommengen nach Kategorien in Deutschland in Jahreswerten und kumuliert bis zum jeweiligen Jahr (Quelle: BAFA; IER).....	34
Tabelle 5-2:	Entwicklung der KWK-Stromerzeugung insgesamt in den durch das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz erfassten Anlagen nach Kategorien in Deutschland in Jahreswerten und kumuliert bis zum jeweiligen Jahr (Quelle: BAFA; IER).....	35
Tabelle 6-1:	Veränderung der CO ₂ -Emissionen aufgrund Variation des Brennstoffeinsatzes und der Stromerzeugungsmengen in KWK-Anlagen im Zusammenhang mit dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz in den Jahren 2005 und 2010 in Mio. t gegenüber 1998.....	40
Tabelle 6-2:	CO ₂ -Einsparungen durch KWK-Anlagen im Zusammenhang mit dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz in den Jahren 2005 und 2010 in Mio. t gegenüber 1998 in Abhängigkeit des Referenzsystems Strom.....	41
Tabelle 7-1:	Entwicklung der Investitionsvolumina für den Ausbau kleiner KWK-Anlagen und von Brennstoffzellen in Jahreswerten und kumuliert bis zum jeweiligen Jahr ..	42
Tabelle 8-1:	Aus dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz resultierende Fördersumme nach Anlagenkategorien in Jahreswerten und kumuliert bis zum jeweiligen Jahr	44
Tabelle 8-2:	Vergleich des berechneten Finanzvolumens mit dem vorgesehenen Finanzrahmen	45
Tabelle C-1:	Durchschnittliche spezifische Erlössituation in €/MWh _{el} modernisierter KWK-Anlagen über deren Abschreibungsdauer mit VNE und mit KWKG-Zuschlag.....	65
Tabelle C-2:	Durchschnittliche spezifische Erlössituation in €/MWh _{el} modernisierter KWK-Anlagen über deren Abschreibungsdauer mit VNE und ohne KWKG-Zuschlag	65
Tabelle D-1:	Spezifische Stromerlössituation in €/MWh _{el} neuer Steinkohle Bestands-KWK-Anlagen mit VNE und ohne KWKG-Zuschlag.....	66
Tabelle D-2:	Spezifische Stromerlössituation in €/MWh _{el} neuer Erdgas Bestands-KWK-Anlagen mit VNE und ohne KWKG-Zuschlag	67

1 Einleitung

Das Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz – KWKG) hat zum 1. April 2002 das Gesetz zum Schutz der Stromerzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplung (KWK-Vorschaltgesetz) vom 18. Mai 2000 abgelöst mit einer Laufzeit bis zum 31. Dezember 2010. Zweck des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes ist es, einen Beitrag zu leisten, damit durch die Nutzung der KWK eine Minderung der jährlichen CO₂-Emissionen in Deutschland gegenüber 1998 um 10 Mio. t/a in 2005 und um 23 Mio. t/a in 2010, mindestens aber 20 Mio. t/a, erzielt werden kann. Der Beitrag zur Emissionsminderung soll durch den befristeten Schutz und die Modernisierung von KWK-Anlagen sowie den Ausbau der Stromerzeugung in kleinen KWK-Anlagen und die Markteinführung der Brennstoffzelle erreicht werden. Ergänzt wird diese gesetzliche Regelung durch eine Erweiterung der Selbstverpflichtung der Deutschen Wirtschaft zum Klimaschutz. Nach dem Gesetz sind Netzbetreiber verpflichtet, KWK-Anlagen an ihr Netz anzuschließen und den in diesen Anlagen erzeugten KWK-Strom abzunehmen. Für den aufgenommenen KWK-Strom sind der Preis, den der Betreiber der KWK-Anlage und der Netzbetreiber vereinbaren, und ein Zuschlag (vgl. Tabelle 1-1) zu entrichten.

Tabelle 1-1: Zuschlagssätze nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz für die verschiedenen Anlagenkategorien in ct je kWh_{el}

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alte Bestandsanlagen (Dauerinbetriebnahme bis 31.12.89)	1,53	1,53	1,38	1,38	0,97				
Neue Bestandsanlagen (Dauerinbetriebnahme nach 31.12.89 bis zum Inkrafttreten)	1,53	1,53	1,38	1,38	1,23	1,23	0,82	0,56	
Modernisierte Anlagen (Wiederaufnahme des Dauerbetriebs nach Inkrafttreten bis spätestens 31.12.2005)	1,74	1,74	1,74	1,69	1,69	1,64	1,64	1,59	1,59
Neue Klein-KWK-Anlagen bis 2 MW _{el} ¹⁾	2,56	2,56	2,40	2,40	2,25	2,25	2,10	2,10	1,94
Neue Klein-KWK-Anlagen bis 50 kW _{el} ²⁾	5,11 Cents für einen Zeitraum von 10 Jahren ab Aufnahme des Dauerbetriebes.								
Brennstoffzellen-Anlagen ³⁾	5,11 Cents für einen Zeitraum von 10 Jahren ab Aufnahme des Dauerbetriebes.								
Der Zuschlag für Klein-KWK-Anlagen bis 2 MW _{el} (auch < 50 kW _{el}) steht unter dem Vorbehalt, dass aus diesen Anlagen kumuliert nur maximal 14 TWh gefördert werden.									

1) Dauerinbetriebnahme nach Inkrafttreten des Gesetzes

2) Dauerinbetriebnahme nach Inkrafttreten des Gesetzes, jedoch Aufnahme des Dauerbetriebs bis zum 31.12.2005¹⁾

¹⁾ Nach Beendigung der Arbeiten an dem Gutachten hat der Bundestag am 30. Juni 2005 beschlossen, die Frist für die Aufnahme des Dauerbetriebs für Kleinst-KWK-Anlagen bis 50 kW elektrischer Leistung bis zum 31.12.2008 zu verlängern. Die Ergebnisse des Gutachtens schließen diese Entwicklung nicht mit ein.

3) Dauerbetriebnahme nach Inkrafttreten des Gesetzes

Innerhalb des Gesetzes wird zwischen

- alten Bestandsanlagen (bis zum 31. Dezember 1989 in Dauerbetrieb genommen),
- neuen Bestandsanlagen (vom 1. Januar 1990 bis zum 31. März 2002 in Dauerbetrieb gegangen)
- modernisierten alten Bestandsanlagen²
- kleinen KWK-Anlagen (bis 2 MW_{el})
- und Brennstoffzellen

unterschieden.

Die Errichtung neuer KWK-Anlagen größer als 2 MW_{el} an neuen Standorten (z. B. als Ersatz von Heizwerken) wird nicht berücksichtigt. Daher begrenzt sich der Effekt des Gesetzes im Wesentlichen auf den Weiterbetrieb großer KWK-Anlagen, den Bau neuer kleiner Anlagen, insbesondere Blockheizkraftwerke (BHKW), und die Modernisierung bestehender Anlagen. Durch die Einschränkungen entsprechend § 5 (Kategorie der zuschlagsberechtigten KWK-Anlagen) Absatz 1 Punkt 3 gelten KWK-Anlagen nur dann als alte modernisierte Bestandsanlagen, wenn sie spätestens bis zum 31.12.2005 wieder in Dauerbetrieb gehen. Falls die modernisierten Anlagen einer immissionsschutzrechtlichen Genehmigung bedürfen war bis zum 1. April 2003 ein Antrag auf Erteilung einer Genehmigung im Sinne des § 10 Absatz 1 Satz 1 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes in Verbindung mit § 3 der Neunten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes bei der dafür zuständigen Behörde zu stellen. Daher muss bei den großen KWK-Anlagen schon jetzt das Planungsverfahren abgeschlossen und der Baubetrieb aufgenommen sein. Entsprechend kann bereits jetzt eine Abschätzung der Gesamtwirkung durchgeführt werden.

Für die Zulassung der KWK-Anlagen zum Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz ist eine Beantragung und die Vorlage einer Zertifizierung der KWK-Anlagen beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) notwendig. Das BAFA erfasst sowohl die technische Charakterisierung der KWK-Anlagen als auch deren Erzeugungsmengen.³ Diese Daten wurden nach entsprechender Überprüfung sowie Korrektur im Rahmen des Gutachtens verwendet.

² Eine Modernisierung liegt vor, wenn wesentliche die Effizienz bestimmende Anlagenteile erneuert worden sind und die Kosten der Erneuerung mindestens 50 % der Kosten für die Neuerrichtung der gesamten Anlage betragen. Der Anspruch auf Zuschlag besteht für modernisierte Anlagen nur, soweit der KWK-Strom nicht auf einer Erhöhung des Wärmeanschlusswertes des Fernwärme-Versorgungsnetzes, an das die KWK-Anlage angeschlossen ist, beruht.

³ Da durch die Wirtschaftsprüfer teilweise nur die KWK-Strommengen testiert werden, können Fehler bei den eingesetzten Brennstoffmengen und der Brennstoffart im Datengerüst enthalten sein. Zudem werden in dem der Zertifizierung zugrunde liegenden Gutachten für die KWK-Anlagen verschiedene Stromkennzahlen angegeben. Die gleichzeitige Wärme- und Stromerzeugung wird teilweise jedoch nicht erfasst. Damit bestehen hinsichtlich der Datenqualität große Bedenken, was entsprechende Anpassungen erforderlich macht. Bei diesen Anpassungen wurde generell darauf geachtet, dass die gemeldeten Strommengen weiter verwendet werden konnten und möglichst nur Korrekturen bei den eingesetzten Brennstoffmengen bzw. der Wärmeerzeugung vorgenommen werden mussten.

2 Grundlagen und Vorgehensweise

Vor dem geschilderten Hintergrund ist es Ziel der Studie, die Wirkungen des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes zu untersuchen und zu bewerten. Dabei ist im Rahmen des Gutachtens zu ermitteln, wie groß der Beitrag des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes zu der CO₂-Emissionsminderung von 10 Mio. t/a in 2005 und zumindest 20 Mio. t/a in 2010 durch die KWK-Stromerzeugung ist. Die Bearbeitung der Themenstellung erfolgt in neun Arbeitspaketen:

1. Bestandsanalyse der KWK – Entwicklung bis 2002/2003 (siehe Abschnitt 2.1)
2. Analyse der Rahmenbedingungen für die KWK-Anlagen (siehe Abschnitt 2.2)
3. Ökonomische Einordnung bestehender und neuer KWK-Anlagen (siehe Abschnitt 3)
4. Analyse der Modernisierung des KWK-Anlagenbestandes (siehe Abschnitt 4)
5. Entwicklung der geförderten KWK-Strommengen (siehe Abschnitt 5)
6. CO₂-Minderung durch KWK-Anlagen in 2005 bzw. 2010 (siehe Abschnitt 6)
7. Investitionsvolumina für den Ausbau der kleinen KWK-Anlagen und der Brennstoffzellen (siehe Abschnitt 7)
8. Finanzvolumen des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes (siehe Abschnitt 8)
9. Politikempfehlungen (siehe Abschnitt 9)

2.1 Bestandsanalyse der KWK

Ausgehend von der vom IER Stuttgart für das BMWA durchgeführten Bestandsanalyse der KWK für das Jahr 1999 /Blesl u.a. 2001/ und aufbauend auf der Kraftwerksdatenbank des IER sowie der beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), bei der Arbeitsgemeinschaft für Wärme und Heizkraftwirtschaft e.V. (AGFW) und beim Statistischen Bundesamt vorliegenden Daten wird eine Fortschreibung der Entwicklung bis 2002/2003 durchgeführt. Ziel der Fortschreibung ist es, die Produktionssituation der geplanten zu modernisierenden KWK-Anlagen vor der Modernisierung detailliert zu erfassen, um die Erzeugungsmengen nach Wiederinbetriebnahme abzuschätzen, Effekte einer höheren KWK-Stromerzeugung zu erklären und die Zusammensetzung der eingesetzten Brennstoffe zu analysieren. Die Analyse berücksichtigt insbesondere für die Entnahmekondensations-KWK-Anlagen die FW 308. Eine Unterscheidung in öffentliche und industrielle KWK-Anlagen bzw. eine Auswertung nach der Altersstruktur, dem Brennstoffeinsatz, Leistungsklassen bzw. in Abhängigkeit der KWK-Technologien wird dabei durchgeführt.

Insgesamt sind nach diesen Erhebungen in Deutschland Ende 2004 KWK-Anlagen mit einer elektrischen Leistung der Gegendruckscheibe⁴ von rund 34,6 GW installiert (vgl.

⁴ Basierend auf den BAFA-Angaben und eigenen Berechnungen

Tabelle 2-1). Davon entfallen 71 % der elektrischen Leistung auf Dampfturbinen, gefolgt von 18 % bei GuD-Anlagen und 6 % bei Gasturbinen. Mit einer installierten elektrischen Leistung von rund 1,9 GW tragen die BHKW zur KWK-Gesamtleistung bei. Die elektrische Netto-Leistung aller KWK-Anlagen in Deutschland umfasst 44,4 GW.

Tabelle 2-1: Elektrische Leistung aller KWK-Anlagen (Gegendruckscheibe) im Bestand in Deutschland 2004 (Quellen: BAFA; Statistisches Bundesamt; AGFW; IER)

	Dampfturbine			GT	GuD	BHKW	
	Gegendruck	Entnahme	Anzapf			< 2 MW	> 2 MW
	MW	MW	MW			MW	MW
Öffentlich	1534	8616	7922	1693	3483		
Industrie	1029	3054	2317	438	2641		
Summe	2563	11669	10239	2131	6124	1452	393
Insgesamt : 34571 MW							

Von den 34,6 GW_{el} insgesamt in Deutschland installierten KWK-Anlagen (Gegendruckscheibe) sind KWK-Anlagen mit einer elektrischen Leistung der Gegendruckscheibe von 29,69 GW mit einer maximalen Wärmeleistung von 66,1 GW beim BAFA gemeldet, d. h. im Rahmen des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes zugelassen (vgl. Tabelle 2-2). Die elektrische KWK-Leistung wird zu rund 33 % auf Basis von Erdgas, 30 % auf Basis Steinkohle, 20 % auf Basis Braunkohle und zu 17 % auf Basis sonstiger Brennstoffe (z. B. Müll, sonstige Gase, u. a.) bereitgestellt. Im reinen Kondensationsbetrieb beträgt die elektrische Leistung aller dem BAFA gemeldeten Anlagen 38,3 GW. Die Auswertung der BAFA-Daten zeigt, dass 2,29 GW_{el} der Gegendruckscheibe der alten KWK-Bestandsanlagen als neue KWK-Bestandsanlagen umgemeldet wurden, da für sie wesentliche effizienzbestimmende Anlagenteile erneuert wurden. Hierbei handelt es sich um KWK-Anlagen, die zwischen dem 1.01.1990 und dem Inkrafttreten des Gesetzes entsprechend den Bestimmungen des § 5 Abs. 1 Ziffer 2 des KWKG modernisiert wurden.

Die Nettostromerzeugung aller KWK-Anlagen, ermittelt nach FW 308, betrug in Deutschland zwischen 1996 und 1998 um die 53 TWh (vgl. Abbildung 2-1). Nach einem Minimum im Jahr 1999 mit rund 50,9 TWh stieg die Nettostromerzeugung der KWK-Anlagen im Zuge der Förderung durch das KWK-Vorschaltgesetz bzw. das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz an. Ein wesentlicher Effekt ist dabei, neben der Inbetriebnahme neuer KWK-Anlagen, der Wechsel bei der Wärmeerzeugung in Heizwerken hin zu Heizkraftwerken, womit die KWK-Strommenge anstieg. Die Nettostromerzeugung in KWK-Anlagen wird bis 2006 aufgrund der Modernisierungsvorhaben bei bestehenden KWK-Anlagen weiter auf knapp 73 TWh insgesamt zunehmen. Hierbei sind neben den KWK-Strommengen, die über die gesetzliche Regelung erfasst werden, auch die Strommengen mit bilanziert, die eigengenutzt

werden. Nach 2007 sind darüber hinaus bereits heute vereinzelte marktgetriebene KWK-Neubauanlagen geplant, so dass mit einer tendenziell weiter steigenden Nettostromerzeugung der KWK-Anlagen zu rechnen ist.

Tabelle 2-2: Elektrische Leistung der geförderten KWK-Anlagen nach Kategorien des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes in Deutschland 2004 (Quelle: BAFA; IER)

	max. elektrische Leistung	max. Wärmeleistung	Elektrische Leistung der Gegendruck-scheibe				
			Summe	Erdgas	Steinkohle	Braunkohle	sonstiges
	[GW]	[GW]	[GW]	[GW]	[GW]	[GW]	[GW]
Alte Bestandsanlagen	18,34	36,41	14,66	3,29	6,51	1,80	3,05
Neue Bestandsanlagen (Erstmalige Aufnahme des Dauerbetriebs ab dem 01.01.1990 bis 31.03.2002)	16,55	22,49	12,11	5,68	1,86	3,63	0,92
Neue Bestandsanlagen (Erstmalige Aufnahme des Dauerbetriebs bis zum 31.12.1989 und Wiederaufnahme des Dauerbetriebs nach Modernisierung in der Zeit vom 01.01.1990 bis zum 31.03.2002)	2,57	6,51	2,29	0,72	0,34	0,33	0,89
Modernisierte alte Bestandsanlagen	0,72	0,55	0,51	0,20	0,00	0,00	0,30
Kleine KWK-Anlagen ¹⁾							
<i>dav. bis 50 kW</i>	0,04	0,07	0,04	0,036	0,00	0,00	0,004
<i>über 50 kW bis 2 MW</i>	0,07	0,08	0,07	0,057	0,00	0,00	0,007
Brennstoffzellen	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
Summe	38,30	66,12	29,69	9,99	8,71	5,76	5,17

1) Nach dem 1.04.2002 in Dauerbetrieb

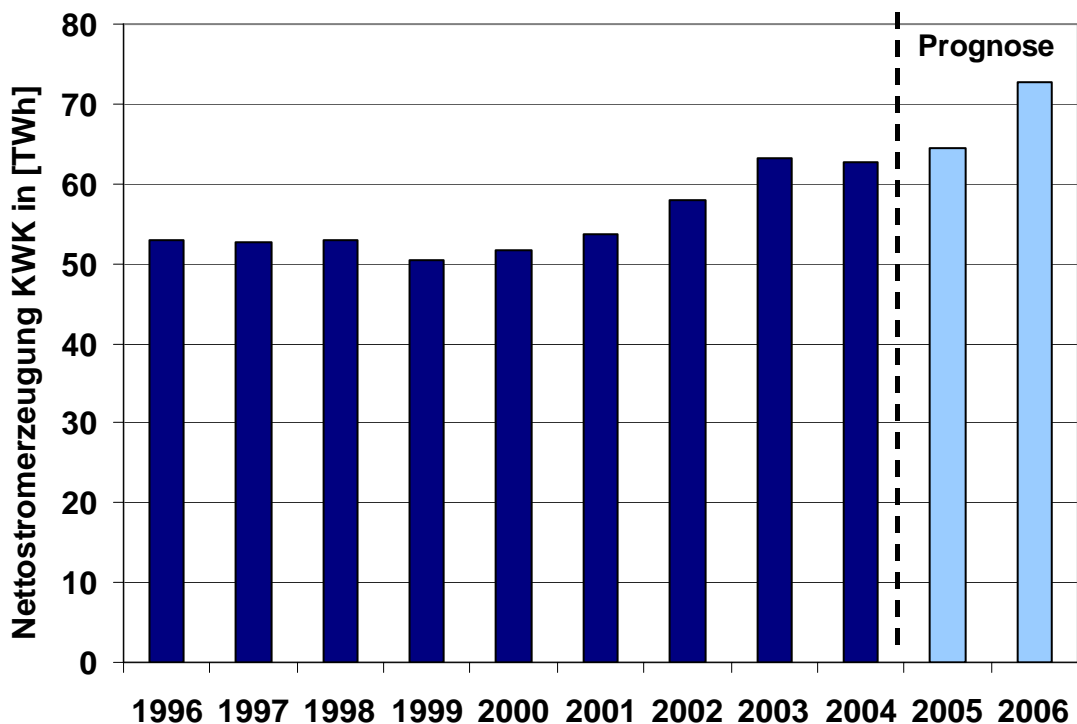


Abbildung 2-1: Entwicklung der Nettostromerzeugung in KWK-Anlagen in Deutschland

2.2 Rahmenbedingungen

Um die Auswirkungen des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes abschätzen zu können, sind noch weitere Rahmenbedingungen für die KWK-Anlagen von Bedeutung. Diese Rahmenbedingungen für die aktuelle und die zukünftige KWK-Stromerzeugung sind durch eine Reihe von Parametern gegeben. Hierzu zählen u. a. deren Nutzungsgrad, die Flexibilität bzgl. des Brennstoffeinsatzes, die möglichen Fahrweisen der KWK-Anlagen, das Wärmeabsatzpotenzial oder die Grenzkosten der Kondensationsstromerzeugung. Weitere wesentliche Parameter für die Gesamtheit der KWK-Anlagen sind deren Altersstruktur, deren Stromkennzahl, die eingesetzten Brennstoffe und deren Leistungsklassen im Vergleich zur Entwicklung im Kraftwerkspark der reinen Kondensationsstromerzeugung.

Die aktuelle und zukünftige KWK-Stromerzeugung hängt zudem vom Wärmeabsatzpotenzial ab, das von der KWK-Anlage mit Wärme versorgt werden kann. Die witterungsbedingten Einflüsse auf die KWK-Stromerzeugung können über die Erfassung des Wärmeanschlusswertes, der Wärmeabsatzmenge und der Art der Abnehmer bzw. deren Struktur mit in die Abschätzungen der zukünftigen Entwicklung der KWK-Stromerzeugung und damit der Effekte des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes eingehen. Teilweise wegfallende Versorgungsgebiete, wie etwa durch den Stadtumbau Ost, oder eine geringere Nachfrage, z. B. durch eine tendenziell verbesserte Wärmedämmung, können die mögliche KWK-Strommenge verringern. Als weitere Bestimmungsparameter für die Entwicklung der KWK-Stromerzeugung kommen nun auch die Auswirkungen des CO₂-Handels und der CO₂-Zertifikatzuteilung sowie die neue EU-Richtlinie zur Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung vom 21.2.2004 mit hinzu. Auf die beiden letzteren Punkte wird nochmals ausführlicher im Rahmen der Schlussbetrachtung Bezug genommen (vgl. Abschnitt 9).

Neben den Grenzkosten der Stromerzeugung der KWK-Anlagen beeinflussen auch die zeitlich variierende Strom- und Wärmenachfrage die Wirtschaftlichkeit der KWK-Anlagen. Daher werden bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der KWK-Anlagen „must run“-Situationen von KWK-Anlagen im Wärmemarkt berücksichtigt, d. h., für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit wird auch hier in Abschnitt 3 eine zeitintegrale Analyse durchgeführt. Dabei werden durch die Variation der Brennstoffpreise für zukünftige Betrachtungsjahre Sensitivitätsanalysen mit eingebracht.

Für die Beurteilung der CO₂-Minderung durch die KWK ist die wesentliche Rahmenbedingung für Vergleichsrechnungen die Wahl einer geeigneten Abgrenzung („Definition der Bilanzräume“). Will man die bei der Nutzung von KWK-Anlagen auftretenden CO₂- bzw. Energieeinsparungen ermitteln, so muss man die CO₂-Emissionen bzw. den damit einhergehenden Energieeinsatz mit dem CO₂-Ausstoß bzw. dem Energieeinsatz vergleichen, die sich ergeben, wenn man die gleichen Strom- und Wärmemengen in getrennten Erzeugungssystemen bereitstellt. Dabei stößt man auf das Problem, dass sich mit der jeweils betrachteten Er-

zeugungstechnologie auch der jeweilige zum Einsatz kommende Brennstoff ändern kann. Vergleicht man bspw. die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme in KWK-Anlagen mit der getrennten Stromerzeugung in einem Kondensationskraftwerk (Stromerzeugung) und in einem Heizwerk (Wärmeerzeugung) hinsichtlich ihrer Nutzungsgrade, so ergibt sich in vielen Fällen ein höherer Gesamtnutzungsgrad und damit eine Energieeinsparung für die KWK-Anlage (Technologieeffekt). Daraus folgt jedoch noch nicht zwangsläufig, dass mit der Energieumwandlung mittels KWK ein niedrigerer CO₂-Ausstoß verbunden ist. Dafür ist der Kohlenstoffgehalt der eingesetzten Brennstoffe eine entscheidende Größe (Brennstoffeffekt). Somit ist die Festlegung der Referenzsysteme entscheidend, um die CO₂-Effizienz der KWK beurteilen zu können. Dies betrifft sowohl die Strom- als auch die Wärmeerzeugung.

Wie /Blesl und Fahl, 2005a; 2005b/ zeigen, kann für die Beurteilung der CO₂-Minderung der KWK hinsichtlich des Technologie- und des Brennstoffeffektes eine Betrachtung einzelner KWK-Technologien, von Versorgungsaufgaben oder von gesamten Systemen vorgenommen werden. Es wird gezeigt, dass für die ökologische und ökonomische Beurteilung einer Technologie jedoch auf jeden Fall eine Gesamtsystembetrachtung notwendig ist. Da es sich zudem beim Energiesystem Deutschlands um ein dynamisches Energiesystem handelt, ist die Betrachtung eines einzelnen Zeitpunktes für die Beurteilung einer Technologie nicht ausreichend. Hierzu bedarf es einer dynamischen, Zeitschritte übergreifenden Analyse. In diesem Fall zeigt sich, dass z. B. im Jahr 2020 die durch eine verstärkte KWK-Stromerzeugung vermiedenen spezifischen CO₂-Emissionen in Abhängigkeit von der unterstellten Marktdurchdringung der KWK zwischen 250 und 1000 kg CO₂ je MWh KWK-Strom liegen. Ein konstanter Wert für die CO₂-seitige Bewertung des KWK-Stroms kann aus derartigen systemübergreifenden Szenarioanalysen nicht hergeleitet werden. Im Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz findet sich der Grundgedanke einer dynamischen Systembetrachtung nicht, vielmehr wird auf einen reinen Technologievergleich abgehoben mit Bezug auf die Wärmeerzeugung.

Für derartige reine Technologiebetrachtungen gibt es für die Festlegung der entsprechenden Referenztechniken kein objektives Kriterium, sondern allenfalls eine fachlich begründete politische Festlegung, wie dies oftmals Partial- oder Technikbetrachtungen mit sich bringen. In der Vergangenheit sind in den meisten bisher durchgeführten Studien statische Referenztechniken zur Beurteilung der CO₂-Minderung durch KWK verwendet worden.

Im Rahmen der vom IER Stuttgart durchgeführten Bestandsanalyse der KWK-Anlagen in Deutschland für das Jahr 1999 im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) /Blesl u. a., 2001/ wurden z. B. vom Auftraggeber vier Referenztechniken vorgegeben, um die CO₂-Einsparung durch den KWK-Anlagenbestand zu bewerten. Hierbei handelte es sich um die folgenden Referenztechniken:

- REF 1: Stromerzeugung im modernen Braunkohlekraftwerk (Jahresnutzungsgrad 44,5 % und somit 906,1 g CO₂ je kWh_{el}) und Wärmeerzeugung gemäß dem

Wärmemix 1999 (270 g CO₂ je kWh_{Wärme} und mittlerer Nutzungsgrad von 88,4 %⁵)

- REF 2: Stromerzeugung gemäß Stromerzeugungsmix 1998 (611 g CO₂ je kWh_{el} bzw. Nettojahresnutzungsgrad von 35,6 %) und Wärmeerzeugung gemäß dem Wärmemix 1999 (270 g CO₂ je kWh_{Wärme}; mittlerer Nutzungsgrad von 88,4 %)
- REF 3: Stromerzeugung im modernen Erdgas-GuD-Kraftwerk (Jahresnutzungsgrad 57,5 % und somit 350,6 g CO₂ je kWh_{el}) und Wärmeerzeugung gemäß dem Wärmemix 1999 (270 g CO₂ je kWh_{Wärme}; mittlerer Nutzungsgrad von 88,4 %)
- REF 4: Stromerzeugung im Vergleichskraftwerk mit dem selben Energieträger und Wärmeerzeugung in Wärmeerzeugungsanlagen ebenfalls mit dem selben Energieträger (Industrie) bzw. gemäß dem Wärmemix 1999 (270 g CO₂ je kWh_{Wärme}; mittlerer Nutzungsgrad von 88,4 %) (Öffentliche Versorgung und BHKW).

Die entsprechenden Jahresnutzungsgrade und die spezifischen CO₂-Emissionen der Referenzkraftwerke bzw. Wärmeerzeugungsanlagen der Industrie sind in Tabelle 2-3 zusammengefasst.

Tabelle 2-3: Spezifische CO₂-Emissionen und Jahresnutzungsgrade der Referenzkraftwerke im Bestand 1998 /DIW, 2001/ sowie der Wärmeerzeugungsanlagen in der Industrie im Jahr 1999

	Stromerzeugung		Wärmeerzeugung in der Industrie	
	Spez. CO ₂ -Emissionen	Nutzungsgrad (netto)	Spez. CO ₂ -Emissionen	Nutzungsgrad (netto)
	kg CO ₂ je MWh _{output} (netto)	%	kg CO ₂ je MWh _{Wärme} (netto)	%
Braunkohle	1182	34,0	469	86,0
Steinkohle (SK)	900	37,2	385	87,0
Heizöl (Hö)	761	35,6	311	89,0
Erdgas (Eg)	447	45,0	222	91,0
sonstige Gase	955	33,9	368	88,0
Übrige	206	33,2	80	85,0
Mix gesamt	611	35,6	270	90,0
Mix SK/Hö/Eg	783	38,8		

⁵ Die Angaben zum Wärmemix beziehen sich auf die Nutzwärmeerzeugung in Gebäuden. Für die getrennte Wärmeerzeugung sind somit im Falle der Siedlungs-KWK die Netzverluste als Gutschrift mit einzubeziehen. Für die industrielle KWK wurde die Brennstoffstruktur des Jahres 1999 berücksichtigt (vgl. Tabelle 2-3). In beiden Fällen ergibt sich jeweils ein Wärmemix von 270 g CO₂ je kWh_{Wärme}.

Für die Bewertung der durch erneuerbare Energien vermiedenen CO₂-Emissionen berücksichtigt das BMU in seinen Statistiken „Erneuerbare Energien in Zahlen“ drei unterschiedliche Referenztechniken:

- Strom I: Gesamter Kraftwerksmix im Jahr 2000 einschließlich Kernenergie, ohne erneuerbare Energien (594 kg CO₂ je MWh_{el} – Kraftwerke insgesamt)
- Strom II: Kraftwerksmix im Jahr 2000 ohne Kernenergie, ohne erneuerbare Energien (924 kg CO₂ je MWh_{el} – Fossile Kraftwerke)
- Strom III: Kraftwerksmix im Jahr 2000, der die Substitution von Kernenergie nur zum Teil berücksichtigt (800 kg CO₂ je MWh_{el})

Für die Referenztechnik für die Bewertung der Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien erfolgt eine Betrachtung über den Endenergieeinsatz. Hierbei wird ein prozentualer Mix des Endenergieverbrauchs von Erdgas zu 52,9 %, Heizöl zu 41,5 %, Kohle zu 1,5 % und Strom zu 4,1 % unterstellt. Damit ergibt sich ein Emissionsfaktor, bezogen auf den Endenergieverbrauch (EEV), von 228,5 kg CO₂ je MWh_{EEV}, der für die Referenztechnik verwendet wird. Bei einem durchschnittlichen Jahresnutzungsgrad der Heizungstechniken von 84,6 % ergibt sich wiederum für die Nutzwärmeerzeugung eine spezifische CO₂-Emission von 270 kg je MWh_{Wärme}.

Um ansatzweise der dynamischen Systembetrachtung Rechnung zu tragen, die nach den obigen Ausführungen für die Beurteilung der Wirkungen des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes angebracht erscheint, werden für das vorliegende Gutachten für die Referenztechnik der KWK-Stromerzeugung Parametervariationen durchgeführt. Die Bandbreite reicht zunächst (vgl. Abbildung 6-1) von 355 kg CO₂ je MWh_{el} (neues Erdgas-GuD-Kraftwerk mit einem Nutzungsgrad von 56,8 %) über 596 kg CO₂ je MWh_{el} (Stromerzeugungsmix 2004) und 650 kg CO₂ je MWh_{el} (bestehendes Heizöl-Kraftwerk als Grenzkraftwerk der Merit Order Kurve 2004) sowie 750 kg CO₂ je MWh_{el}⁶ (neues Steinkohlekraftwerk mit einem Nutzungsgrad von 44,6 %) bis hin zu 900 kg CO₂ je MWh_{el} (neues Braunkohlekraftwerk mit einem Nutzungsgrad von 44,8 %). Eine Berechnungsvorschrift für eine weitergehende Variation der Referenztechnik auf der Stromseite findet sich in Anhang A. Da die Vorgaben des Nationalen Allokationsplanes zu einer Obergrenze von 750 kg CO₂ je MWh_{el} als Höchstwert führen und der Stromerzeugungsmix 2004 mit 596 kg CO₂ je MWh_{el} eine mögliche Untergrenze darstellt, wird später (vgl. Abbildung 6-2) die Betrachtung auf diesen Wertebereich eingegrenzt. Auch hier liefert Anhang A die Möglichkeit, die CO₂-Effekte bezüglich der Variation der stromseitigen Referenztechnik ermitteln zu können. Für die Wärmeerzeugung wird eine feste Referenztechnik mit 240 kg CO₂ je MWh_{th} verwendet, was bei einem Verlust von 11 % für Transport, Verteilung und Nutzung im Haus wiederum dem gebräuchlichen Wert von 270 kg CO₂ je MWh_{th} bezogen auf die Nutzwärme entspricht.

⁶ Die 750 kg CO₂ je MWh_{el} spiegeln auch die spezifischen CO₂-Emissionen des Mixes der Steinkohle-, Heizöl- und Erdgas-Kraftwerke, des sogenannten Mittellast-Mixes, in den Jahren 1998 und 2003 in Deutschland wider.

3 Ökonomische Einordnung bestehender und neuer KWK-Anlagen

Im Rahmen des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes werden in Abhängigkeit der Anlagenkategorie unterschiedlich hohe Zuschlagssätze gewährt. Das Ziel dieser Vergütung ist es, die Wirtschaftlichkeit der KWK-Anlagen des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes, d. h. deren Kostendeckung, zu gewährleisten. Im Folgenden wird die Wirtschaftlichkeit verschiedener KWK-Anlagen im Zusammenhang mit dem bestehenden Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz unter heutigen Bedingungen (2004) und bei Projektionen der Rahmenbedingungen bis 2010 analysiert. Um den Unsicherheiten bei der Entwicklung der Energieträgerpreise Rechnung zu tragen, werden dabei zwei Preisentwicklungen unterschieden.

Für die ökonomische Einordnung der KWK sind zum einen die Einsatzpreise der Einsatzenergien Erdgas und Steinkohle und zum anderen auf der Erlösseite die Strompreise von Bedeutung. Eine Betrachtung der auf Januar 2002 indizierten Preisentwicklung (vgl. Abbildung 3-1) zeigt, dass der Erdgaspreis in der Periode von Januar 2002 bis Juli 2004 um den Index von 100 schwankt. Im Gegensatz dazu ist für den Index des Grenzübergangspriees der Drittlandskohle im selben Zeitraum sowohl ein deutlicher Abfall bis auf 70 und ein deutlicher Anstieg auf 120 zu beobachten. Bei den Strompreisen sowohl auf Mittelspannungsebene als auch bei dem EEX-Basepreisen ist im Betrachtungszeitraum ein Anstieg zu beobachten.

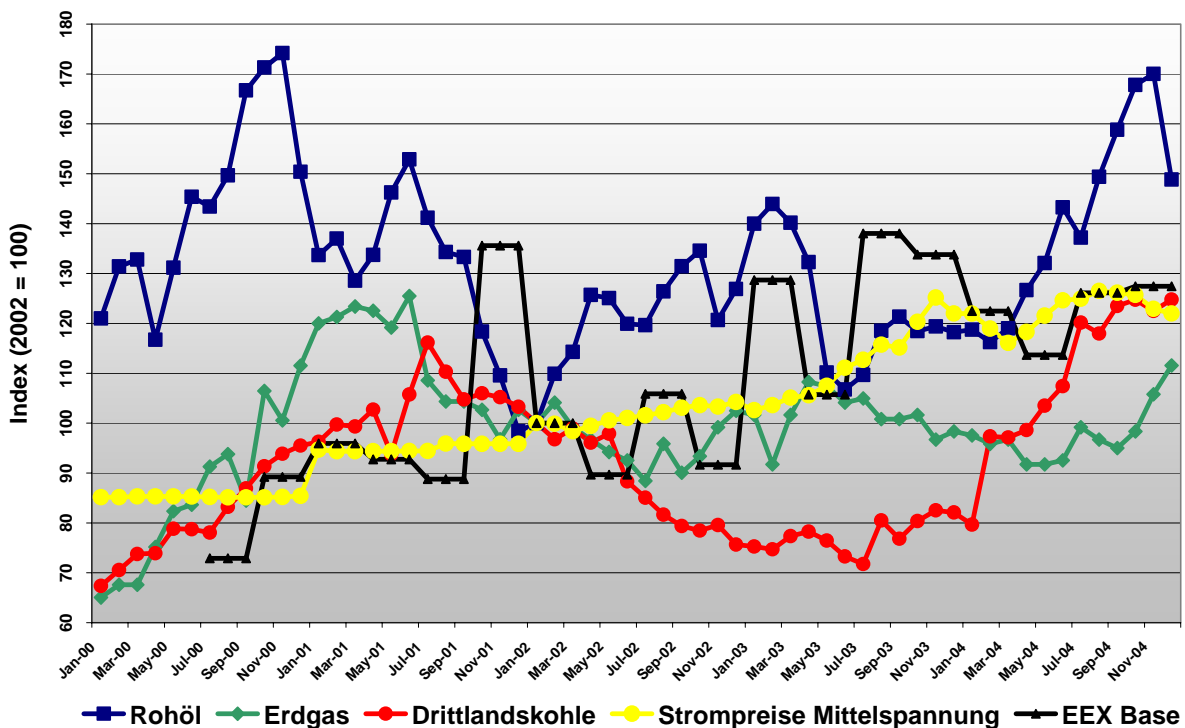


Abbildung 3-1: Entwicklung ausgewählter Brennstoff- und Strompreise zwischen Januar 2000 und Dezember 2004 /Quelle VIK-Online; EEX, eigene Berechnungen/

Nachfolgend wird die Wettbewerbsposition von bestehenden KWK-Anlagen und von kleinen neuen KWK-Anlagen bei heutigen und möglichen zukünftigen Brennstoffpreisen erläutert, da diese vom Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz erfasst werden. Die Wirtschaftlichkeit modernisierter KWK-Altanlagen wird nicht diskutiert, da davon auszugehen ist, dass die Investition unter weitgehend bekannten Rahmenbedingungen, einschließlich der Förderung durch das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz und der damit einhergehenden Unsicherheit bezüglich der zeitlichen Entwicklung der Zuschlagssätze, erfolgt ist, auf deren Basis der Investor diese positiv beurteilt hat.⁷

3.1 Wirtschaftlichkeitsanalyse von bestehenden KWK-Anlagen

Die Wirtschaftlichkeit bestehender KWK-Anlagen wird im Wesentlichen von den Grenzkosten der Erzeugung, und den erzielbaren Strom- und Wärmeerlösen beeinflusst. Sie hängt bei KWK-Anlagen des Bestandes sowohl von der Situation auf dem Strom- als auch auf dem Wärmemarkt ab (vgl. Abbildung 3-2). Aufgrund der Strommarktliberalisierung wird für die Beurteilung der Wettbewerbssituation der bestehenden KWK-Anlagen in Deutschland häufig eine Gutschrift für die Wärmeerzeugung angesetzt und die Wirtschaftlichkeit mit Bezug auf den Strommarkt bewertet.

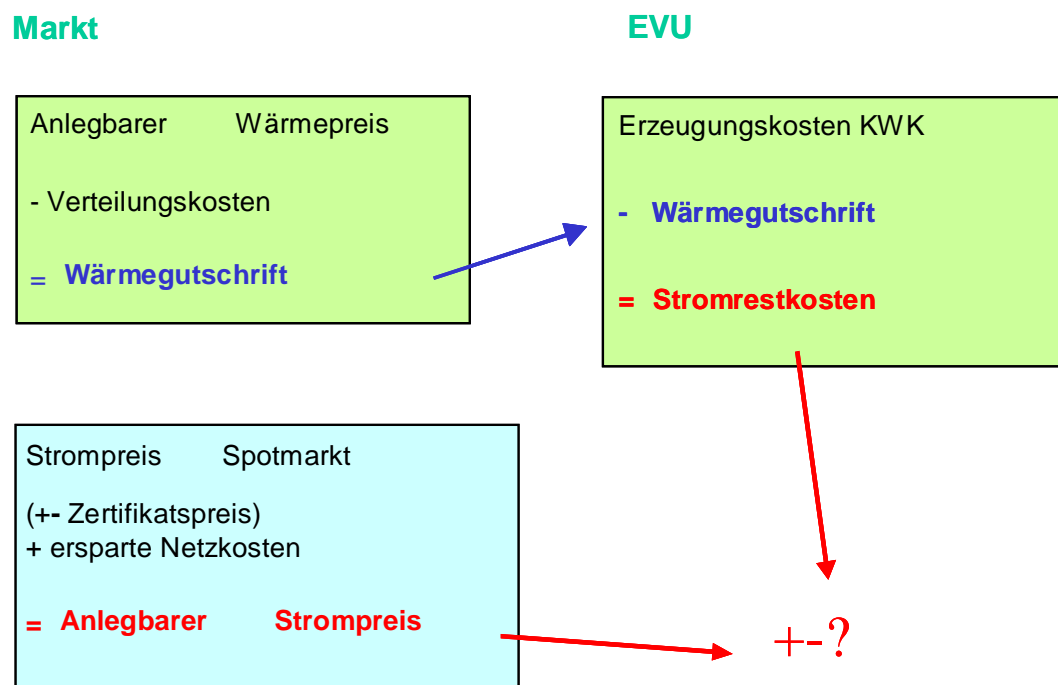


Abbildung 3-2: Positionierung der KWK im liberalisierten Markt

⁷ Die durchschnittliche Erlössituation modernisierter KWK-Anlagen in Abhängigkeit der Förderung und der Variation von Erdgas- und Steinkohlepreisen bzw. Strompreisen wurde im Anhang C analysiert.

Wird ein solches Gutschriftverfahren angewendet, so lassen sich für die einzelnen bestehende KWK-Anlagen die marginalen Grenzkosten der Stromerzeugung auf Grund der Betriebskosten (im Wesentlichen der Brennstoffkosten) nach Abzug der Wärmegutschrift ermitteln. Dies stellt die sogenannten Stromrestkosten dar. Aus ökonomischen Überlegungen wird die KWK-Anlage nur dann eingesetzt, wenn die Stromrestkosten der Erzeugung geringer sind als der anlegbare Stromerlös.

Für die Berechnung der Wärmegutschrift ist zu berücksichtigen, dass die Fernwärmefachfrage zu jedem Zeitpunkt gedeckt werden muss. Anders als bei der Stromerzeugung, bei der die Stromnachfrage über das elektrische Netz ausgeglichen werden kann, stehen für die Deckung der Wärmenachfrage nur die standortspezifischen Optionen zur Verfügung. D. h., die Wärmenachfrage muss zu jedem Zeitpunkt durch die Alternativen KWK-Anlage oder eine ungekoppelte Wärmeerzeugung (z. B. Spitzenkessel) gedeckt werden. Entsprechend können als Wärmegutschrift die Grenzkosten der alternativen ungekoppelten Erzeugung, d. h. die variablen Betriebskosten, angesetzt werden. Die so ermittelten Stromrestkosten werden mit einem anlegbaren Stromerlös verglichen. Als anlegbarer Stromerlös wird häufig ein EEX-Preis verwendet, der entweder dem Baseloadpreis zum Betrachtungszeitraum bzw. -zeitpunkt oder dem durchschnittlichen Baseloadpreis der Vorperiode entspricht. Es können zusätzlich vermiedene Netznutzungsentgelte bzw. - bei KWK-Anlagen mit einer Feuerungsleistung größer als 20 MW - CO₂-Zertifikatspreise berücksichtigt werden, die den anlegbaren Stromerlös entsprechend erhöhen. Zusätzlich kommt noch hinzu, dass eine KWK-Anlage, die beim Emissionshandel erfasst ist, bei der Vergabe der Emissionsberechtigungen eine Über- oder eine Unterausstattung erfahren kann. Die Problematik des Emissionshandels und die mit den Sonderregelungen einhergehenden vielfachen Varianten werden im Folgenden zunächst ausgeklammert. Das Thema wird im Rahmen der Schlussbetrachtung nochmals aufgegriffen (vgl. Abschnitt 9).

Um dem zeitlich variierenden Verlauf der Wärmenachfrage und des anlegbaren Stromerlöses Rechnung zu tragen, wird eine Einsatzsimulation für ein Jahr bzw. für mehrere aufeinanderfolgende Jahre durchgeführt. Insgesamt wird damit für die Bestimmung der Wirtschaftlichkeit bestehender KWK-Anlagen wie folgt vorgegangen:

1. Festlegung der Rahmen- und Randbedingungen
2. Auswahl und Charakterisierung realer in Deutschland betriebener neuer und alter KWK-Bestandsanlagen sowie Heizwerke
3. Definition einer typischen jährlichen Wärmenachfrage in Fernwärmegebieten
4. Quartalsweise Festlegung von Typtagen für Werkzeuge und Wochenende
5. Berechnung der Grenzkosten der Stromerzeugung (nur variable Erzeugungskosten - fast ausschließlich Brennstoffkosten) unter Berücksichtigung der Wärmegutschrift (Heizwerk)

6. Vergleich der Grenzkosten der Stromerzeugung mit den stündlichen EEX-Spotmarktpreisen bzw. den durchschnittlichen EEX-Baseloadpreisen des vorangegangenen Quartals⁸
7. Ermittlung der Einsatzzeiten anhand des Vergleichs der Grenzkosten und der EEX-Preise
8. Ausweisung der Erlöse und des Deckungsbeitrages zu den fixen Betriebskosten mit und ohne Zuschlag des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes

Die wesentlichen Rahmen- und Randbedingungen für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Strom- und Wärmeerzeugungsanlagen sind die Energieträgerpreise und deren Entwicklung. Für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der KWK-Bestandsanlagen in Deutschland werden basierend auf /VIK 2004/ die durchschnittlichen Quartalswerte der Brennstoffkosten frei Kraftwerk und die EEX Baseload Preise der Jahre 2003 und 2004 (vgl. Tabelle 3-1) benutzt.

Tabelle 3-1: Durchschnittliche Brennstoffpreise für den Einsatz in KWK-Anlagen bzw. der alternativen Wärmeerzeugung und der EEX-Baseloadpreise des vorangegangenen Quartals

		Steinkohle		Erdgas		EEX-Quartals	
		€ MWh(Hu)		€ MWh(Hu)		€ MWh	
2003	1. Quartal	5,60		17,76		29,97	
	2. Quartal	5,53		18,21		24,62	
	3. Quartal	5,85		17,65		32,15	
	4. Quartal	6,08		17,00		31,16	
2004	1. Quartal	6,88		16,46		28,52	
	2. Quartal	7,71		16,62		26,48	
	3. Quartal	8,11		17,06		29,38	
	4. Quartal	8,11 ¹⁾		17,06 ¹⁾		29,69	
		Var 1	Var 2	Var 1	Var 2	Var 1	Var 2
2009	1. Quartal	7,83	10,83	18,84	27,73	37,53	43,22
	2. Quartal	7,76	10,76	19,29	28,18	32,18	37,87
	3. Quartal	8,08	11,08	18,73	27,62	39,71	45,40
	4. Quartal	8,31	11,31	18,08	26,97	38,72	44,41

- 1) Da die entsprechenden Werte für Steinkohle und Erdgas zum Zeitpunkt der Analyse noch nicht vorlagen, wurden die Werte des vorangegangenen Quartals verwendet.

Bezüglich der Preisentwicklung auf den Energiemärkten fällt eine auch nur mittelfristige Projektion, um daraus Anhaltspunkte für die Entwicklung der nächsten 5 Jahre zu gewinnen, z. Zt. besonders schwer. Der Weltölmarkt hat als Referenzwert für die Brennstoffpreis-

⁸ Nach dem Artikelgesetzes vom 02.04.2004 (Novelliertes EEG / Änderung des Umweltauditgesetzes und des KWK-Gesetzes) kann als Mindestvergütung für den eingespeisten KWK-Strom („Üblicher Preis“) der durchschnittliche EEX-Baseloadpreis des vorangegangenen Quartals verlangt werden. Als Zusatzartikel zum

entwicklung im Jahre 2004 mit über 55 \$/bbl ein Hoch erreicht, das in Bezug auf die letzten 10 Jahre einmalig war. Im Anschluss daran ist der Ölpreis wieder auf etwa 40 \$/bbl gefallen, hat sich zunächst auf diesem Niveau stabilisiert und ist dann wieder angestiegen. Es ist nicht auszuschließen, dass der Weltölpreis mittelfristig insgesamt auf einem höheren Niveau bleibt.

Die Projektion der Energieträgerpreisentwicklung ist mit Unsicherheiten verbunden, daher wird zwischen zwei Varianten unterschieden. Die Varianten 1 und 2 unterscheiden sich im Wesentlichen darin, dass einerseits in Variante 1 von einem gemäßigten Energieträgerpreisanstieg und in Variante 2 andererseits von weiter steigenden Energieträgerpreisen auf ein durchschnittliches Niveau von 60 \$/bbl bis 2010 ausgegangen wird.

Basierend auf der Kraftwerksdatenbank des IER, die neben den Informationen über die KWK-Anlagen auch Angaben zur Struktur (Erzeugung, Leistung) und zum Alter der reinen Stromerzeugungsanlagen enthält, wird die Entwicklung der Spotmarktpreise für die beiden Preisvarianten für das Jahr 2009 auf der Basis der Merit Order Kurve der KWK-Stromerzeugung und der Merit Order Kurve des Gesamtkraftwerksparks auf Quartalsbasis hergeleitet (vgl. Tabelle 3-1). Hier ergibt sich in der Preisvariante 1 eine Entwicklung auf 32,18 bis 39,71 € je MWh, während die Quartalswerte in der Preisvariante 2 mit 37,87 bis 45,40 €/MWh entsprechend höher liegen.

Die in Deutschland installierten KWK-Bestandsanlagen unterscheiden sich in Abhängigkeit vom Alter im Wesentlichen auf Grund ihrer Stromkennzahl und ihrer Gesamteffizienz (vgl. Tabelle 3-2). Beim überwiegenden Anteil der bestehenden KWK-Anlagen in Deutschland handelt es sich um Entnahmekondensations-KWK-Anlagen, in Folge dessen auch der elektrische Wirkungsgrad im Kondensationsbetrieb variiert. Sieht man von den Ohnehin-Kraftwerken mit Wärmeauskopplung auf Braunkohlebasis ab, so sind die wesentlichen eingesetzten Brennstoffe Erdgas und Steinkohle. Der Hauptunterschied zwischen alten und neuen KWK-Bestandsanlagen nach der Unterscheidung des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes liegt darin, dass die neueren Bestandsanlagen vor allem einen höheren elektrischen Wirkungsgrad aufweisen. So beträgt beispielsweise der Unterschied beim elektrischen Wirkungsgrad zwischen der neuen Erdgas GuD-KWK-Bestandsanlage und dem alten Erdgasbestandsheizkraftwerk 5 Prozentpunkte.

Tabelle 3-2: Charakterisierung von in Bezug auf das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz typischen KWK-Anlagen des Bestandes

Anlage		theo. Nutzungsgrad		
		KWK-Betrieb		Kond.-Betrieb
		gesamt	el. Wirkungsgrad	
		[%]	[%]	[%]
Verbundkraftwerk	Verbundbetrieb	70	38	44,2
	Hauptkesselbetrieb	72	34	41,8
	Gasturbinenbetrieb	83	35	35,4
Müllheizkraftwerk		63	27	30
Neue Bestandsanlage Steinkohle Heizkraftwerk		85	35	40
Neue Bestandsanlage GuD-KWK-Anlage		88	44	-
Alte Bestandsanlage Steinkohle Heizkraftwerk		77	29	38
Alte Bestandsanlage Erdgas KWK-Anlage		83	39	40

Für die Bestimmung der Wärmegutschrift wird zu Grunde gelegt, dass am Standort der KWK-Anlage noch weitere Wärmeerzeugungssysteme installiert sind. Hierbei handelt es sich um Dampferzeuger, Eckrohrkessel bzw. Zusatzfeuerungen mit einem Wirkungsgrad zwischen 85 und 91 % (vgl. Tabelle 3-3). Die Höhe der Wärmegutschrift wird daher im Wesentlichen von dem Preis des eingesetzten Brennstoffs (vgl. Tabelle 3-1) beeinflusst, da der Wirkungsgrad der verschiedenen Alternativen nicht stark variiert.

Tabelle 3-3: Charakterisierung weiterer, am Anlagenstandort der typischen KWK-Anlagen installierter Wärmeerzeugungsoptionen

Anlage		Alternativer Wärmeerzeuger	Brennstoff	Wirkungsgrad	Wärme-erlös [€/MWh]
				[%]	
Verbundkraftwerk	Verbundbetrieb	Dampferzeuger	Steinkohle	89	9.1
	Hauptkesselbetrieb	Dampferzeuger	Steinkohle	89	9.1
	Gasturbinenbetrieb	Dampferzeuger	Steinkohle	89	9.1
Neue Bestandsanlage Steinkohle Heizkraftwerk		Eckrohrkessel	Erdgas	89	19.2
		Dampferzeuger	Steinkohle	91	8.9
Neue Bestandsanlage GuD-KWK-Anlage		Zusatzfeuerung	Erdgas	89	19.2
Alte Bestandsanlage Steinkohle Heizkraftwerk		Dampferzeuger	Steinkohle	85	9.5
Alte Bestandsanlage Erdgas KWK-Anlage		Zusatzfeuerung	Erdgas	85	20.1

Für die Analyse der Wirtschaftlichkeit der KWK-Anlagen wurde ein typischer Verlauf der Fernwärmelast mit einer Aufteilung von 80 % Haushalts- und GHD-Kunden sowie 20 % industrielle Kunden unterstellt⁹ (vgl. Abbildung 3-3).

⁹ Diese Annahme spiegelt sehr gut die Verhältnisse in Deutschland wider. Im Jahr 2003 betrug der Endenergieverbrauch an Fernwärme rund 330 PJ. Hiervon wurden 63 PJ oder 19 % an die Industrie geliefert. Im Falle eines höheren Industrieanteils wären insbesondere die Fernwärmelast im 2. und 3. Quartal höher. Damit würde die Vollbenutzungsstundenzahl der Wärmeversorgungsaufgabe weiter steigen. Entsprechend könnten KWK-Anlagen eine höhere Anzahl von Stunden im KWK-Betrieb eingesetzt werden.

Ein weiterer Einflussfaktor für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit ist die erreichbare Vollbenutzungsstundenzahl, für die wiederum das Verhältnis zwischen Wärmeleistung der KWK-Anlage im Vergleich zur maximalen Wärmeleistung der Versorgungsaufgabe eine wichtige Kenngröße darstellt. Für die KWK-Anlagen (vgl. Tabelle 3-2) wird angenommen, dass sie auf maximal 55 % der Wärmehöchstlast dimensioniert sind. Hierbei handelt es sich um einen durchschnittlichen Wert der öffentlichen Fernwärmeversorgung in Deutschland.

Basierend auf dem typischen Fernwärmelastverlauf eines Jahres wurden für jedes Quartal und differenziert nach Werktag und Wochenendtag entsprechende Typtage definiert (vgl. Abbildung 3-4), die, anteilig auf das Jahr hochgerechnet, die energetische Gesamtfernwärmenachfrage ergeben. Für die einzelnen acht Typtage wird im Folgenden eine entsprechende Einsatzanalyse der KWK-Anlagen für 2003 und 2004 sowie für 2009 mit zwei Preisvarianten (vgl. Tabelle 3-1) sowie für zwei Strompreise (EEX-Spotmarkt bzw. EEX-Base-loadpreis des Vorquartals) durchgeführt.

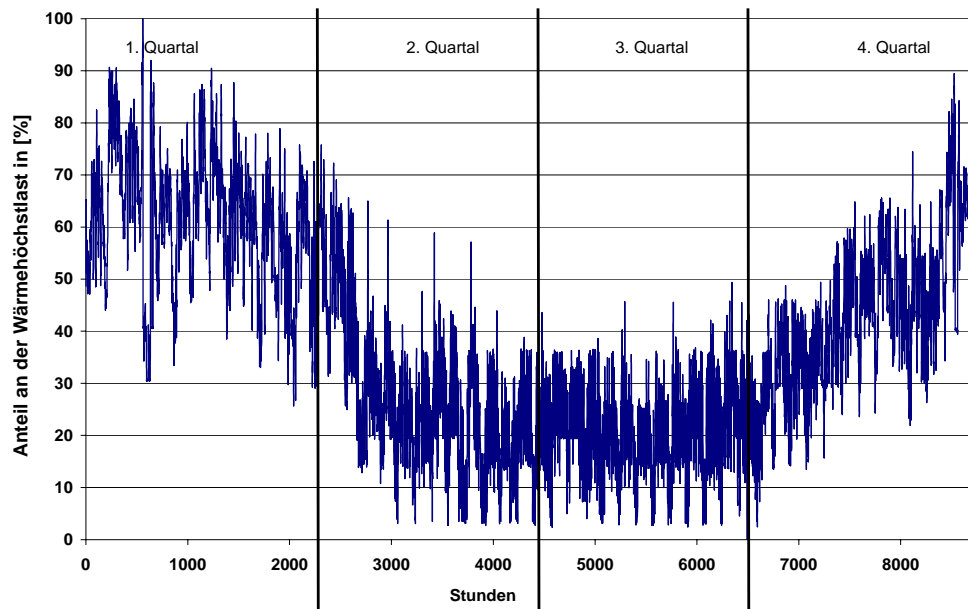


Abbildung 3-3: Typischer Verlauf der Fernwärmelast während eines Jahres

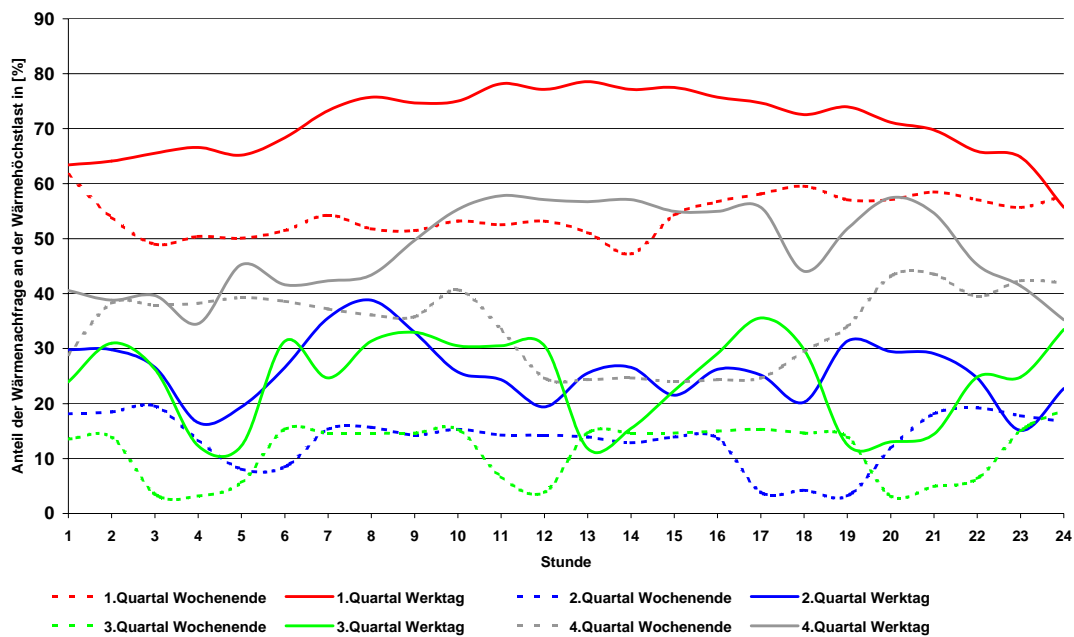


Abbildung 3-4: Charakterisierung der Typtage für die Fernwärmelast bezüglich des Anteils der Wärmenachfrage an der Wärmehöchstlast in %

Entnahme-Kondensations-KWK-Anlagen haben den Vorteil, dass sie in gewissen thermodynamischen Grenzen beliebige Verhältnisse von Strom und Wärme erzeugen können. Sie sind einerseits dadurch gekennzeichnet, dass bei gleicher Feuerungswärmeleistung in Folge der Wärmeauskopplung die Stromauskopplung rückläufig ist, andererseits mit zunehmender Wärmeauskopplung der Gesamtnutzungsgrad des Brennstoffes steigt. In Folge schwankender Fernwärmenachfrage variiert somit die Wärmeerzeugung, die KWK- und Kondensationsstromerzeugung und damit die Stromrestkosten einer Entnamekondensations-KWK-Anlage. Für die Einsatzsimulation der Entnamekondensations-KWK-Anlagen bei gegebener Fernwärmenachfrage wurde daher das folgende methodische Vorgehen gewählt.

In Abhängigkeit der Fernwärmelast wird die Effizienz der Entnahme-Kondensations-KWK-Anlagen bei maximaler Feuerungswärmeleistung entlang der Geraden zwischen KWK-Gegendruckpunkt und bei Kondensationsbetrieb (vgl. Abbildung 3-5) berechnet. Der Einsatz der KWK-Anlagen wird unter der Randbedingung simuliert, dass diese, wenn sie eingesetzt werden, unter Volllast betrieben werden. Entsprechend wird der Einsatz der KWK-Anlagen entlang der in Abbildung 3-5 eingezeichneten Linie simuliert, d. h., bei Teillastauskopplung der Wärme wird jeweils die maximal mögliche Strommenge (KWK-Strom und Kondensationsstrom) erzeugt. Bei teilweiser Auskopplung erhöht sich dann entsprechend proportional zur Stromverlustkennzahl der KWK-Anlage die ausgekoppelte Strommenge. Da für alle typischen KWK-Anlagen (vgl. Tabelle 3-2) die Wärmeauskopplung trotz Stromverlustkennzahl mit Primärenergieeinsparungen verbunden ist, sind tendenziell höhere Vollbenutzungsstundenzahlen der Wärmeauskopplungen für die KWK-Anlagen wirtschaftlicher.

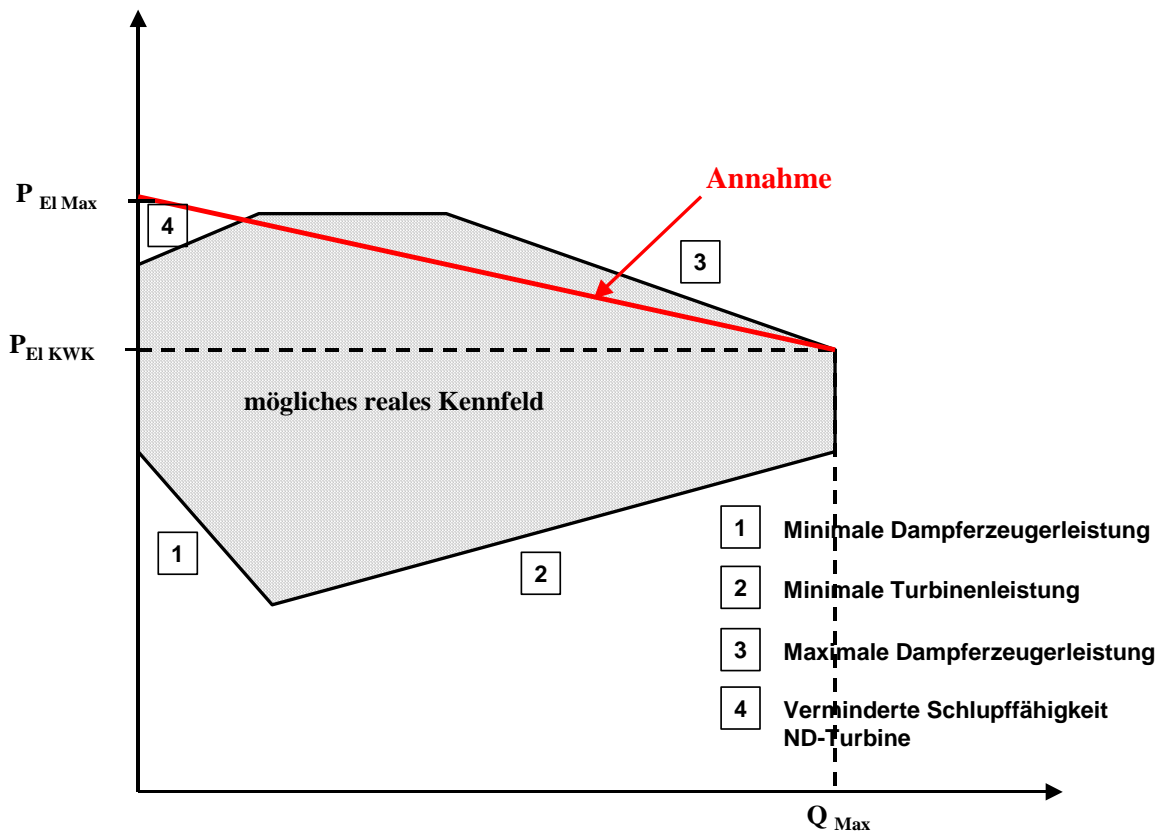


Abbildung 3-5: Fahrweise von Entnahme-Kondensations-KWK-Anlagen und deren Vereinfachung

Die Durchführung der Einsatzsimulation der KWK-Anlagen ergibt in Abhängigkeit der sich quartalsweise verändernden Energieträgerpreise bzw. EEX-Preise (vgl. Tabelle 3-1) und den zusätzlich vom Typtag abhängigen Schwankungen der Fernwärmelast unterschiedlich wirtschaftliche optimierte Fahrweisen. In Abbildung 3-6 ist exemplarisch für das 4. Quartal des Jahres 2004 das Ergebnis für die Stromrestkosten im Vergleich mit dem durchschnittlichen stündlichen Spotmarktpreis im 4. Quartal 2004 (EEX 4.Q 04 WT) und dem EEX Baseloadpreis des Vorquartals (Baseload 3.Q 04) an einem Werktag dargestellt. Die Stromrestkosten für die anderen Quartale und Typtage der Jahre 2003 und 2004 im Vergleich mit den stündlichen Spotmarktpreisen und dem EEX Baseloadpreis des Vorquartals finden sich in Anhang B.

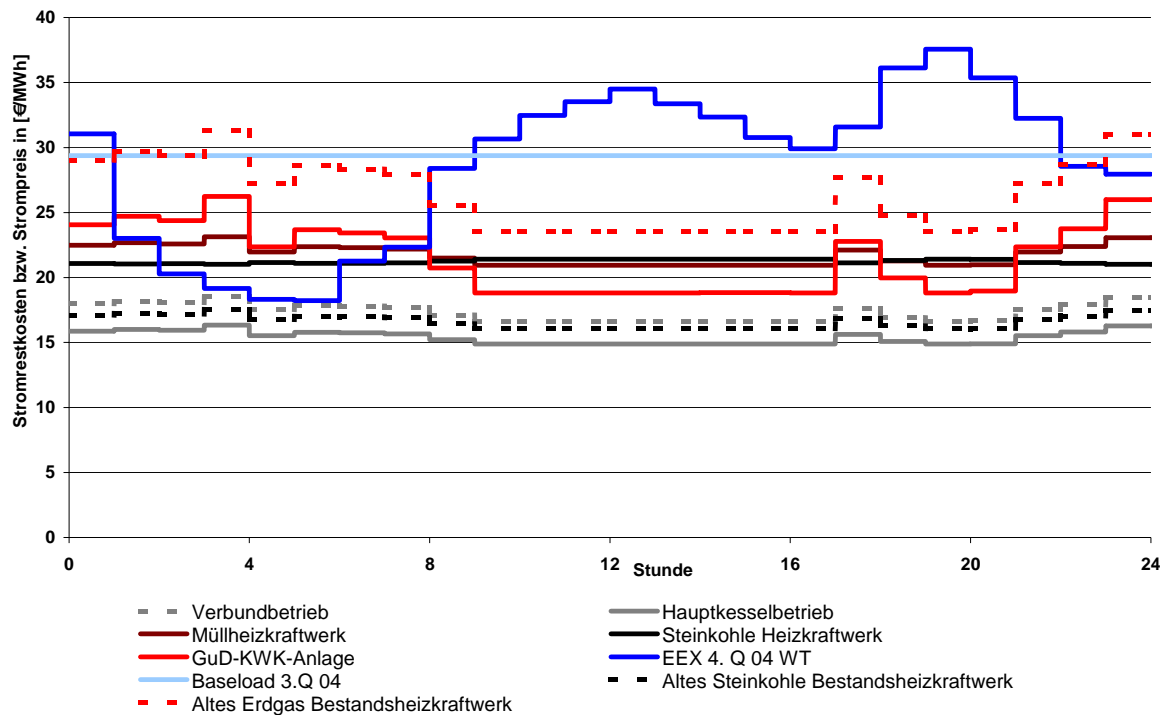


Abbildung 3-6: Stromrestkosten im Vergleich mit dem durchschnittlichen stündlichen Spotmarktpreis im 4. Quartal 2004 und dem EEX Baseloadpreis (Vorquartal) am Werktag

Im vierten Quartal 2004 sind in der Tagesspitze die Stromrestkosten aller KWK-Anlagen geringer als die durchschnittlichen stündlichen Spotmarktpreise der EEX. Die Stromrestkosten erdgasgefeuerter KWK-Anlagen liegen teilweise ganztägig über den Baseloadpreisen des Vorquartals. Die Stromrestkosten von KWK-Anlagen auf Basis von Steinkohle weisen im Vergleich zu Erdgas gefeuerten KWK-Anlagen erhebliche Einsatzvorteile auf. Der Unterschied in den Stromrestkosten zwischen alten und neuen KWK-Bestandsanlagen ist bei erdgasgefeuerten KWK-Anlagen größer als bei Steinkohle-Heizkraftwerken.

Für den wirtschaftlichen Betrieb der KWK-Anlagen ergeben sich für die betrachteten Jahre und in Abhängigkeit des anzusetzenden Stromerlöses (gegenüber dem durchschnittlichen EEX Baseloadpreis des entsprechende Typtages innerhalb des betrachteten Quartals oder dem durchschnittlichen EEX-Baseloadpreis des vorangegangenen Quartals) unterschiedlichen Einsatzzeiten der KWK-Anlagen (vgl. Tabelle 3-4). Bei den Einsatzzeiten der KWK-Anlagen wird zwischen der Gesamtanlage und dem Betrieb mit KWK-Auskopplung unterschieden. Es wird deutlich, dass durchweg alle betrachteten KWK-Anlagen auch Kondensationsstrom erzeugen.

Tabelle 3-4: Einsatzzeiten der KWK-Anlagen in den betrachteten Jahren

		Neue Bestandsanlagen		Alte Bestandsanlagen	
		Steinkohle Heizkraftwerk	GuD-KWK-Anlage	Altes Steinkohle Bestandsheizkraftwerk	Altes Erdgas Bestandsheizkraftwerk
Mögliche Vollbenutzungsstunden der Anlage					
EEX stündlich	2003	7953	4197	8383	3599
	2004	7323	4962	7847	3604
	2009 Var.1	8552	5814	8682	4537
	2009 Var.2	8526	5684	8682	4303
EEX Vorquartal	2003	8760	4420	8760	2000
	2004	8760	4798	8760	3676
	2009 Var.1	8760	6771	8760	4888
	2009 Var.2	8760	4277	8760	3426
Mögliche Vollbenutzungsstunden in KWK					
EEX stündlich	2003	5285	3347	5503	2904
	2004	5046	3804	5374	3015
	2009 Var.1	5541	4434	5607	3582
	2009 Var.2	5397	3294	5598	2372
EEX Vorquartal	2003	5622	3873	5622	1665
	2004	5622	4177	5622	3480
	2009 Var.1	5622	5094	5622	4203
	2009 Var.2	5622	3876	5622	3292

Basierend auf den Einsatzzeiten der KWK-Anlagen kann deren durchschnittliche spezifische jährliche Erlössituation berechnet werden, die der Differenz zwischen Spotmarktpreis (EEX stündlich bzw. EEX Vorquartal) und den Stromrestkosten der KWK-Anlagen entspricht. Hierbei wurde für die Ermittlung dieser Deckungsbeiträge (vgl. Tabelle 3-5) unabhängig von den ermittelten möglichen Einsatzzeiten unterstellt, dass die Entnahmekondensations-KWK-Anlagen nur maximal 7500 h/a eingesetzt werden. Die dafür notwendigen Anpassungen sind in Tabelle 3-4 durch eine fette Markierung hervorgehoben.

Tabelle 3-5: Deckungsbeiträge der KWK-Anlagen in den betrachteten Jahren

		Neue Bestandsanlagen		Alte Bestandsanlagen		
		Steinkohle Heizkraftwerk	GuD-KWK- Anlage	Altes Steinkohle Bestandsheizk- raftwerk	Altes Erdgas Bestands- heizkraftwerk	
Durchschnittlicher Deckungsbeitrag ohne KWKG						
EEX- stündlich	2003	[€/MWh]	16,48	10,40	18,73	8,16
	2004	[€/MWh]	10,62	6,85	13,84	4,84
	2009 Var.1	[€/MWh]	18,22	14,18	21,57	11,18
	2009 Var.2	[€/MWh]	16,22	7,65	21,39	5,13
EEX Vorquartal	2003	[€/MWh]	13,27	4,76	15,81	4,75
	2004	[€/MWh]	10,43	8,14	13,78	5,53
	2009 Var.1	[€/MWh]	17,68	10,87	21,21	9,39
	2009 Var.2	[€/MWh]	16,13	9,78	20,98	3,42
Durchschnittlicher Deckungsbeitrag ohne KWKG und mit vermiedenem Netzentgelt (VNE)						
EEX- stündlich	2003	[€/MWh]	24,08	18,00	26,33	15,76
	2004	[€/MWh]	18,22	14,45	21,44	12,44
	2009 Var.1	[€/MWh]	25,82	21,78	29,17	18,78
	2009 Var.2	[€/MWh]	23,82	15,25	28,99	12,73
EEX Vorquartal	2003	[€/MWh]	20,87	12,36	23,41	12,35
	2004	[€/MWh]	18,03	15,74	21,38	13,13
	2009 Var.1	[€/MWh]	25,28	18,47	28,81	16,99
	2009 Var.2	[€/MWh]	23,73	17,38	28,58	11,02
Durchschnittlicher Deckungsbeitrag mit KWKG und mit VNE						
EEX- stündlich	2003	[€/MWh]	34,25	30,20	36,37	28,11
	2004	[€/MWh]	27,38	24,64	30,55	23,56
	2009 Var.1	[€/MWh]	29,45	26,05	29,17	18,78
	2009 Var.2	[€/MWh]	27,36	18,49	28,99	12,73
EEX Vorquartal	2003	[€/MWh]	30,69	25,77	33,23	25,09
	2004	[€/MWh]	26,57	27,32	29,92	25,72
	2009 Var.1	[€/MWh]	28,88	22,68	28,81	16,99
	2009 Var.2	[€/MWh]	27,32	22,46	28,58	11,02

Insgesamt sind im Betrachtungszeitraum die Deckungsbeiträge der Steinkohle Heizkraftwerke höher als die der KWK-Anlagen mit Erdgas als Brennstoff. Ohne Zuschläge durch das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz und ohne Berücksichtigung vermiedener Netznutzungsentgelte beträgt der Deckungsbeitrag der neuen Bestands-Steinkohle Heizkraftwerke zwischen 10,6 €/MWh und 18,2 €/MWh bei Verrechnung des erzeugten Stroms mit dem durchschnittlichen stündlichen EEX-Strompreis bzw. zwischen 10,4 €/MWh und 17,7 €/MWh bei Verrechnung des erzeugten Stroms mit dem durchschnittlichen Baseload-Strompreis des Vorquartals. Für neue Erdgas-GuD-KWK-Bestandsanlagen schwanken die Deckungsbeiträge zwischen 6,9 €/MWh und 14,2 €/MWh bei Verrechnung des erzeugten Stroms mit dem durchschnittlichen stündlichen EEX-Strompreis bzw. zwischen 4,8 €/MWh und 10,9 €/MWh bei Verrechnung des erzeugten Stroms mit dem durchschnittlichen Baseload-Strompreis des Vorquartals. Der Vergleich zwischen den unterschiedlichen EEX-Preisen und den unterschiedlichen Jahren für eine Technologie zeigt auf, dass in einigen Jahren für

den KWK-Einsatz bei Verrechnung des erzeugten Stroms mit den stündlichen EEX-Preisen höhere Deckungsbeiträge als bei Verrechnung mit den EEX-Baseloadpreisen des vorangegangenen Quartals erzielt werden können. Dies gilt in besonderem Maße – und nahezu durchgängig – für die alten Bestandsanlagen.

Für das vermiedene Netznutzungsentgelt wurden 7,6 €/MWh zu Grunde gelegt /Schulz und Pfaffenberger, 2002/.¹⁰ In Folge dessen erhöhen sich die Deckungsbeiträge um das vermiedene Netznutzungsentgelt für alle KWK-Anlagen und unabhängig vom Betrachtungsjahr entsprechend (vgl. Tabelle 3-5).

Werden zusätzlich zu den vermiedenen Netznutzungsentgelten noch die Zuschläge des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes berücksichtigt, so erhöhen sich die Deckungsbeiträge weiter (vgl. Tabelle 3-5). Da sowohl für alte als auch für neue KWK-Bestandsanlagen der Bonus des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes im Jahr 2003 mit 15,3 €/MWh bzw. im Jahr 2004 mit 13,8 €/MWh identisch war (vgl. Tabelle 1-1), gibt es hier keine Unterschiede zwischen den Anlagentypen. Dagegen unterscheiden sich die Zuschlagsätze des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes im Jahr 2009, da dann nur noch für neue KWK Bestandsanlagen ein Zuschlagssatz von 5,6 €/MWh gewährt wird.

Basierend auf den durchschnittlichen Deckungsbeiträgen können für die KWK-Anlagen die jährlichen Fixkosten-Beiträge berechnet werden. Hierzu werden die jährlichen Deckungsbeiträge in Abhängigkeit der berücksichtigten Zuschläge (mit Netznutzungsentgelt oder mit Netznutzungsentgelt und Zuschlag des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes) auf die elektrische Leistung bezogen (vgl. Tabelle 3-6).

Der Fixkosten-Beitrag kann sowohl für fixe Ausgaben für den Betrieb, für Wartung und Instandhaltung der KWK-Anlage als auch eventuell für die Deckung der Kapitalkosten verwendet werden. Beiträge zur Deckung der Kapitalkosten können somit berechnet werden, indem vom Fixkosten-Beitrag (vgl. Tabelle 3-6) die Fixkosten des Betriebs, der Wartung und Instandhaltung der KWK-Anlagen (vgl. Tabelle 3-7 Zeile „Fix-Kosten O&M“) abgezogen werden. Die Fixkosten für den Betrieb, die Wartung und Instandhaltung betragen nach /IKARUS 2003/ für das neue Bestands-Steinkohle-Heizkraftwerk ca. 65 €/(kW a) und für das alte Bestands-Steinkohle-Heizkraftwerk rund 68 €/(kW a) bzw. für das neue BestandsGuD-Kraftwerk ca. 40 €/(kW a) und für das alte Bestands-Erdgasheizkraftwerk rund 57 €/(kW a). In Tabelle 3-7 sind die daraus errechneten Beiträge für einen eventuellen Kapitaldienst der KWK-Anlagen in den betrachteten Jahren zusammengefasst.

¹⁰ In der Studie von /Schulz und Pfaffenberger, 2002/ werden die Fälle 1) Einspeisung in das eigene öffentliche Netz (mit mehr oder weniger redundanter Eigenerzeugung, 2) Eigenerzeugung eines Privaten/Industriebetriebs, Einspeisung von Überschussmengen in das öffentliche Netz, 3) Eigenerzeugung eines Privaten/Industriebetriebs, keine Einspeisung von Überschussmengen in das öffentliche Netz, und 4) Erzeugung eines Privaten/Industriebetriebs, volle Einspeisung in das öffentliche Netz, unterschieden. Es ergeben sich hier in Abhängigkeit der Vollbenutzungsstunden der KWK-Anlage und der ggf. notwendigen Reservevorhaltung vermiedene Netzkosten zwischen 1,4 und 65,4 €/MWh. Der hier gewählte Werte bewegt sich im unteren Bereich der gesamten Bandbreite und orientiert sich im Wesentlichen an den durchschnittlichen Verhältnissen

Die möglichen Beiträge zum Kapitaldienst aus Tabelle 3-7 sind dem anlagenspezifischen Kapitaldienst gegenüber zu stellen, um die Wirtschaftlichkeit der KWK-Anlage letztendlich beurteilen zu können. Für die Bestimmung des Kapitaldienstes wurden typische spezifischen Investitionen, wie sie zum Zeitpunkt der Erbauung herrschten, nach /IKARUS 2004/; /Brügel 1987/ ermittelt (vgl. Tabelle 3-8).

Tabelle 3-6: Fixkosten-Beiträge der KWK-Anlagen in den betrachteten Jahren

		Neue Bestandsanlagen		Alte Bestandsanlagen		
		Steinkohle Heizkraftwerk	GuD-KWK- Anlage	Altes Steinkohle Bestandsheizk- raftwerk	Altes Erdgas Bestands- heizkraftwerk	
Fixkosten-Beitrag ohne KWKG						
EEX- stündlich	2003	€/kW a	124	44	140	29
	2004	€/kW a	78	34	104	17
	2009 Var.1	€/kW a	137	82	162	51
	2009 Var.2	€/kW a	122	44	160	23
EEX Vorquartal	2003	€/kW a	99	21	119	10
	2004	€/kW a	78	39	103	20
	2009 Var.1	€/kW a	133	74	159	46
	2009 Var.2	€/kW a	121	66	157	17
Fixkosten-Beitrag mit VNE und ohne KWKG						
EEX- stündlich	2003	€/kW a	181	76	197	57
	2004	€/kW a	133	72	161	45
	2009 Var.1	€/kW a	194	127	219	85
	2009 Var.2	€/kW a	179	89	217	58
EEX Vorquartal	2003	€/kW a	156	55	176	25
	2004	€/kW a	135	76	160	48
	2009 Var.1	€/kW a	190	125	216	83
	2009 Var.2	€/kW a	178	118	214	54
Fixkosten-Beitrag mit VNE und mit KWKG						
EEX- stündlich	2003	€/kW a	257	127	273	101
	2004	€/kW a	201	122	229	85
	2009 Var.1	€/kW a	221	151	219	85
	2009 Var.2	€/kW a	205	108	217	58
EEX Vorquartal	2003	€/kW a	230	114	249	50
	2004	€/kW a	199	131	224	95
	2009 Var.1	€/kW a	217	154	216	83
	2009 Var.2	€/kW a	205	152	214	54

Für die Bestimmung des Kapitaldienstes wurde eine lineare Abschreibung über 19 Jahre und ein realer Zinssatz von 6 %¹¹ zugrunde gelegt. Da im Regelfall degressiv abge-

des Falls 4 aus /Schulz und Pfaffenberger, 2002/ mit 7,6 €/MWh bei einer Bandbreite zwischen 3,1 und 11,1 €/MWh.

¹¹ Der unterstellte Realzinssatz von 6 % ergibt sich bei den derzeit marktüblichen Verhältnissen mit einer nominalen Eigenkapitalverzinsung vor Körperschaftssteuer von 11,5 % und einem nominalen Fremdkapital-

geschrieben wird, d. h., in den ersten Betriebsjahren werden höhere Abschreibungen als in späteren Betriebsjahren getätigt, handelt es sich bei dieser Betrachtungsweise um eine, bezogen auf den noch zu leistenden Kapitaldienst, ungünstigere Abschätzung, so dass die Aussagen zur Wirtschaftlichkeit der KWK-Anlagen sich auf der sicheren Seite befinden.

Die jährlichen Kapitaldienste für die Steinkohle Heizkraftwerke variieren zwischen 183 €/kW a für die alte Bestandsanlage und 173 €/kW a für die neue KWK-Bestandsanlage (vgl. Tabelle 3-8). Dagegen betragen die Kapitalkosten der neuen Erdgas-GuD-KWK-Bestandsanlage 97 €/kW a bzw. die des alten Erdgasheizkraftwerkes 138 €/kW a.¹²

Tabelle 3-7: Betrachtung der Beiträge für einen eventuellen Kapitaldienst der KWK-Anlagen in den betrachteten Jahren

			Neue Bestandsanlagen		Alte Bestandsanlagen	
			Steinkohle Heizkraftwerk	GuD-KWK-Anlage	Steinkohle Heizkraftwerk	Erdgas Heizkraftwerk
Fix-Kosten O&M		€/kW a	65	40	68	57
Beitrag mit VNE zur Deckung eines eventuellen Kapitalkostenanteils						
EEX-stündlich	2003	€/kW a	116	36	129	0
	2004	€/kW a	68	32	93	-12
	2009 Var.1	€/kW a	129	87	151	28
	2009 Var.2	€/kW a	114	49	149	1
EEX Vorquartal	2003	€/kW a	91	15	108	-32
	2004	€/kW a	70	36	92	-9
	2009 Var.1	€/kW a	125	85	148	26
	2009 Var.2	€/kW a	113	78	146	-3
Beitrag mit VNE und mit KWKG zur Deckung eines eventuellen Kapitalkostenanteils						
EEX-stündlich	2003	€/kW a	192	87	205	44
	2004	€/kW a	136	82	161	28
	2009 Var.1	€/kW a	156	111	151	28
	2009 Var.2	€/kW a	140	68	149	1
EEX Vorquartal	2003	€/kW a	165	74	181	-7
	2004	€/kW a	134	91	156	38
	2009 Var.1	€/kW a	152	114	148	26
	2009 Var.2	€/kW a	140	112	146	-3

zinssatz von 7 %, einer Mischung von 25 % Eigenkapital und 75 % Fremdkapital sowie einer allgemeinen Inflationsrate von 2 %.

¹² Die Variation von Erdgas- und Steinkohlepreisen bzw. Strompreisen auf die Wirtschaftlichkeit von KWK-Anlagen wurde im Anhang D analysiert.

Tabelle 3-8: Grundlagen für die Bestimmung der Kapitalkosten der verschiedenen KWK-Anlagen (inklusive vermiedenem Netznutzungsentgelt)

		Neue Bestandsanlagen		Alte Bestandsanlagen	
		Steinkohle Heizkraftwerk	GuD-KWK-Anlage	Steinkohle Bestandsheizkraftwerk	Erdgas Bestandsheizkraftwerk
Spezifische Investitionen	€/kW	1935	1087	2027	1545
Abschreibungsdauer	[a]	19	19	19	19
Kapitaldienst bei linearer Abschreibung ¹⁾	€/(kW a)	173	97	182	138

¹⁾ bei einem realen Zinssatz von 6 %

Bei Zugrundelegung der für die Elektrizitätswirtschaft typischen Abschreibungsdauer von 19 Jahren waren im **Jahr 2003** alle KWK-Anlagen, die vor 1985 in Betrieb gegangen sind, abgeschrieben, d. h., für diese Anlagen fiel im Jahr 2003 und darauffolgend kein Kapitaldienst an. Somit sind positive Deckungsbeiträge nach Abzug der Fixkosten für Betrieb und Instandhaltung (vgl. Tabelle 3-7) direkt als Gewinn für die KWK-Anlagen zu betrachten.

Die Analyse der Wirtschaftlichkeit alter und neuer KWK-Bestandsanlagen im Jahr 2003 ergibt, dass für alte Steinkohle Bestandsheizkraftwerke, die ab 1985 in Betrieb gegangen sind, die jedoch noch nicht vollständig abgeschrieben sind, die Zahlungen des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes im Vergleich zum stündlichen EEX-Preis leicht zu hoch, gegenüber dem EEX Baseloadpreis des Vorquartals gerade ausreichend waren, um auch den Kapitaldienst mit decken zu können (vgl. Tabelle 3-9).

Tabelle 3-9: Analyse der Wirtschaftlichkeit alter und neuer KWK-Bestandsanlagen im Jahr 2003 (inklusive vermiedenem Netznutzungsentgelt) in €/(kW a)

		Neue Bestandsanlagen		Alte Bestandsanlagen	
		Steinkohle Heizkraftwerk	GuD-KWK-Anlage	Steinkohle Bestandsheizkraftwerk	Erdgas Bestandsheizkraftwerk
EEX stündlich	Notwendig wären ?	58	62	52	139
	Erzielt werden ? (KWKG)	76	51	75	44
EEX Vorquartal	Notwendig wären ?	82	83	74	171
	Erzielt werden ? (KWKG)	74	59	74	25

Für neue Bestandsanlagen, die ab 1990 in Betrieb gegangen sind, waren im Jahr 2003 die Zahlungen des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes für Steinkohle-KWK-Anlagen im Vergleich zum stündlichen EEX-Strompreis leicht zu hoch, bei Verrechnung der Stromerzeugung mit dem EEX Baseloadpreis des Vorquartals leicht zu niedrig, um den notwendigen Beitrag zur Deckung des Kapitaldienstes erbringen zu können. Für alte und neue KWK-Bestandsanlagen auf Erdgasbasis, die noch einen Beitrag zum Kapitaldienst erwirtschaften

müssen, reicht das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz gegenüber beiden EEX-Preisvarianten nicht aus, um den Kapitaldienst vollständig abdecken zu können.

Im **Jahr 2004** verschiebt sich durch die gg. 2003 niedrigeren Spotmarktpreise (vgl. Tabelle 3-1) die Wirtschaftlichkeit zu Lasten der KWK (vgl. Tabelle 3-10). Diese Entwicklung wird bei Erdgas als Einsatzenergie durch die niedrigeren Gaspreise teilweise kompensiert, bei der Steinkohle durch die höheren Preise weiter verstärkt. Alte Bestandsanlagen, die vor 1986 in Betrieb gegangen sind, waren mit Steinkohle als Einsatzenergie sowohl im Vergleich zum stündlichen EEX Spotmarktpreis als auch bei Verrechnung mit dem EEX Baseloadpreis des Vorquartals auch ohne Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz wirtschaftlich. In beiden Fällen sind in 2004 für Erdgas-Bestands-HKW die Zahlungen des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes notwendig, um konkurrieren zu können, aber sie fielen etwas zu hoch aus. Die Veränderung der Situation gegenüber 2003 beruht auf der Veränderung der Spotmarktpreise, die durch die niedrigeren Erdgaspreise bei den abbeschriebenen Bestandsanlagen nicht kompensiert werden können.

Tabelle 3-10: Analyse der Wirtschaftlichkeit alter und neuer KWK-Bestandsanlagen im Jahr 2004 (inklusive vermiedenem Netznutzungsentgelt) in €/kW a

		Neue Bestandsanlagen		Alte Bestandsanlagen	
		Steinkohle Heizkraftwerk	GuD-KWK-Anlage	Steinkohle Bestandsheizkraftwerk	Erdgas Bestandsheizkraftwerk
EEX stündlich	Notwendig wären ?	105	66	89	150
	Erzielt werden ? (KWKG)	67	51	68	40
EEX Vorquartal	Notwendig wären ?	103	62	89	147
	Erzielt werden ? (KWKG)	64	56	64	46

Für alte Bestandsanlagen, die ab 1986 in Betrieb gegangen sind, reichten im Jahr 2004 die Zahlungen des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes bei Verrechnung der Stromerzeugung mit dem stündlichen EEX Spotmarktpreis bzw. mit dem EEX Baseloadpreis des Vorquartals sowohl bei Steinkohle als auch bei Erdgas als Einsatzenergie bei der KWK-Anlage nicht aus, um den anstehenden Kapitaldienst vollständig decken zu können.

Für neue Bestandsanlagen, die ab 1990 in Betrieb gegangen sind, waren in 2004 die Zahlungen des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes für Steinkohle-KWK-Anlagen sowohl im Vergleich zum stündlichen EEX Spotmarktpreis als auch bei Verrechnung mit dem EEX Baseloadpreis des Vorquartals deutlich zu niedrig, um den Kapitaldienst mit abdecken zu können. Für neue Erdgas-Heizkraftwerke ist durch das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz in beiden Fällen nahezu vollständig die Kostendeckung gewährleistet, wenn auch der Zuschlagssatz noch leicht höher sein müsste.

Im **Jahr 2009** ergibt sich in der Preisvariante 1 aufgrund der gegenüber 2003 höheren Stromspotmarktpreise bei nur leicht höheren Energieträgerpreisen eine Verschiebung der Wirtschaftlichkeit zu Gunsten der KWK-Anlagen (vgl. Tabelle 3-11). Alte Bestandsanlagen, für die nicht mehr eine Zahlung nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz erfolgt, für die in 2009 aber auch kein Kapitaldienst mehr anfällt, sind damit ohnehin wirtschaftlich. Für neue Bestandsanlagen, die ab 1990 in Betrieb gegangen sind, sind die Zahlungen des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes für Anlagen mit Steinkohle als Einsatzenergie sowohl im Vergleich zum EEX Spotmarktpreis als auch bei Verrechnung mit dem EEX Baseloadpreis des Vorquartals leicht zu niedrig, um den noch fälligen Kapitaldienst mit abdecken zu können. Für Erdgas als Einsatzenergie der KWK-Anlage ist durch das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz in beiden Fällen die vollständige Deckung des Kapitaldienstes gewährleistet. Der gewährte Zuschlagssatz des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes führt hier zu einer Überdeckung.

Tabelle 3-11: Analyse der Wirtschaftlichkeit alter und neuer KWK-Bestandsanlagen im Jahr 2009 bei der Preisvariante 1 (inklusive vermiedenem Netznutzungsentgelt) in €(kW a)

		Neue Bestandsanlagen		Alte Bestandsanlagen	
		Steinkohle Heizkraftwerk	GuD-KWK-Anlage	Steinkohle Bestandsheizkraftwerk	Erdgas Bestandsheizkraftwerk
EEX stündlich	Notwendig wären ?	45	11	-151	-28
	Erzielt werden ? (KWKG)	27	25	0	0
EEX Vorquartal	Notwendig wären ?	49	12	-148	-26
	Erzielt werden ? (KWKG)	27	29	0	0

Durch die gg. 2003 höheren Spotmarktpreise bei wesentlich höheren Erdgaspreisen verschiebt sich in der Preisvariante 2 im Jahr 2009 die Wirtschaftlichkeit zu Lasten der Erdgas-KWK-Anlagen (vgl. Tabelle 3-12). Die Steinkohle gefeuerten KWK-Anlagen sind hiervon weniger betroffen, da die Steigerungen bei den Steinkohlepreisen nicht so extrem sind. Alte Bestandsanlagen sind auch bei der Preisvariante 2 ohne die wegfallende Zahlung nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz wirtschaftlich zu betreiben, da kein Kapitaldienst mehr erbracht werden muss. Für neue Bestandsanlagen, die ab 1990 in Betrieb gegangen sind, sind die Zahlungen des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes für Steinkohle-KWK-Anlagen sowohl im Vergleich zum EEX Spotmarktpreis als auch bei Verrechnung mit dem EEX Baseloadpreis des Vorquartals leicht zu niedrig, um den Kapitaldienst voll abdecken zu können. Dies gilt nun auch für Erdgas als Einsatzenergie der KWK-Anlage im Vergleich zum stündlichen EEX Spotmarktpreis. Bei Verrechnung der Stromerzeugung mit dem EEX Baseloadpreis des Vorquartals ist bei Erdgas-KWK-Anlagen weiterhin die vollständige Deckung des Kapitaldienstes gewährleistet, wenn auch hier der Satz leicht zu hoch ist.

Tabelle 3-12: Analyse der Wirtschaftlichkeit alter und neuer KWK-Bestandsanlagen im Jahr 2009 bei der Preisvariante 2 (inklusive vermiedenem Netznutzungsentgelt) in €/kW a)

		Neue Bestandsanlagen		Alte Bestandsanlagen	
		Steinkohle Heizkraftwerk	GuD-KWK-Anlage	Steinkohle Bestandsheizkraftwerk	Erdgas Bestandsheizkraftwerk
EEX stündlich	Notwendig wären ?	60	49	-149	-1
	Erzielt werden ? (KWKG)	27	19	0	0
EEX Vorquartal	Notwendig wären ?	60	20	146	-3
	Erzielt werden ? (KWKG)	39	36	2	29

Insgesamt zeigt sich, dass die Wirtschaftlichkeit der KWK-Anlagen stark von den Vollbenutzungsstunden der Wärmeversorgungsaufgabe abhängig ist. Alte (abgeschriebene) KWK-Bestandsanlagen sind auch ohne das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz wirtschaftlich. Aber auch die Energieträgerpreise spielen eine entscheidende Rolle für die Wirtschaftlichkeit. Das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz weist jedoch keinen Energieträger(preis)bezug auf. Es kommt zudem sehr auf das unternehmerische Verhalten an, wie die Chancen im Markt genutzt werden, was sich z. B. im Vergleich der beiden Varianten des stündlichen EEX Spotmarktpreises bzw. des EEX Baseloadpreises des Vorquartals als mögliche Grundlagen des Stromerlöses zeigt.

3.2 Wirtschaftlichkeitsanalyse von kleinen KWK-Neuanlagen

Bei der Wirtschaftlichkeitsanalyse der KWK-Neuanlagen werden nur BHKW bis 2 MW betrachtet, wie sie entsprechend im Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz berücksichtigt sind. Die Wirtschaftlichkeit von neuen BHKW-Anlagen ist hauptsächlich abhängig von den spezifischen Investitionen, die stark mit der Anlagengröße abnehmen. Die Preise für BHKW sind in den letzten Jahren durch Kosteneffizienzsteigerungen bei der Fertigung gesunken, aber auch durch den stagnierenden bzw. rückläufigen Absatzmarkt beeinflusst worden. Diese Senkung der spezifischen Investitionen hatte die größten Auswirkungen für kleinst BHKW mit einer elektrischen Leistung von 5,5 kW_{el}.

Für die Wirtschaftlichkeitsanalyse werden hierbei die vier in Tabelle 3-13 zusammengestellten BHKW-Anlagen mit ihren ökonomischen und technischen Parametern betrachtet.

Tabelle 3-13: Technische und ökonomische Parameter von BHKW unterschiedlicher elektrischer Leistung

Variante		BHKW Erdgas 5,5 kW	BHKW Erdgas 50 kW	BHKW Erdgas 200 kW	BHKW Erdgas 2*1 MW
Nutzungsdauer	[a]	14	14	14	16
Variable Betriebskosten	[€/MWh]	12,8	12,8	12,8	7,7
Fixe Betriebskosten	[€(kW a)]	95,4	48,6	41,4	26,0
el. Wirkungsgrad		27%	34%	34%	39%
Therm. Wirkungsgrad		61%	54%	54%	50%
Stromkennziffer (Strom/Wärme)	[1]	0,44	0,63	0,63	0,78
Spezifische Investition	[€/kW _{el}]	2650	1350	1150	500

Die sich aufgrund dieser ökonomischen Parameter ergebenden Wärmerestkosten bzw. Stromrestkosten, ermittelt gegenüber dem Stromerlös auf dem Spotmarkt (Vorquartal)¹³ bzw. den Wärmeerzeugungskosten eines Heizkessels, sind in Abbildung 3-7 und Abbildung 3-8 dargestellt. Für die Berechnung der Kapitalkosten wird einheitlich von einem realen Zinssatz von 6 % ausgegangen.

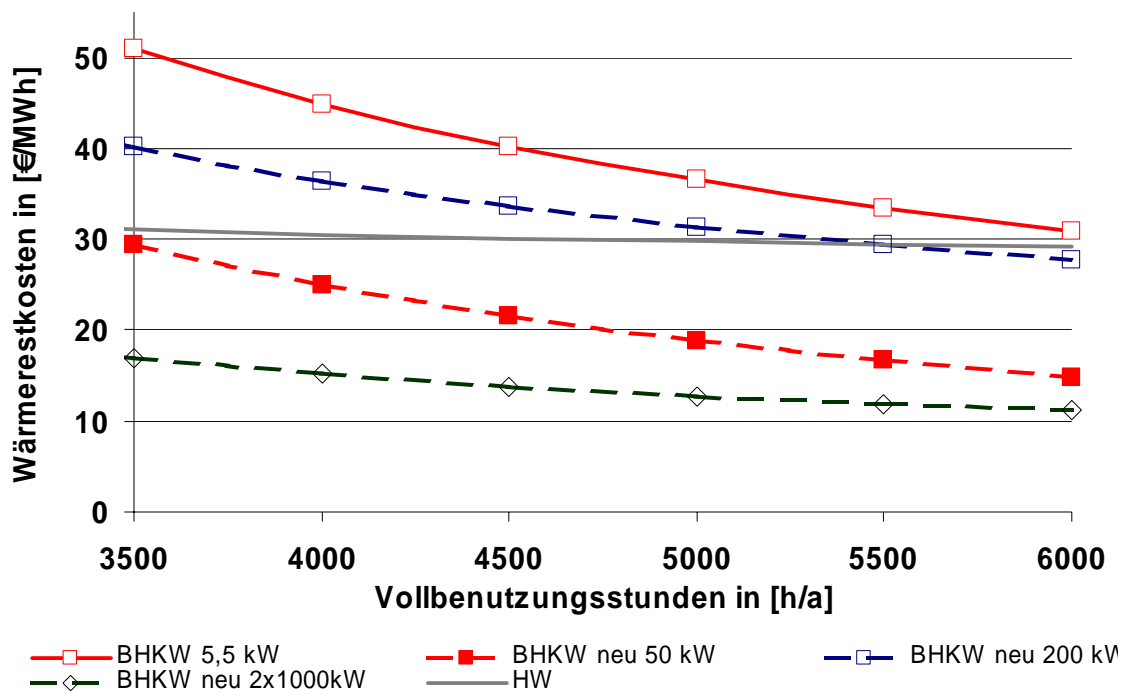


Abbildung 3-7: Wärmerestkosten von BHKW verschiedener Leistungsgrößen

¹³ Es wird hier der für die KWK-Anlage i. d. R. ökonomisch ungünstigste Fall einer vollständigen Stromeinspeisung in das öffentliche Netz unterstellt, um die Wirtschaftlichkeitsaussagen nach unten hin absichern zu können.

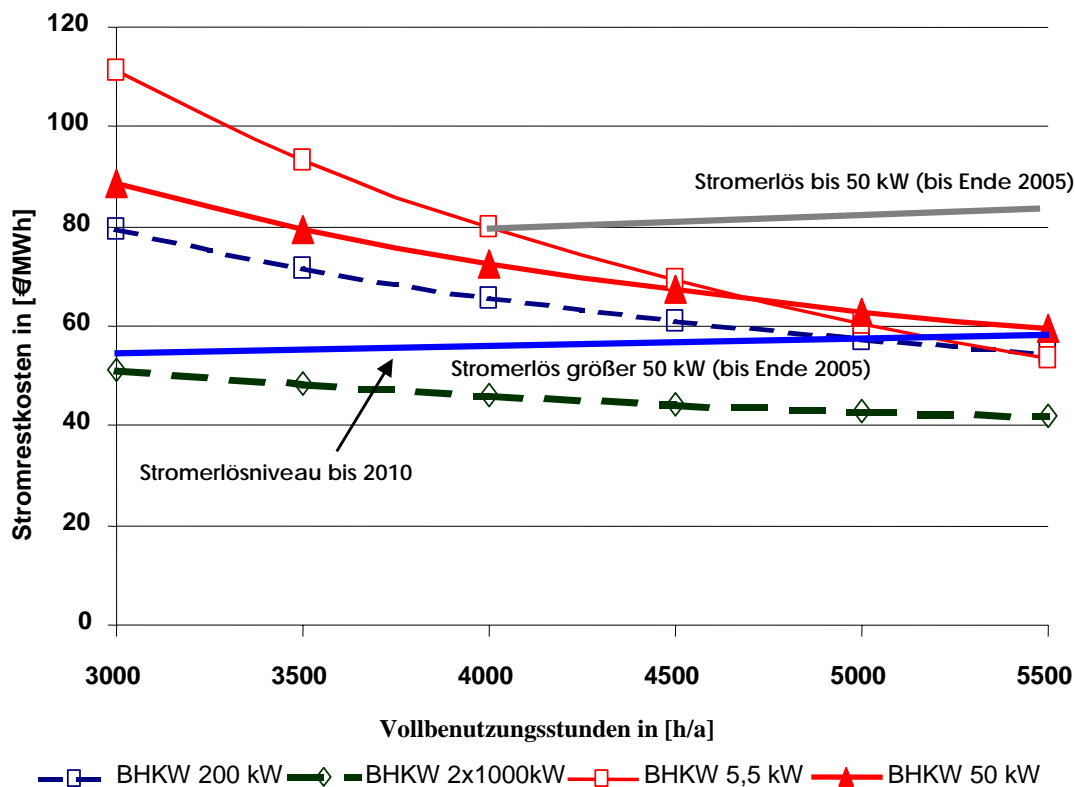


Abbildung 3-8: Stromrestkosten von BHKW verschiedener Leistungsgrößen

Neue KWK-Anlagen mit rund 50 kW Leistung sind derzeit bei einer Auslastung von mehr als 3500 h/a mit dem Zuschlag nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz wirtschaftlich zu betreiben. Kleine BHKW Anlagen mit einer elektrischen Leistung von 5,5 kW_{el} sind ab einer Vollbenutzungsstundenzahl von ca. 4000 h/a wirtschaftlich. Durch den großen Vergütungssprung zwischen kleinen neuen KWK-Anlagen zwischen 50 kW und 1 MW sind KWK-Anlagen mit einer elektrischen Leistung von 50 kW bis unterhalb von 1 MW auch mit dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz nicht im Vergleich mit dem EEX-Baseloadpreis des Vorquartals wirtschaftlich. Dagegen sind KWK-Anlagen ab einer elektrischen Anlagenleistung von 1 MW schon ab einer Vollbenutzungsstundenzahl von 3000 h/a wirtschaftlich.

Insgesamt ist die Wirtschaftlichkeit der kleinen KWK-Anlagen sehr stark abhängig von den Vollbenutzungsstunden der Wärmeversorgungsaufgabe. Bei einer sinnvoll ausgelegten Anlage mit entsprechend höheren Vollbenutzungsstunden von 5000 h/a und mehr sind die Vergütungssätze des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes für Anlagen kleiner 50 kW und größer 1 MW heute schon zu hoch. Zudem stellt der Sprung in den Vergütungssätzen eine nicht begründbare Ungleichbehandlung der unterschiedlichen KWK-Leistungsgrößen dar.

4 Analyse der Modernisierung des KWK-Anlagenbestandes

Basierend auf den anlagenscharfen Umfrageergebnissen des Verbandes Kommunaler Unternehmen e. V. (VKU) und der Arbeitsgemeinschaft für Wärme und Heizkraftwirtschaft e. V. (AGFW), dem Austausch mit dem Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e. V. (VIK), eigenen Recherchen und unter Einbeziehung der beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) vorliegenden Daten sowie einer nochmaligen Aktualisierung der IER-Kraftwerksdatenbank wurde die durch das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz unterstützte Modernisierung des KWK-Anlagenbestandes analysiert.

In Summe werden in den genannten Quellen 81 verschiedene KWK-Anlagen aufgeführt, die modernisiert werden sollen.¹⁴ Jedoch liegen einerseits für 10 Anlagen, die nach Presse- bzw. Verbändeinformationen modernisiert wurden, keine entsprechende Informationen bzw. Zulassungsanträge dem BAFA vor. Andererseits ist für 13 Anlagen, für die beim BAFA Anfragen bezüglich bei der Modernisierung einzuhaltender Formalien eingingen, nachweisbar, dass diese Modernisierungen entweder außerhalb des zeitlichen Rahmens des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes oder gar nicht ausgeführt werden. Somit sind von den 81 KWK-Anlagen nur 58 Anlagen als modernisierte Anlagen nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz erfasst worden.

In den zugehörigen 58 Altanlagen war eine elektrische Leistung von 1752 MW installiert. Nach der Modernisierung erhöht sich die elektrische Leistung der 58 KWK-Anlagen auf 2967 MW (Tabelle 4-1). Die modernisierten KWK-Anlagen werden zum überwiegenden Teil mit Erdgas betrieben. Lediglich eine KWK-Anlage hat Steinkohle, eine weitere Anlage hat Braunkohle und fünf Anlagen haben Müll oder Reststoffe als Energieträger. Gleichzeitig reduziert sich die bereitgestellte Wärmehöchstlast insgesamt um ca. 280 MW. Bezogen auf die elektrische Leistung wird der überwiegende Teil der modernisierten alten Bestandsanlagen mit 2398 MW nach der Modernisierung umgerüsteten GuD-Anlagen entsprechen. Innerhalb dieser Kategorie sinkt die Wärmehöchstleistung um rund 45 MW. Obwohl diese Anlagenkategorie dann rund 81 % der Leistung der modernisierten KWK-Anlagen repräsentiert, handelt es sich hierbei bezüglich der Anzahl nur um knapp ein Drittel der modernisierten Anlagen.

Mit 16 Anlagen ist die Zahl der Modernisierungen nach den GuD-Anlagen bei den BHKW am größten, deren elektrische Leistung ist jedoch mit 23,9 MW nach der Modernisierung im Vergleich zu den anderen Anlagenkategorien gering.

Die KWK-Stromerzeugung der modernisierten Anlagen erhöht sich von rund 4,2 TWh/a auf ca. 14,1 TWh/a, d. h. um 10 TWh/a. Die Erhöhung der Stromerzeugung teilt sich proportional entsprechend der elektrischen Leistung der KWK-Anlagen auf.

¹⁴ In der Untersuchung des Öko-Institutes für den VKU /Matthes, 2004/ wird über 34 modernisierte Anlagen berichtet, von denen jedoch vermutlich 2 erst nach 2005 in Betrieb gehen sollen. Diese 34 KWK-Anlagen sind bei der Analyse der Modernisierung des KWK-Anlagenbestandes mit berücksichtigt. Somit ist in dem vorliegenden Gutachten die zu berücksichtigende Anzahl von Anlagen um 26 größer im Vergleich zur VKU-Studie.

Tabelle 4-1: KWK-Anlagen, die der Kategorie modernisierte KWK-Anlagen in Deutschland entsprechen (Quelle: BAFA; IER)

Anlagentyp nach Modernisierung	Anzahl	Anlage vor Modernisierung			Anlage nach Modernisierung			
		elektr. Leistung MW	therm. Leistung MW	KWK-Stromerzeugung GWh/a	elektr. Leistung MW	therm. Leistung MW	Investitionsvolumen Mio. €	KWK-Stromerzeugung GWh/a
BHKW ¹⁾	16	29,0	99,1	86,9	23,9	32,5	16,1	132,1
EK ²⁾	9	244,9	617,8	289,0	328,8	484,6	250,1	976,6
GD ³⁾	7	60,0	317,1	207,1	124,9	408,2	96,3	563,5
GT-AHK ⁴⁾	7	104,0	296,4	250,0	91,3	169,1	84,1	441,0
GuD ⁵⁾	19	1314,0	2813,0	3365,0	2398,0	2768,0	1373,0	12007,0
Summe	58	1751,9	4143,4	4198,0	2966,9	3862,4	1819,6	14120,2

¹⁾ Blockheizkraftwerk; ²⁾ Entnahmekondensationskraftwerk; ³⁾ Gegendruck-KWK-Anlage;
⁴⁾ Gasturbine mit Abhitzeessel; ⁵⁾ Gas- und Dampfkraftwerk

Insgesamt beträgt das für die Modernisierung der Anlagen aufgewendete Investitionsvolumen 1820 Mio. €. Die spezifischen Investitionen für die Modernisierung bzw. für die modernisierten KWK-Anlagen variieren dabei in Abhängigkeit des KWK-Anlagentyps erheblich (vgl. Tabelle 4-2).

Tabelle 4-2: Spezifische Investitionen für die modernisierten bzw. für die Modernisierung der KWK-Anlagen in €/kW (Quelle: BAFA; IER)

	Min	Maximum
	[€/kW]	[€/kW]
BHKW	457	2288
Entnahmekondenstations-KWK-Anlage	479	1680
Gegendruck-KWK-Anlage	264	3667
Gasturbine mit Abhitzeessel	376	1316
GuD	262	1051

Tendenziell lässt sich nicht ableiten, dass die spezifischen Investitionen für die Modernisierung höher liegen als vor dem Inkrafttreten des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes. Dies ist sicher einerseits dadurch begründet, dass die Planung der Modernisierung von KWK-Anlagen bereits im Vorfeld des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes erfolgt ist und diskutiert wurde, und andererseits der eigentliche Planungs- und Bauzeitraum sehr eng bemessen ist. Teilweise können die Ausreißer bei den spezifischen Investitionen aufgrund einer kleineren Anlagenleistung, wie im Fall der Gegendruck-KWK-Anlage, oder durch die Integration einer Heizzentrale, wie im Fall des BHKW, begründet werden.

5 Entwicklung der geförderten bzw. förderfähigen KWK-Strommengen

Basierend auf den statistischen, anlagenscharfen KWK-Erzeugungsmengen wurde die Entwicklung der KWK-Strommengen nach Kategorien auf Basis des möglichen Fernwärmeabsatzes, bzw. Dampfabsatzes abgeleitet, wofür ein Normaljahr unterstellt wurde. Hierbei wurde berücksichtigt, in wieweit bereits in den letzten Jahren die Erzeugung in Heizwerken zu Gunsten einer verstärkten KWK-Erzeugung zurückgefahren wurde (vgl. Abschnitt 2.1). Zusätzlich sind die in Abschnitt 3 erläuterten Entwicklungen der Wirtschaftlichkeit von KWK-Anlagen mit und ohne Förderung durch das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz in die Abschätzung eingeflossen.

Die durch das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz geförderten KWK-Strommengen nehmen hiernach bis zum Jahr 2006 zu, da bis zu diesem Zeitraum einerseits alle im Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz erfassten Kategorien gefördert werden und andererseits bis zu diesem Zeitpunkt alle Modernisierungsvorhaben abgeschlossen sein müssen (vgl. Tabelle 5-1).

Der zwischen 2002 und 2003 auftretende Sprung der Einspeisemengen insgesamt begründet sich einerseits dadurch, dass in 2002 noch nicht alle KWK-Anlagen zertifiziert waren, und andererseits dadurch, dass die Einspeisemenge des Jahres 2002 nur den Zeitraum ab dem 1. April bis Ende des Jahres berücksichtigt. Im Zeitraum von 2003 bis 2009 dominieren hinsichtlich der geförderten KWK-Strommengen prozentual die Einspeisemengen der neuen KWK-Bestandsanlagen mit einem Niveau um 36 TWh/a. Die Einspeisemengen dieser Kategorie alleine übertreffen die im Vorfeld des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes diskutierten gesamten Stromerzeugungsmengen von 35 TWh/a (28 TWh/a öffentliche KWK und 7 TWh/a Industrielle KWK). Die entsprechende förderfähige KWK-Strommenge wird für das Jahr 2006 mit rund 64,3 TWh/a abgeschätzt. Sie wird sich im folgenden Jahr 2007 im Wesentlichen durch den Wegfall der Förderung der alten Bestandsanlagen auf 50,4 TWh/a reduzieren. Hierbei wurde nach 2006 die Analyse der Wirtschaftlichkeit der KWK-Anlagen aus Abschnitt 3 berücksichtigt. Nach Auslaufen der Förderung der neuen Bestandsanlagen im Jahr 2009 werden im letzten Jahr der Gültigkeit des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes nach dieser Abschätzung noch 14,7 TWh/a durch das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz gefördert. Diese Stromerzeugungsmenge setzt sich zu 95,1 % aus der Stromproduktion der modernisierten KWK-Anlagen zusammen und nur zu 4,9 % aus kleinen KWK-Anlagen und Brennstoffzellen. Durch den Wegfall der hohen Zuschlagszahlung von 5,11 Cent/kWh zum 31.12.2005 (ab 2006 nur noch 2,25 Cent/kWh, vgl. Tabelle 1-1) für kleine KWK-Anlagen bis 50 kW, die nach dem Jahr 2005 in Dauerbetrieb gehen¹⁵, stellt sich die Wirtschaftlichkeitsposition wesentlich ungünstiger dar (vgl. Abschnitt 3) und der Anstieg der Stromerzeugung dieser Kategorie ist dann wesentlich gebremst.

¹⁵ Nach Beendigung der Arbeiten an dem Gutachten hat der Bundestag am 30. Juni 2005 beschlossen, die Frist für die Aufnahme des Dauerbetriebs für Kleinst-KWK-Anlagen bis 50 kW elektrischer Leistung bis zum 31.12.2008 zu verlängern. Die Ergebnisse des Gutachtens schließen diese Entwicklung nicht mit ein.

Tabelle 5-1: Entwicklung der eingespeisten nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz förderfähigen KWK-Strommengen nach Kategorien in Deutschland in Jahreswerten und kumuliert bis zum jeweiligen Jahr (Quelle: BAFA; IER)

	2002 ¹⁾	2003 ¹⁾	2004 ¹⁾	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	Einspeisemengen in GWh/a								
Insgesamt	31654	53280	52192	56689	64334	50410	50424	50439	14738
Davon:									
alte Bestandsanlagen	10241	16180	14706	13950	13941				
neue Bestandsanlagen	21233	36448	35825	35724	35714	35714	35714	35714	
Modern. Anlagen	150	500	1252	6378 ²⁾	14013 ²⁾	14013	14013	14013	14013
Kleine KWK-Anlagen	30	149	405	631	660	677	691	706	719
<i>dav. bis 50 kW</i>	9	41	135	198	205	211	213	216	217
<i>über 50 kW bis 2 MW</i>	21	109	269	433	455	467	478	490	502
Brennstoffzellen	0,5	3	5	6	6	6	6	6	6
	nachrichtlich: Kumulierte Einspeisemengen in TWh								
Insgesamt	31,65	84,93	137,13	193,82	258,15	308,56	358,98	409,42	424,16
Davon									
alte Bestandsanlagen	10,24	26,42	41,13	55,08	69,02				
neue Bestandsanlagen	21,23	57,68	93,51	129,23	129,23	164,94	200,66	236,37	
Modern. Anlagen	0,15	0,65	1,90	8,28	22,29	36,31	50,32	64,33	78,35
Kleine KWK-Anlagen	0,03	0,18	0,58	1,21	1,87	2,55	3,24	3,95	4,67
<i>dav. bis 50 kW</i>	0,01	0,05	0,18	0,38	0,59	0,80	1,01	1,23	1,44
<i>über 50 kW bis 2 MW</i>	0,02	0,13	0,40	0,83	1,29	1,75	2,23	2,72	3,22
Brennstoffzellen	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04

¹⁾ Abweichungen zu den VDN-Zahlen ergeben dadurch, dass sich die Zuordnung von KWK-Anlagen in die Kategorien alte und neue KWK-Anlagen bis 2004 geändert haben kann.

²⁾ VDN geht in ihrer Mittelfristprognose vom Oktober 2005 für die modernisierten Anlagen von rund 4,7 TWh in 2005 und von 12,5 TWh in 2006 aus. Die Abweichungen ergeben sich daraus, dass innerhalb des Gutachtens von einer vollständigen Umsetzung aller Modernisierungsvorhaben im ursprünglichen Zeitplan ausgegangen wird.

Für die modernisierten KWK-Anlagen wurden entsprechend die bekannten bzw. geplanten Inbetriebnahmen zugrunde gelegt, die sich bis zum Ende des Jahres 2005 erstrecken können. Die eingespeiste KWK-Strommenge wurde, falls diese schon bekannt war, entsprechend fortgeschrieben bzw. die Verhältnisse wurden, soweit möglich, von den Altanlagen übernommen.

Im Jahr 2002 gingen die Hersteller von stationären Brennstoffzellen davon aus, dass bis zu den Jahren 2005/2006 die Marktreife bzw. Serienfertigung von Brennstoffzellen zur Hausenergieversorgung bzw. der industriellen/gewerblichen KWK erreicht wird. Die bis heute durchgeführten Feldtests von Brennstoffzellen im Hausenergiebereich haben dazu beigetragen, dass die Zelldegradation, die Nutzungsgrade und vor allem die Funktionalität verbessert wurde. Im Bereich der gewerblichen Brennstoffzellen wurden hohe Lebensdauern und eine hohe Zu-

verlässigkeit nachgewiesen. Der unterschätzte Aufwand für die Lebensdauertests und die bisher noch unzureichenden Ergebnisse hinsichtlich der Systemvereinfachung, der Verwendung von Standardteilen, der Steigerung der Leistungsdichte und des Einsatzes kostengünstigerer Materialien haben dazu beigetragen, dass heute erst mit einer Serienfertigung nach dem Jahr 2010 zu rechnen ist. Daher wurde für die Abschätzung der KWK-Strommengen der Brennstoffzellen nur von Demonstrationsprojekten bis zum Jahr 2010 ausgegangen, so dass sich die installierte Gesamtleistung und damit die Erzeugungsmenge in dieser Kategorie nicht wesentlich erhöht.

Insgesamt wird bei den kleinen KWK-Anlagen die Fördergrenze von kumuliert 14 TWh KWK-Stromerzeugung nicht erreicht.

Die eingespeisten förderfähigen KWK-Strommengen unterscheiden sich im Zeitverlauf zunehmend von den gesamten erzeugten Strommengen in den durch das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz erfassten KWK-Anlagen (siehe Tabelle 5-2 im Vergleich zu Tabelle 5-1).¹⁶

Tabelle 5-2: Entwicklung der KWK-Stromerzeugung insgesamt in den durch das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz erfassten Anlagen nach Kategorien in Deutschland in Jahreswerten und kumuliert bis zum jeweiligen Jahr (Quelle: BAFA; IER)

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Stromerzeugung insgesamt der KWK-Anlagen in GWh/a									
Insgesamt	36999	58442	57176	61905	68842	68859	68873	68888	68891
Davon									
alte Bestandsanlagen	12900	19790	18185	17430	17430	17430	17430	17430	17430
neue Bestandsanlagen	23919	38001	37330	37230	36627	36627	36627	36627	36627
modern. Anlagen	150	500	1252	6378	14120	14120	14120	14120	14120
kleine KWK-Anlagen	30	149	405	631	660	677	691	706	719
<i>dav. bis 50 kW</i>	9	41	135	198	205	211	213	216	217
<i>über 50 kW bis 2 MW</i>	21	109	269	433	455	467	478	490	502
Brennstoffzellen	0,5	3	5	6	6	6	6	6	6
Kumulierte Stromerzeugung insgesamt der KWK-Anlagen in TWh									
Insgesamt	36,99	95,44	152,61	214,42	283,25	352,09	420,95	489,82	558,70
Davon									
alte Bestandsanlagen	12,90	32,68	50,87	68,43	85,86	103,29	120,72	138,15	155,58
neue Bestandsanlagen	23,92	61,92	99,24	136,48	173,11	209,73	246,36	282,99	319,61
modern. Anlagen	0,15	0,65	1,90	8,28	22,38	36,49	50,59	64,69	78,79
kleine KWK-Anlagen	0,03	0,18	0,58	1,22	1,88	2,55	3,24	3,95	4,67
<i>dav. bis 50 kW</i>	0,01	0,05	0,18	0,38	0,59	0,79	1,01	1,23	1,44
<i>über 50 kW bis 2 MW</i>	0,02	0,13	0,40	0,83	1,29	1,75	2,23	2,72	3,22
Brennstoffzellen	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04

¹⁶ Zusätzliche Unterschiede bestehen zwischen den in den durch Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz erfassten KWK-Anlagen erzeugten Strommengen (vgl. Tabelle 5-2) und den KWK-Strommengen aller Anlagen in Deutschland (vgl. hierzu z. B. Abbildung 2-1).

Vor allem die alten und neuen KWK-Bestandsanlagen speisen teilweise nicht die gesamte erzeugte KWK-Strommenge in das öffentliche Netz ein, sondern decken damit anteilig zu meist industriellen Eigenbedarf. Die insgesamt erzeugte KWK-Strommenge in den vom Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz erfassten Anlagen betrug im Jahr 2003 ca. 58,4 TWh/a (vgl. Tabelle 5-2). Die Unterschiede zwischen dem ins öffentliche Netz eingespeisten KWK-Strom und dem insgesamt erzeugten KWK-Strom beträgt in den Jahren 2003 und 2004 um die 5 TWh/a. Noch höher lag die Differenz zwischen eingespeister und insgesamt erzeugter KWK-Strommenge mit 5,3 TWh/a im Jahr 2002, obwohl das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz im Jahr 2002 nur für 9 Monate Gültigkeit hatte. Auch nach Auslaufen der Förderung durch das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz sprechen keine Gründe dafür, die Fernwärmenachfrage mittels Heizwerken zu decken. Es wurde daher davon ausgegangen, dass das entsprechende Erzeugungsniveau auch in den nachfolgenden Jahren erhalten werden kann. Die maximale KWK-Strommenge der durch das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz erfassten Anlagen wird im Jahr 2010 mit ca. 68,9 TWh/a erreicht. Im Vergleich zum Jahr 2003 werden somit im Jahr 2010 dann 10,9 TWh/a mehr KWK-Strom in diesen Anlagen insgesamt erzeugt.

Für die nachfolgende Betrachtung der CO₂-Minderung werden die gesamten KWK-Strommengen der durch das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz erfassten Anlagen zugrunde gelegt, die diese innerhalb eines Jahres erzeugt haben. Zwar fällt ein Teil dieser Anlagen, der in den Anfangsjahren unter die Regelungen des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes gefallen ist, letztmalig im Jahr 2006 (alte Bestandsanlagen) bzw. im Jahr 2009 (neue Bestandsanlagen) unter das Gesetz. Mit Blick auf die dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz zugeschriebene CO₂-Minderung ist jedoch zu berücksichtigen, dass gerade auch diese Anlagen dank der einstmals gewährten gesetzlichen Flankierung auch in den späteren Jahren, d. h. nach Auslaufen der Zuschlagsgewährung, noch Strom und Wärme erzeugen. Die damit verbundene CO₂-Minderung kann somit auch dem Gesetz zugerechnet werden. Die selbe Argumentation gilt auch für die Einbeziehung der Anlagen aus dem KWK-Vorschaltgesetz und ihrer CO₂-Minderung.

6 CO₂-Minderung durch über das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz geförderte KWK-Anlagen in 2005 bzw. 2010

Prinzipiell kann die CO₂-Minderung im Zuge des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes durch eine veränderte Fahr- und Einsatzweise bestehender KWK-Anlagen, durch modernisierte KWK-Altanlagen (vgl. Abschnitt 4) oder durch den Neubau von (kleinen) KWK-Anlagen bzw. Brennstoffzellen erfolgen. Im Rahmen der Studie werden hierbei CO₂-Minderungsbeiträge nicht berücksichtigt, die sich eventuell aufgrund einer Erhöhung der Gesamt-KWK-Stromerzeugung (vgl. Abbildung 2-1) durch bestehende KWK-Anlagen, die nicht für die Förderung durch das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz beim BAFA erfasst sind, oder durch den nicht im Zusammenhang mit dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz stehenden (marktgetriebenen) Neubau von KWK-Anlagen ergeben. Bei der Berechnung der CO₂-Minderung werden die Kategorien der KWK-Anlagen im Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz unterschieden und die Effekte entsprechend einzeln ausgewiesen. Hierfür wurden die gesamten in den durch das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz erfassten Anlagen erzeugten KWK-Strommengen zugrunde gelegt (vgl. Tabelle 5-2).

Die CO₂-Minderung durch die Modernisierung der alten Bestandsanlagen gegenüber 1998 kann im Wesentlichen auf

- die Brennstoffeinsparung durch Effizienzsteigerung der KWK-Anlagen,
 - den Energieträgerwechsel bzw.
 - die Erhöhung der Stromerzeugungsmengen
- beruhen.

Entsprechend wird für die Bestimmung der CO₂-Minderung der modernisierten alten Bestandsanlagen ein Vergleich der KWK-Altanlage im Jahr 1998 mit der modernisierten KWK-Anlage bzgl. der eingesetzten Brennstoffmenge bzw. der Art des Brennstoffes durchgeführt. Darauf basierend wurde eine CO₂-seitige Bewertung des Brennstoffeinsatzes in der Altanlage und in der modernisierten Anlage durchgeführt und die entsprechenden Differenzen ermittelt. Zusätzlich wird die auf einer höheren Stromkennzahl basierende Steigerung der KWK-Stromproduktion bestimmt. Hierbei wird die Kondensationsstromerzeugung der KWK-Anlagen nicht berücksichtigt. Die zusätzlichen Strom- und Wärmeerzeugungsmengen werden mittels eines festen Referenzsystems für die Wärmeerzeugung von 240 g CO₂ je kWh_{Wärme} und einem variablen Referenzsystem für die Stromerzeugung im Bereich von zunächst 355 g CO₂ je kWh_{el} bis 900 g CO₂ je kWh_{el} bewertet (vgl. Abschnitt 2.2). Die entsprechende Berechnungsvorschrift bei einer Variation des stromseitigen Referenzsystems findet sich in Anhang A.

Für die modernisierten KWK-Altanlagen ergibt sich der Gesamteffekt ab dem Jahr 2006, ab dem alle Modernisierungsvorhaben von KWK-Anlagen, die im Rahmen des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes durchgeführt werden, abgeschlossen sein werden. In Abhängigkeit des

stromseitigen CO₂-Referenzsystems ergeben sich durch die modernisierten KWK-Altanlagen CO₂-Einsparungen gegenüber 1998 zwischen 3,4 und 8,8 Mio. t/a (vgl. Abbildung 6-1). Wird der Bereich für das stromseitige Referenzsystem auf 596 bis 750 g je kWh_{el} eingegrenzt (vgl. Abschnitt 2.2), so liegt der Beitrag der modernisierten KWK-Altanlagen zur CO₂-Minderung gegenüber 1998 zwischen 5,7 und 7,3 Mio. t/a.

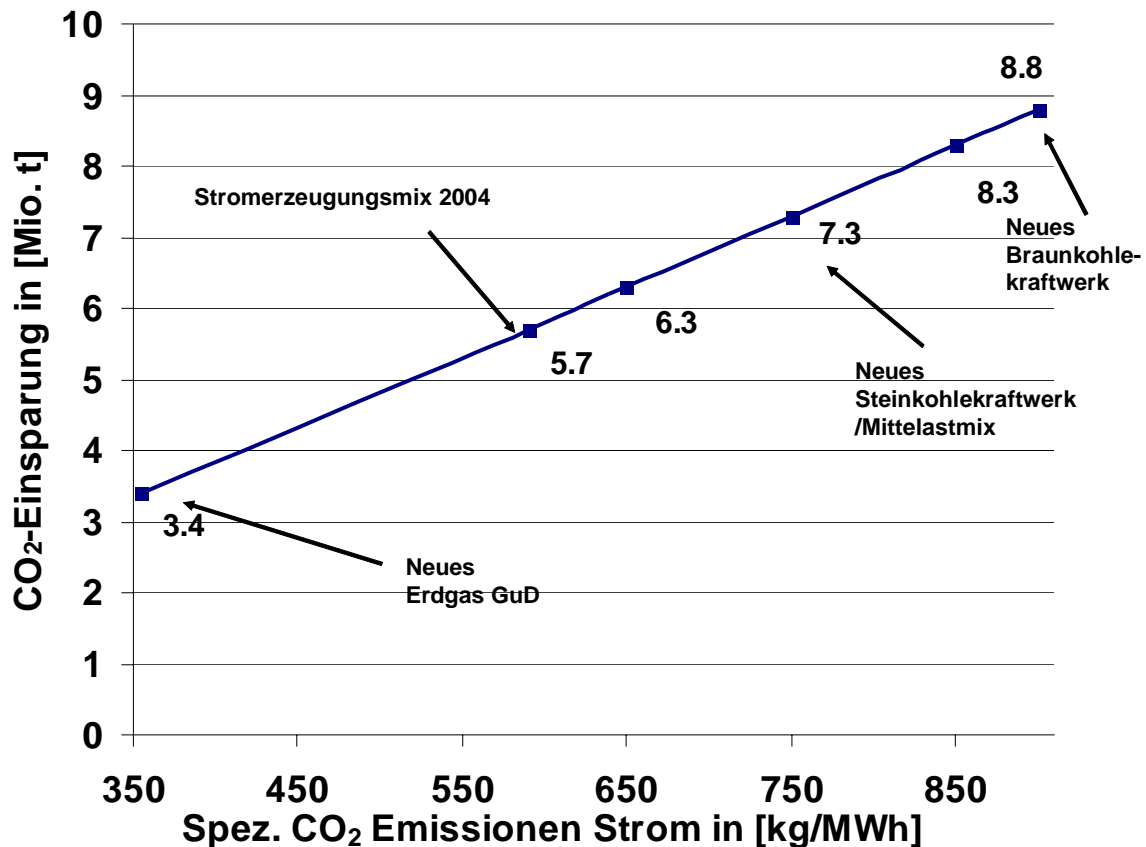


Abbildung 6-1: CO₂-Einsparungen durch die modernisierten KWK-Anlagen ab dem Jahr 2006 gegenüber 1998 in Abhängigkeit des Referenzsystems Strom

Alte und neue Bestands-KWK-Anlagen können auch zur CO₂-Minderung im Vergleich zum Jahr 1998 beitragen. Dies kann durch eine Erhöhung der KWK-Strommengen bzw. durch einen veränderten Brennstoffeinsatz geschehen. So wurden im Jahr 2003 im Vergleich zum Jahr 1998 in den alten und neuen Bestandsanlagen rund 5,47 TWh/a KWK-Strom mehr erzeugt bei nahezu unveränderter Wärmeauskopplung.

Im Bezug auf den Brennstoffeinsatz erhöhte sich im Jahr 2003, verglichen mit dem Jahr 1998, der Anteil des Erdgases um 6 Prozentpunkte bei gleichzeitiger Reduktion des Einsatzes von Kohlen um 6 Prozentpunkte. Ebenso kam es zu einer leichten Verschiebung weg vom Heizöl hin zu sonstigen Energieträgern (Müll, Biomasse) um einen Prozentpunkt. Insgesamt verbesserte sich auch der Brennstoffnutzungsgrad der Bestandsanlagen zwischen dem Jahr 1998 und dem Jahr 2003 um 3 Prozentpunkte von 77,5 % auf 80,5 %. Infolgedessen verminderten sich die CO₂-Emissionen brennstoffbedingt und durch Effizienzsteigerungen um 2,55

Mio. t CO₂ im Jahr 2003 gegenüber dem Jahr 1998. Zusammen mit der gestiegenen KWK-Stromerzeugung ergeben sich für die alten und neuen KWK-Bestandsanlagen im Jahr 2003 gegenüber dem Jahr 1998 Reduktionen der CO₂-Emissionen zwischen 6,0 und 6,8 Mio. t CO₂ in Abhängigkeit des für die zusätzlich erzeugten KWK-Strommengen unterstellten Referenzsystems (vgl. Abbildung 6-2).

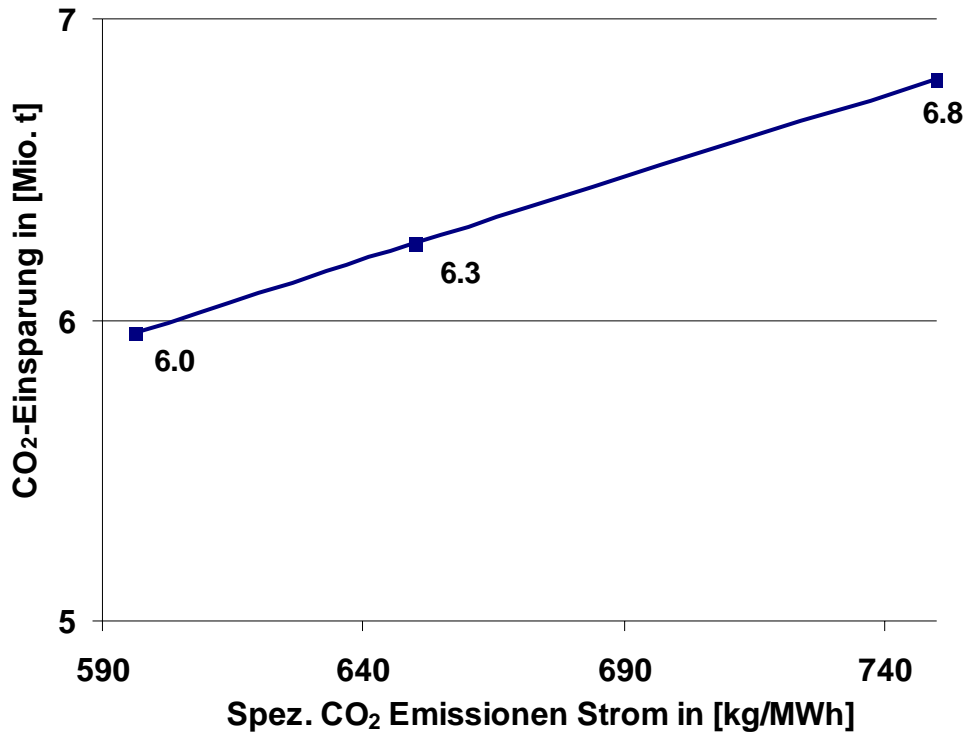


Abbildung 6-2: CO₂-Einsparungen durch alte und neue KWK-Bestandsanlagen im Jahr 2003 gegenüber 1998 in Abhängigkeit des Referenzsystems Strom bezüglich der Veränderung der KWK-Strommenge

Bezüglich der zukünftigen Entwicklung ist für die alten und neuen KWK-Bestandsanlagen zu berücksichtigen, dass sich die in diesen Anlagenkategorien erzeugten KWK-Strommengen ab 2005 bzw. 2006 gegenüber der Erzeugung 2003 leicht reduzieren (vgl. Tabelle 5-2). Zudem kommen im Jahr 2005 die CO₂-Einsparungen durch die modernisierten KWK-Anlagen noch nicht vollständig zur Wirkung, da hier in dieser Anlagenkategorie erst 6,4 TWh/a erzeugt werden (vgl. Tabelle 6-1). Entsprechend beträgt die CO₂-Einsparung der modernisierten KWK im Jahr 2005 zwischen 2,4 und 3,0 Mio. t CO₂ (vgl. Tabelle 6-2) in Abhängigkeit vom unterstellten stromseitigen Referenzsystem (vgl. Abschnitt 2.2).

Tabelle 6-1: Veränderung der CO₂-Emissionen aufgrund Variation des Brennstoffeinsatzes und der Stromerzeugungsmengen in KWK-Anlagen im Zusammenhang mit dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz in den Jahren 2005 und 2010 in Mio. t gegenüber 1998

Jahr	2005		2010	
	Δ CO ₂ -Emissionen (ohne Bewertung der Stromerzeugung)	Δ Stromerzeugung	Δ CO ₂ -Emissionen (ohne Bewertung der Stromerzeugung)	Δ Stromerzeugung
	[Mio. t CO ₂]	[TWh]	[Mio. t CO ₂]	[TWh]
Insgesamt	2,52	9,95	2,52	15,29
Davon				
Bestandsanlagen	2,55 ¹⁾	5,15	2,55 ¹⁾	4,2
- alte Bestandsanlagen	0,95 ¹⁾	1,45	0,95 ¹⁾	0,5
- neue Bestandsanlagen	1,60 ¹⁾	3,70	1,60 ¹⁾	3,7
Modernisierte Anlagen	-0,1 ²⁾	4,17	-0,1 ²⁾	9,9
kleine KWK-Anlagen	0,07 ³⁾	0,63	0,07 ³⁾	0,72
- bis 50 kW	0,04 ³⁾	0,20	0,04 ³⁾	0,22
- über 50 kW bis 2 MW	0,03 ³⁾	0,43	0,03 ³⁾	0,5
Brennstoffzellen	-0,2 ³⁾	0,0055	-0,2 ³⁾	0,0055

- ¹⁾ Veränderter Einsatz der Menge und Brennstoffart bei nahezu unveränderter Wärmeerzeugung
²⁾ Erhöhter Brennstoffeinsatz um bei veränderter Stromkennzahl die Wärmeerzeugung zu decken. Beinhaltet Effizienzsteigerung und Energieträgerwechsel.
³⁾ Entspricht den brennstoffbedingten CO₂-Emissionen abzüglich der CO₂-Gutschrift der Wärmeerzeugung.

Die kleinen neuen KWK-Anlagen produzieren im Jahr 2005, weitestgehend auf der Basis von Erdgas, rund 630 GWh/a KWK-Strom (vgl. Tabelle 5-2) und rund 1020 GWh/a Wärme. Entsprechend betragen die CO₂-Einsparungen zwischen 0,48 und 0,58 Mio. t CO₂. Die CO₂-Einsparungen durch neue kleine KWK-Anlagen erhöhen sich bis zum Jahr 2010, da weitere Anlagen in Betrieb gehen. Die KWK-Stromerzeugung von rund 720 GWh/a und die ca. 1165 GWh/a Wärmeerzeugung ergeben in 2010 eine CO₂-Einsparung in Abhängigkeit des stromseitigen Referenzsystems zwischen 0,54 und 0,65 Mio. t CO₂. Die in Brennstoffzellen erzeugten KWK-Strommengen sind noch so gering, dass sie in Tabelle 5-2, die in Mio. t die CO₂-Minderung ausweist, nicht mit Werten größer Null erscheinen. Die Ermittlung der mit den Brennstoffzellen einhergehenden CO₂-Minderung kann nach der Berechnungsvorschrift in Anhang A erfolgen.

Tabelle 6-2: CO₂-Einsparungen durch KWK-Anlagen im Zusammenhang mit dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz in den Jahren 2005 und 2010 in Mio. t gegenüber 1998 in Abhängigkeit des Referenzsystems Strom

Jahr	2005			2010		
Referenzsystem Strom in [kg CO₂]/MWh	596	650	750	596	650	750
Insgesamt	8,5	9,0	10,0	11,4	12,1	13,7
Davon						
Bestandsanlagen	5,6	5,9	6,4	5,1	5,3	5,7
- alte Bestandsanlagen	1,8	1,9	2,0	1,2	1,3	1,3
- neue Bestandsanlagen	3,8	4,0	4,4	3,8	4,0	4,4
Modernisierte Anlagen	2,4	2,6	3,0	5,8	6,3	7,3
kleine KWK-Anlagen	0,48	0,51	0,58	0,54	0,58	0,65
- bis 50 kW	0,15	0,16	0,18	0,16	0,17	0,20
- über 50 kW bis 2 MW	0,33	0,35	0,39	0,38	0,40	0,45
Brennstoffzellen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Die CO₂-Einsparung, die mit dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz im Zusammenhang steht, beträgt damit insgesamt gegenüber 1998 im Jahr 2005 zwischen 8,5 und 10,0 Mio. t CO₂ bzw. im Jahr 2010 zwischen 11,4 und 13,7 Mio. t CO₂ in Abhängigkeit des betrachteten Referenzsystems der getrennten Erzeugung für Strom. Die entsprechende Berechnungsvorschrift bei einer Variation des stromseitigen Referenzsystems findet sich in Anhang A.

7 Investitionsvolumina für den Ausbau der kleinen KWK-Anlagen und der Brennstoffzellen

Neben den Investitionen, die im Rahmen der Modernisierung der alten Bestandanlagen getätigt werden, werden in Folge des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes Investitionen für den Ausbau der kleinen KWK-Anlagen und Brennstoffzellen induziert. Zwischen 2002 und 2004 betragen die kumulierten Investitionsvolumina für BHKW insgesamt rund 120 Mio. € Davon entfiel der Hauptteil des Investitionsvolumina mit ca. 88 Mio. € auf die BHKW mit einer Leistung bis 50 kW_{el}. Die jährlichen Investitionen für die BHKW bis 50 kW steigen bis zum Jahr 2005 auf ca. 40 Mio. € an, um in den nachfolgenden Jahren, aufgrund der reduzierten Fördersätze, auf ein Niveau zwischen 2,8 und 4,7 Mio. € abzusinken. BHKW zwischen 50 kW und 2 MW elektrischer Leistung weisen in den Jahren zwischen 2002 und 2005 jeweils ein Investitionsvolumen von rund 10 Mio. €/a auf, um dann auf ein jährliches Volumen von 1,2 bis 2,2 Mio. € zurückzufallen. Insgesamt beträgt das kumulierte Investitionsvolumina bis 2010 der kleinen KWK-Anlagen rund 197 Mio. €

Tabelle 7-1: Entwicklung der Investitionsvolumina für den Ausbau kleiner KWK-Anlagen und von Brennstoffzellen in Jahreswerten und kumuliert bis zum jeweiligen Jahr

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	Investitionsvolumina in Mio. €/a								
BHKW bis 50 kW	19,44	29,93	38,53	40,39	4,69	3,75	3,75	3,75	2,81
über 50 kW bis 2 MW	10,52	11,23	10,79	10,81	2,17	1,14	1,17	1,20	1,23
Summe BHKW	29,96	41,15	49,33	51,20	6,86	4,89	4,92	4,95	4,04
Brennstoffzellen	3,0	5,0	4,0	3,85	3,7	3,5	3,325	3,17	3,0
	Kumuliertes Investitionsvolumina in Mio. €								
BHKW bis 50 kW	19,44	49,37	87,90	128,29	132,98	136,74	140,49	144,24	147,05
über 50 kW bis 2 MW	10,52	21,75	32,54	43,35	45,52	46,65	47,82	49,02	50,24
Summe BHKW	29,96	71,11	120,44	171,64	178,50	183,39	188,31	193,26	197,30
Brennstoffzellen	3,0	8,0	12,0	15,9	19,6	23,1	26,4	29,5	32,5

Mit spezifischen Investitionskosten von 6000 bis 12000 €/kW_{el} sind Brennstoffzellen zur Zeit noch nicht wettbewerbsfähig. Die Projekte, die realisiert werden, haben einerseits Demonstrationscharakter bzw. dienen andererseits dem praktischen Erfahrungsgewinn. Da insbesondere bei bisherigen Hochtemperaturbrennstoffzellenprojekten derzeit max. 25000 Vollbenutzungsstunden erzielt wurden, werden die Projekte auf 2 bis max. 3 Jahre begrenzt.

Bei Stromerlösen von 12 Cent / kWh werden höchstens die sonstigen variablen Kosten und die fixen Kosten für Betrieb und Wartung der Hochtemperatur-Brennstoffanlagen gedeckt, damit wird zusätzlich deutlich, dass Investitionsausgaben in Brennstoffzellen als Forschungs- und Entwicklungsausgaben anzusehen sind. Die damit verbundenen Investitio-

nen betragen kumuliert bis 2010 ca. 32,5 Mio. € unter der Annahme, dass bis 2010 jährlich mind. 2 Hochtemperaturbrennstoffzellen mit einer Leistung von 250 kW_{el} installiert werden und sich die spezifischen Investitionen bis 2010 auf 6000 €/kW_{el} reduzieren lassen /Blesl u. a., 2004/.

8 Finanzvolumen des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes

Basierend auf der zu erwartenden, nach Anlagen differenziert erfassten KWK-Stromeinspeisung im Zusammenhang mit dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz und deren Entwicklung bis 2010 (vgl. Tabelle 5-1) wird mit den Zuschlagsätzen aus Tabelle 1-1 das für das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz benötigte Finanzvolumen berechnet (vgl. Tabelle 8-1). Insgesamt ergibt sich damit ein prognostiziertes Fördervolumen über die Gesamtlaufzeit des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes von kumuliert rund 5610 Mio. € Der Hauptteil der Förderung ist mit ca. 3240 Mio. € für die neuen Bestandsanlagen aufzuwenden, gefolgt von den modernisierten Altanlagen mit ca. 1280 Mio. € und den alten Bestandsanlagen (rund 935 Mio. €). Mit rund 147 Mio. € entfällt der geringste Anteil der Förderung auf die kleinen KWK-Anlagen und die Brennstoffzellen.

Tabelle 8-1: Aus dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz resultierende Fördersumme nach Anlagenkategorien in Jahreswerten und kumuliert bis zum jeweiligen Jahr

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	Kumulierte Fördersumme in Mrd. €								
Insgesamt	0,49	1,30	2,04	2,85	3,68	4,37	4,92	5,36	5,61
Davon									
alte Bestandsanlagen	0,16	0,40	0,61	0,80	0,93				
neue Bestandsanlagen	0,32	0,88	1,38	1,87	2,31	2,75	3,04	3,24	
Modern. Anlagen	0,00	0,01	0,03	0,14	0,38	0,61	0,84	1,06	1,28
kleine KWK-Anlagen	0,00	0,01	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14
dav. bis 50 kW	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
über 50 kW bis 2 MW	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
Brennstoffzellen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kleine KWK-Anlagen und Brennstoffzellen	0,00	0,01	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,13	0,15

Der Vergleich zwischen dem für das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz nach der Gesetzesbegründung vorgesehenen Finanzrahmen und dem innerhalb des Gutachtens berechneten Finanzvolumen ergibt, dass der vorgesehene Finanzrahmen insgesamt um rund 1,16 Mrd. € überschritten werden würde (vgl. Tabelle 8-2). Die wesentlichen Unterschiede zeigen sich bei den neuen Bestandsanlagen, für die insgesamt ca. 1,7 Mrd. € mehr aufzuwenden wären als vereinbart sind. Dagegen wäre der Finanzrahmen für die alten Bestandsanlagen um etwa 87 Mio. € der der modernisierten alten Bestandsanlagen um rund 250 Mio. € bzw. der der kleinen KWK-Anlagen und Brennstoffzellen um 211 Mio. € geringer als beim Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz nach der Gesetzesbegründung vorgesehen.

Tabelle 8-2: Vergleich des berechneten Finanzvolumens mit dem vorgesehenen Finanzrahmen

	Berechnetes Finanzvolumen (2002 – 2010)	Vorgesehener Finanzrahmen (2002 – 2010)	Delta
	[Mio. €]	[Mio. €]	[Mio. €]
alte Bestandsanlagen	935	1022	87
neue Bestandsanlagen	3241	1534	-1,707
modern. Anlagen	1283	1534	251
Kleine KWK-Anlagen und Brennstoffzellen	147	358	211
Insgesamt	5606	4488	-1,158

9 Schlussbetrachtung und Politikempfehlungen

Zweck des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes ist es, einen Beitrag zu leisten, damit durch die Nutzung der KWK eine Minderung der jährlichen CO₂-Emissionen in Deutschland gegenüber 1998 um 10 Mio. t bis 2005 und um 23 Mio. t bis 2010, mindestens aber 20 Mio. t, erzielt werden kann. Der Beitrag zur Emissionsminderung soll durch den befristeten Schutz und die Modernisierung von KWK-Anlagen sowie den Ausbau der Stromerzeugung in kleinen KWK-Anlagen und die Markteinführung der Brennstoffzelle erreicht werden. Ziel des vorliegenden Gutachtens ist es, die Wirkungen des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes zu untersuchen und zu bewerten.

Folgende wesentliche **Ergebnisse** lassen sich aus den Analysen ableiten:

1. Auf der Grundlage der vorliegenden BAFA Daten und der darin aus Konsistenzgründen durch das IER vorgenommenen Korrekturen in der Datenbasis wird durch das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz im Jahr 2005 ein Beitrag zum CO₂-Minderungsziel (10 Mio. t/a) zwischen 8,5 und 10,0 Mio. t/a – in Abhängigkeit vom gewählten stromseitigen Referenzsystem – erreicht.
2. Bis 2010 erhöht sich die zu erwartende CO₂-Minderung auf einen Beitrag zwischen 11,4 und 13,7 Mio. t/a der insgesamt über Kraft-Wärme-Kopplung anvisierten zumindest 20 Mio. t/a.
3. Des Weiteren zeigt sich, dass der für die Förderung in der Gesetzesbegründung vorgesehene Finanzrahmen überschritten werden wird. Es ist ein um rund 1,16 Mrd. € erhöhter Mittelbedarf gegenüber dem vorgesehenen Finanzvolumen zu erwarten.
4. Die Wirtschaftlichkeit der KWK-Anlagen hängt stark von den Vollbenutzungsstunden der Wärmeversorgungsaufgabe und der damit verbundenen Auslegung der Anlage ab.
5. Eine weitere wesentliche Einflussgröße für die Wirtschaftlichkeit der KWK-Anlagen sind die Energieträgerpreise. Ein Bezug zu den Energieträgerpreisen fehlt jedoch bislang im Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz, so dass sich in Abhängigkeit der sich zukünftig einstellenden Preisentwicklung leicht eine Überförderung bzw. eine zu geringe Förderung ergeben kann.
6. Abgeschriebene KWK-Anlagen (Inbetriebnahmejahr 1987 oder früher) sind bereits heute bei sinnvoller Auslegung und Betriebsweise auch ohne Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz wirtschaftlich.
7. Bei einer sinnvoll ausgelegten Anlage mit entsprechend höheren Vollbenutzungsstunden sind die Vergütungssätze des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes für kleine KWK-Anlagen kleiner als 50 kW und größer 1 MW bis 2 MW heute bereits zu hoch.
8. Zudem stellt der Sprung in den Vergütungssätzen eine nicht begründbare Ungleichbehandlung der unterschiedlichen KWK-Leistungsgrößen dar.

9. Da durch die Wirtschaftsprüfer in dem der Zertifizierung zugrunde liegenden Gutachten für die KWK-Anlagen teilweise nur die KWK-Strommengen testiert werden, können Fehler bei den eingesetzten Brennstoffmengen und der Brennstoffart im Datengerüst enthalten sein. Zudem werden in den Gutachten für die KWK-Anlagen verschiedene Stromkennzahlen ausgewiesen. Die gleichzeitige Wärme- und Stromerzeugung wird teilweise jedoch nicht erfasst. Damit besteht hinsichtlich der Datenqualität ein großer Verbesserungsbedarf.

Insgesamt ist somit zu erwarten, dass der für das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz vorgesehene Finanzrahmen überschritten wird, wobei ein Beitrag zur CO₂-Minderung im Jahr 2005 von 8,4 bis 10,0 Mio. t bzw. im Jahr 2010 von 11,8 bis 14,2 Mio. t erreicht werden kann. Dies gibt Anlass, das Förderkonzept zu überdenken. Dies gilt umso mehr, da seit Inkrafttreten des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes mit der KWK-Richtlinie der EU und dem europäischen CO₂-Emissionshandelssystem zwei weitere Regelungen mit Bezug auf die KWK und die CO₂-Minderung verabschiedet worden sind.

Die EU-Richtlinie zur Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung wurde am 21. Februar 2004 im Amtsblatt der Gemeinschaft veröffentlicht und ist damit in Kraft getreten. Zweck der neuen Richtlinie ist die Schaffung eines Rahmens für die Förderung und Entwicklung einer hocheffizienten, am Nutzwärmebedarf orientierten und auf Primärenergieeinsparung ausgerichteten KWK. Der mit der KWK-Richtlinie geschaffene Förderrahmen besteht im Wesentlichen aus der

- Methodik zur Berechnung des in KWK erzeugten Stroms und der durch KWK verursachten Energieeinsparung,
- Regelung eines Herkunftsnachweises für hocheffizienten KWK-Strom¹⁷,
- Verpflichtung der Mitgliedsstaaten zur Analyse der nationalen KWK-Potenziale und Hindernisse, die der Verwirklichung des nationalen Potenzials entgegenstehen könnten,
- Verpflichtung der Kommission zur Analyse und vergleichenden Bewertung der in der EU praktizierten KWK-Förderregelungen.

Die Mitgliedstaaten haben zwei Jahre Zeit, um die EU-Richtlinie umzusetzen. Die Richtlinie war am 18. Dezember 2003 vom EU-Parlament und am 26. Januar 2004 vom Europäischen Rat in zweiter Lesung verabschiedet worden, nachdem sich Kommission, Parlament und Ministerrat im sogenannten Trilog-Verfahren über die strittigen Punkte geeinigt hatten. Dem Wunsch des EU-Parlaments nach besonderer Förderung von sogenannten Mikro-KWK-Anlagen (bis 50 kW) wurde insoweit entsprochen, als bei solchen Anlagen die Berechnung des KWK-Stroms auf zertifizierten Werten beruhen kann. Für Kleinst- und Kleinanlagen (bis 500 kW bzw. 1 000 kW) kann der nationale Gesetzgeber den Netzzugang erleichtern. Unberück-

sichtigt blieb dagegen die Forderung des EU-Parlaments, den Anteil von KWK-Strom am Energie-Mix bis 2010 verbindlich auf mindestens 18 % anzusetzen. Was Deutschland angeht, so gilt die Richtlinie als weitgehend kompatibel mit dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz.

Wenn auch im Grundansatz die Vereinbarkeit von Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz und KWK-Richtlinie der EU gesehen werden kann, so gibt es doch zwei prinzipielle Unterschiede. Zum einen setzt die EU-Richtlinie am Nutzwärmebedarf an. Zum anderen bedarf es nach der EU-Richtlinie dem Nachweis für eine hocheffiziente KWK. Demgegenüber genügt für das deutsche Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz ein Gesamtjahresnutzungsgrad von 80 % und die Bemessungsgröße ist die KWK-Stromerzeugung. Gerade die Problematik des letzteren Punktes wird auch durch die Ergebnisse der AGFW-Hauptstudie „Pluralistische Wärmeversorgung“ /Lutsch, Witterhold 2005/ nochmals unterstrichen. Hier wird ausgeführt, dass der ökologische Wert der Kraft-Wärme-Kopplung in erster Linie durch die Wärmenutzung bestimmt wird. Dabei ist die jeweilige Größe der CO₂-Einsparung in einem Versorgungsgebiet vom Verhältnis von Strom- zu Wärmebedarf abhängig. Die optimalen Verhältnisse zur Energieeinsparung/CO₂-Minderung liegen im Bereich der typischen Nah-/Fernwärme-Anwendungen und Objektversorgungen bzw. deren Potenziale. Daraus ergibt sich, dass die effiziente Nutzung der KWK als CO₂-Einspartetechnik mit der Wärmebedarfsdeckung Hand in Hand gehen muss.¹⁸ Das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz ist jedoch stromseitig angelegt.

Eine weitere neue Regelung, die nach Inkrafttreten des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes bezüglich der CO₂-Minderung mit hinzu gekommen ist, stellt die Einführung des europäischen CO₂-Emissionshandelssystems auf Anlagenebene dar. Die entsprechende EU-Richtlinie zum Emissionshandel wurde in Deutschland durch das Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz (TEHG) und das Zuteilungsgesetz 2007 (ZuG 2007) für die erste Handelsperiode 2005 bis 2007 umgesetzt. Ersteres regelt allgemeine Aspekte des Emissionshandels in Deutschland. Die im Rahmen des vorliegenden Gutachtens zu berücksichtigende Umsetzung der Allokation der Emissionsberechtigungen erfolgt im ZuG 2007. Demnach stehen für die Sektoren Energie und Industrie für die erste Handelsperiode 503 Mio. t CO₂ und für die zweite Periode (2008 bis 2012) 495 Mio. t zur Verfügung. Die Zuteilung für die betroffenen Anlagen, darunter Feuerungsanlagen mit einer Feuerungswärmeleistung von mehr als 20 MW, erfolgt grundsätzlich auf Basis der durchschnittlichen Emissionen im Zeitraum vom 1. Januar 2000 bis 31. Dezember 2002 (Basisperiode). Neben diesem grundsätzlichen Ansatz bestehen zahlreiche Sonderregelungen, wie z. B. für die Anerkennung frühzeitiger Emissionsminderungen oder für die Berücksichtigung von KWK-Anlagen. Die KWK-Sonderzuteilung beträgt hier

¹⁷ Hocheffiziente KWK muss dabei in der Regel Primärenergieeinsparungen von mindestens 10 % im Vergleich zu den Referenzwerten für die getrennte Stromerzeugung (bei gleichem Brennstoff) ermöglichen.

¹⁸ Dies wird auch durch die KWK-Richtlinie der EU untermauert, die eine Analyse der nationalen KWK-Potenziale fordert.

27 t CO₂ je GWh KWK-Nettostromerzeugung auf Grundlage der mittleren KWK-Nettostromerzeugung in der Basisperiode.

Wie /Lutsch, 2004/ zeigt, wird die Zuteilung für KWK-Anlagen inkl. der Sonderzuteilung für KWK der mit der KWK einhergehenden CO₂-Minderung im Vergleich mit der getrennten Erzeugung von Strom und Wärme nur in ganz speziellen Fällen gerecht. /Lutsch, 2004/ stellt fest, dass „der Emissionszertifikatehandel den weiteren Ausbau der Nah- und Fernwärme behindern wird“. Der Bedeutung der mit KWK betriebenen Nah-/Fernwärme- bzw. Objektversorgung als Systemlösung innerhalb des vernetzten Systems von Energieanwendung und Energieversorgung kann ein auf einzelne Sektoren oder Emittenten begrenztes Zertifikatehandelssystem nicht gerecht werden. Notwendig wäre es deshalb, die folgenden Defizite des Emissionshandelssystems zu beseitigen:

- die Begrenzung auf Anlagen der Energiewirtschaft und der energieintensiven Industrie, wodurch nur der kleinere Teil der gesamten CO₂-Emissionen in das Zertifikatesystem einbezogen wird,
- der Bezug auf die Emissionen einzelner Anlagen, der eine Erweiterung des Zertifikatesystems auf die Vielzahl der Einzelemittenten in den Bereichen Gewerbe, Handel und Dienstleistungen sowie der privaten Haushalte und des Verkehrs praktisch ausschließt.

Unter Berücksichtigung der nach Inkrafttreten des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes neu hinzu gekommenen Regelungen der KWK-Richtlinie der EU und des europäischen CO₂-Emissionshandelssystems ergeben sich aus den Analysen des Gutachtens folgende **Empfehlungen zur Anpassung** des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes:

1. Den Anforderungen der KWK-Richtlinie der EU könnte durch eine verbesserte Integration der Wärmeseite sowie durch eine Modifikation der KWK-Definition (Gesamtjahresnutzungsgrad von 80 %) noch besser Rechnung getragen werden.
2. Bei der bislang nach Leistungsgrößen gestaffelten Förderung der kleinen KWK-Anlagen sollten sowohl die Fördersätze nach unten angepasst als auch ein gleitender Übergang zwischen den Leistungsgrößen geschaffen werden.
3. Die Förderung für die neuen Bestandsanlagen sollte entsprechend der Inbetriebnahme auf eine Betriebszeit von maximal 17 Jahren begrenzt werden. Der vom Gesetz für diese Anlagen vorgesehene Förderzeitraum sollte allerdings unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung das Jahr 2009 nicht überschreiten.
4. Das Fördermodell ist dahingehend zu überdenken, dass die Entwicklung der Energieträgerpreise und der CO₂-Zertifikatspreise und damit auch der Stromspotmarktpreise wesentlich die Wettbewerbsfähigkeit der KWK-Anlagen beeinflusst. Diese Entwicklungen könnten über eine Indizierung der Fördersätze mit in das Förderregime aufgenommen werden, so dass eine gleitende Anpassung erfolgt. Bei den derzeit auf dem Markt zu sehenden höheren Strompreisen und CO₂-Zertifikatspreisen würde sich der

Fördersatz deutlich reduzieren lassen und somit auch das mit dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz verbundene Finanzvolumen.

5. Die Datenqualität der Gutachten für die Zertifizierung der KWK-Anlagen bzgl. der Stromkennzahlen und der Erfassung der Wärmeseite sollte wesentlich verbessert werden, damit die Konsistenz im Datengerüst gewährleistet werden kann.

Als **wesentliche Empfehlung** für eine verursachungsgerechte Einbindung der Kraft-Wärme-Kopplung in das deutsche Klimaschutzregime und zur Vorbeugung von ungewollten Fehlentwicklungen lässt sich abschließend festhalten, dass die zur CO₂-Minderung beitragende Wärmeseite wesentlich stärker und offener mit in die Regelungen einbezogen werden sollte. Hinsichtlich der im Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz formulierten Zielsetzung eines Beitrags zur CO₂-Minderung ist hier jedoch nicht eine (modifizierte) Fortführung des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes angezeigt, sondern eine entsprechende Anpassung des Emissionshandelssystems, beispielsweise durch die Integration und Anrechnung von nationalen Ausgleichsprojekten auf der Wärmeseite, so dass Bereiche, die nicht von der EU-Emissionshandelsrichtlinie erfasst sind, mit in den Handel einbezogen werden können. Bereits in der EU-Richtlinie sind derartige Projekte als nationalstaatliche Regelungen erwähnt. Auch die Arbeitsgruppe Emissionshandel des BMU sieht in den nationalen Ausgleichsprojekten eine logische Ergänzung zu Joint Implementation in der EU und hält deren Einbindung für sehr sinnvoll. Bislang fehlt jedoch noch ein gültiger Rechtsrahmen, woran jedoch gearbeitet wird. Der Ablauf des Projektzyklus ist im Prinzip dem von JI- und CDM-Projekten sehr ähnlich /Müller und Rothe, 2003/. Beispiele für die Ausgestaltung derartiger nationaler Ausgleichsprojekte mit Einbeziehung des Wärmemarktes finden sich in /Geres, 2003/ oder /Rogge, 2003/, auch unter Berücksichtigung des Aspektes der Zusätzlichkeit. Dann kann die KWK ihr Potenzial zu einer kosteneffizienten Erreichung der CO₂-Minderung in Deutschland voll ausschöpfen. Je schneller diese Integration vollzogen werden kann, um so weniger Anpassungen sind beim Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz direkt notwendig.

Literatur

/AGFW, 2000a/

AGFW Arbeitsgemeinschaft für Wärme und Heizkraftwirtschaft e. V. bei der Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke: Strategien und Technologien einer pluralistischen Fern- und Nahwärmeversorgung in einem liberalisierten Energiemarkt unter besonderer Berücksichtigung der Kraft-Wärme-Kopplung und erneuerbarer Energien, Schlussbericht, AGFW-Studie Pluralistische Wärmeversorgung – Zeithorizont 2005 –, Frankfurt, 2000

/AGFW, 2000b/

AGFW Arbeitsgemeinschaft für Wärme und Heizkraftwirtschaft e. V. bei der Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke: Zertifizierung von KWK-Anlagen, Entwurfssfassung zum Arbeitsblatt FW 308, Frankfurt, 2000

/Blesl und Fahl, 2005a/

Blesl, M. und U. Fahl: Verwendung von Energiesystemmodellen beim CO₂-Monitoring – Teil 1. In: EuroHeat&Power, 34. Jg. 2005, Heft 5

/Blesl und Fahl, 2005b/

Blesl, M. und U. Fahl: Verwendung von Energiesystemmodellen beim CO₂-Monitoring – Teil 2. In: EuroHeat&Power, 34. Jg. 2005, Heft 6

/Blesl u. a., 2004/

Blesl, M., M. Ohl und U. Fahl: Hochtemperaturbrennstoffzellen und deren Kostenentwicklung. In: BWK, 56. Jg. 2004, Heft 5

/Blesl u. a., 2001/

Blesl, M., U. Fahl und A. Voß: Bestandsanalyse der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) in der Bundesrepublik Deutschland, Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi), Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart, Stuttgart, 2001

/Brügel, 1987/

Brügel, P.: Perspektiven der Energieversorgung, Möglichkeiten der Umstrukturierung der Energieversorgung Baden-Württembergs unter besonderer Berücksichtigung der Stromversorgung, Gutachten im Auftrag der Landesregierung von Baden-Württemberg, Stuttgart, 1987

/DIW, 2001/

Horn, M., Praetorius, B. und H.-J. Ziesing: Entwicklung eines Quotenmodells zur Förderung des Ausbaus ökologisch effizienter Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) im liberalisierten Strommarkt mit Anlagen- und Zielmengenzertifizierung und Handelbarkeit, Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi), Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin, 2001

/Geres, 2003/

Geres, R.: Learning by Doing: Nationale Klimaschutzprojekte in Deutschland. Vortrag beim Workshop des Bundesumweltministeriums „Emissionsrechtehandel und Joint Implementation“ am 13. März 2003 in Leipzig

/Lutsch, 2004/

Lutsch, W.: Zukunft der KWK im Emissionszertifikatehandel – Beispielrechnungen zur Zuteilung 2005. In: EuroHeat&Power, 33. Jg. 2004, Heft 11

/Lutsch und Witterhold, 2005/

Lutsch, W. und F.-G. Witterhold: Perspektiven der Fernwärme und Kraft-Wärme-Kopplung – Ergebnisse und Schlussfolgerungen aus der AGFW-Studie „Pluralistische Wärmeversorgung“

/Matthes, 2004/

Matthes, F. C.: Endgültige Auswertung der aktualisierten VKU-Modernisierungsumfrage 2003, Öko-Institut, Berlin, 2004

/Müller und Rothe, 2003/

Müller, M. und M. Rothe: Informationspaket Emissionshandel, Teil 2: Joint Implementation, Clean Development Mechanism und nationale Ausgleichsprojekte. Energieagentur NRW, Wuppertal, 2003

/Prognos/EWI, 1999/

Prognos, EWI: Die längerfristige Entwicklung der Energiemärkte im Zeichen von Wettbewerb und Umwelt, Studie für das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Basel, 1999

/Rogge, 2003/

Rogge, K.: Die Implementierung nationaler Ausgleichsprojekte in der Klimaschutzpolitik der Bundesrepublik aus ökonomischer Perspektive. Diplomarbeit an der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Universität Heidelberg, Heidelberg, 2003

/Schulz, 2002/

Schulz, W., W. Pfaffenberger: Untersuchung der zukünftigen Wirtschaftlichkeit von KWK-Anlagen, die einen Zuschlag nach dem KWK-Gesetz erhalten, Gutachten im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft für Wärme und Heizkraftwirtschaft (AGFW), Bremer Energie Institut, Bremen, 2002

/VIK, 2004/

VIK: Energiepreise & Notierungen auf <http://www.VIK-online.de/infocenter/default.html>

Anhang A: Berechnungsvorschrift zur Ermittlung der CO₂-Effekte in Abhängigkeit unterschiedlicher Referenztechniken

Die Berechnung des CO₂-Effektes gegenüber 1998 setzt sich aus einem absoluten Term und einem Produkt aus den spezifischen CO₂-Emissionen des Referenzsystems und einer Veränderung bei der KWK-Stromerzeugung zusammen. Der absolute Term beinhaltet sowohl Brennstoffeinsparungen als auch gegebenenfalls eine Veränderung der Wärmeerzeugung. Die Veränderung der KWK-Stromerzeugung entspricht bei alten und neuen KWK-Bestandsanlagen der zusätzlichen KWK-Stromerzeugung in den Anlagen im Vergleich zu 1998, bei modernisierten KWK Bestandsanlagen der zusätzlichen Stromerzeugung im Vergleich zur ersetzten KWK-Anlage und bei den kleinen KWK-Anlagen deren KWK-Stromerzeugung. Die entsprechenden Berechnungsvorschriften sind für die Jahre 2005 und 2010 den beiden folgenden Rechenschemata zu entnehmen, die auch eine Bilanzierung des CO₂-Effektes gegenüber 1998 gemäß den Anlagenkategorien des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes erlauben.

Jahr	2005
Insgesamt	$\Delta_{\text{gesamt}} = 2,52 \text{ Mio. t CO}_2 + 9,95 \text{ TWh} * \text{spez}_{\text{el,REF}}$
Davon	
Bestandsanlagen	$\Delta_{\text{Bestandsanlagen}} = 2,55 \text{ Mio. t CO}_2 + 5,15 \text{ TWh} * \text{spez}_{\text{el,REF}}$
- alte Bestandsanlagen	$\Delta_{\text{alte Bestandsanlagen}} = 0,95 \text{ Mio. t CO}_2 + 1,45 \text{ TWh} * \text{spez}_{\text{el,REF}}$
- neue Bestandsanlagen	$\Delta_{\text{neue Bestandsanlagen}} = 1,60 \text{ Mio. t CO}_2 + 3,70 \text{ TWh} * \text{spez}_{\text{el,REF}}$
Modernisierte Anlagen	$\Delta_{\text{mod. Anlagen}} = -0,1 \text{ Mio. t CO}_2 + 4,17 \text{ TWh} * \text{spez}_{\text{el,REF}}$
kleine KWK-Anlagen	$\Delta_{\text{kleine KWK-Anlagen}} = 0,07 \text{ Mio. t CO}_2 + 0,63 \text{ TWh} * \text{spez}_{\text{el,REF}}$
- bis 50 kW	$\Delta_{\text{kleine KWK-Anlagen bis 50 kW}} = 0,04 \text{ Mio. t CO}_2 + 0,20 \text{ TWh} * \text{spez}_{\text{el,REF}}$
- über 50 kW bis 2 MW	$\Delta_{\text{kleine KWK-Anlagen über 50 kW bis 2 MW}} = 0,03 \text{ Mio. t CO}_2 + 0,43 \text{ TWh} * \text{spez}_{\text{el,REF}}$
Brennstoffzellen	$\Delta_{\text{Brennstoffzellen}} = -0,0002 \text{ Mio. t CO}_2 + 0,0055 \text{ TWh} * \text{spez}_{\text{el,REF}}$

Jahr	2010
Insgesamt	$\Delta_{\text{gesamt}} = 2,52 \text{ Mio. t CO}_2 + 15,29 \text{ TWh} * \text{spez}_{\text{el,REF}}$
Davon	
Bestandsanlagen	$\Delta_{\text{Bestandsanlagen}} = 2,55 \text{ Mio. t CO}_2 + 4,20 \text{ TWh} * \text{spez}_{\text{el,REF}}$
- alte Bestandsanlagen	$\Delta_{\text{alte Bestandsanlagen}} = 0,95 \text{ Mio. t CO}_2 + 0,50 \text{ TWh} * \text{spez}_{\text{el,REF}}$
- neue Bestandsanlagen	$\Delta_{\text{neue Bestandsanlagen}} = 1,60 \text{ Mio. t CO}_2 + 3,70 \text{ TWh} * \text{spez}_{\text{el,REF}}$
Modernisierte Anlagen	$\Delta_{\text{mod. Anlagen}} = -0,1 \text{ Mio. t CO}_2 + 9,90 \text{ TWh} * \text{spez}_{\text{el,REF}}$
kleine KWK-Anlagen	$\Delta_{\text{kleine KWK-Anlagen}} = 0,07 \text{ Mio. t CO}_2 + 0,72 \text{ TWh} * \text{spez}_{\text{el,REF}}$
- bis 50 kW	$\Delta_{\text{kleine KWK-Anlagen bis 50 kW}} = 0,04 \text{ Mio. t CO}_2 + 0,22 \text{ TWh} * \text{spez}_{\text{el,REF}}$
- über 50 kW bis 2 MW	$\Delta_{\text{kleine KWK-Anlagen über 50 kW bis 2 MW}} = 0,03 \text{ Mio. t CO}_2 + 0,50 \text{ TWh} * \text{spez}_{\text{el,REF}}$
Brennstoffzellen	$\Delta_{\text{Brennstoffzellen}} = -0,0002 \text{ Mio. t CO}_2 + 0,0055 \text{ TWh} * \text{spez}_{\text{el,REF}}$

mit $\text{spez}_{\text{el,REF}}$ dem spezifischen CO₂-Faktor des Referenzsystems in t CO₂ je MWh_{el}, z. B. 0,596 beim Strommix 2004

Anhang B: Stromrestkosten für unterschiedliche Betrachtungszeiträume

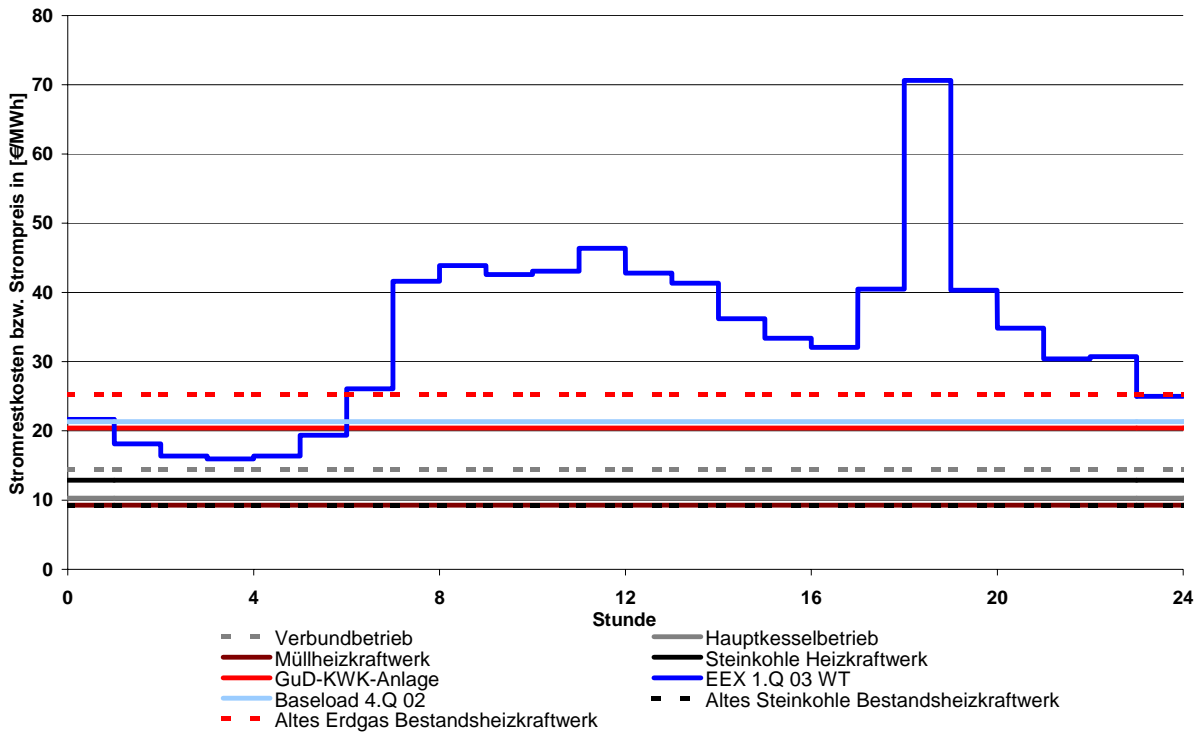


Abbildung 0-1: Stromrestkosten im Vergleich mit dem durchschnittlichen stündlichen Spotmarktpreis im 1. Quartal 2003 und dem EEX Baseloadpreis (Vorquartal) am Werktag

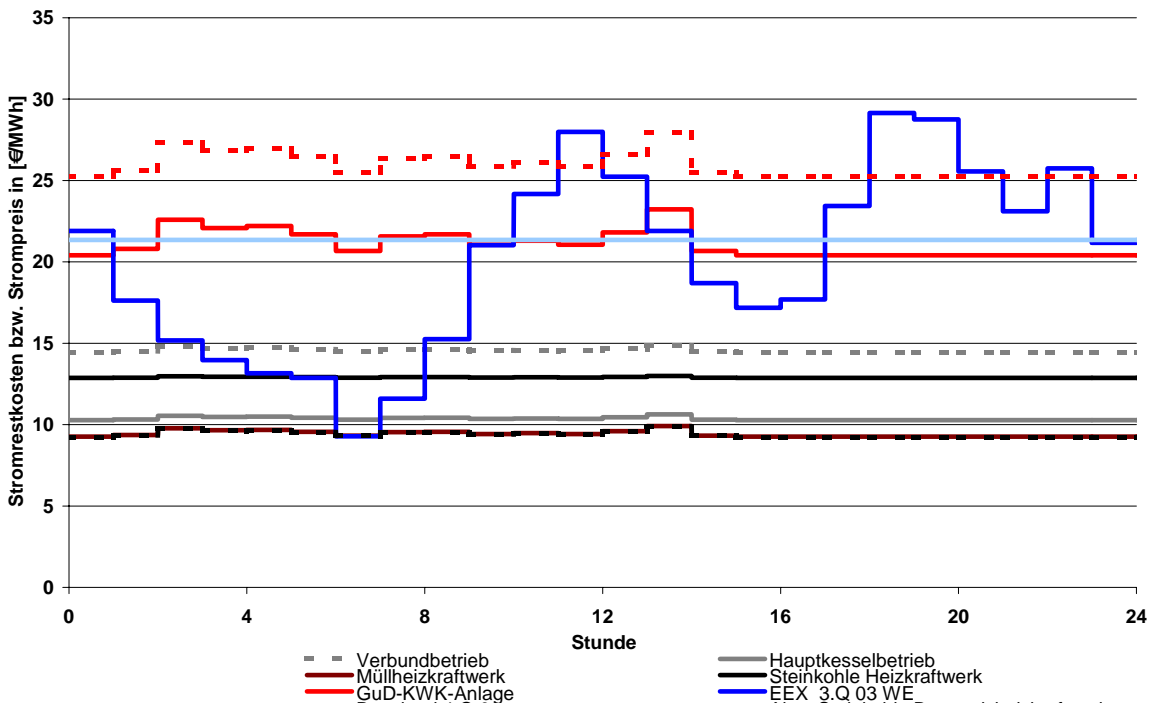


Abbildung 0-2: Stromrestkosten im Vergleich mit dem durchschnittlichen stündlichen Spotmarktpreis im 1. Quartal 2003 und dem EEX Baseloadpreis (Vorquartal) am Wochenende

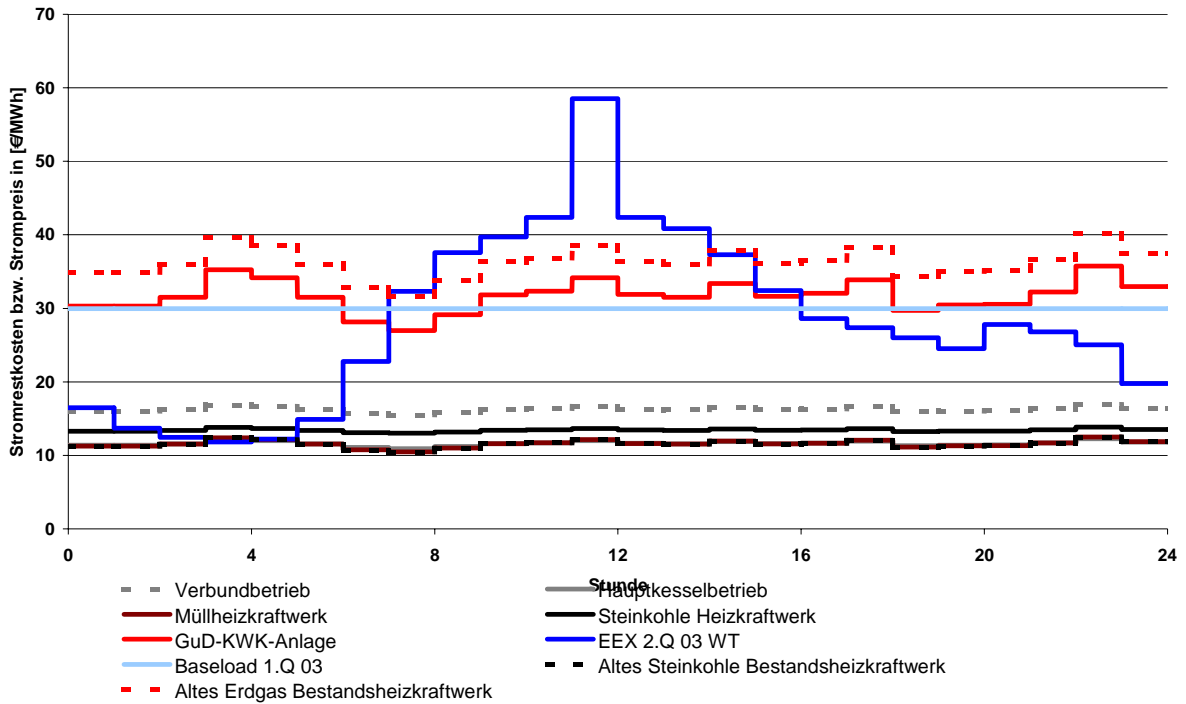


Abbildung 0-3: Stromrestkosten im Vergleich mit dem durchschnittlichen stündlichen Spotmarktpreis im 2. Quartal 2003 und dem EEX Baseloadpreis (Vorquartal) am Werktag

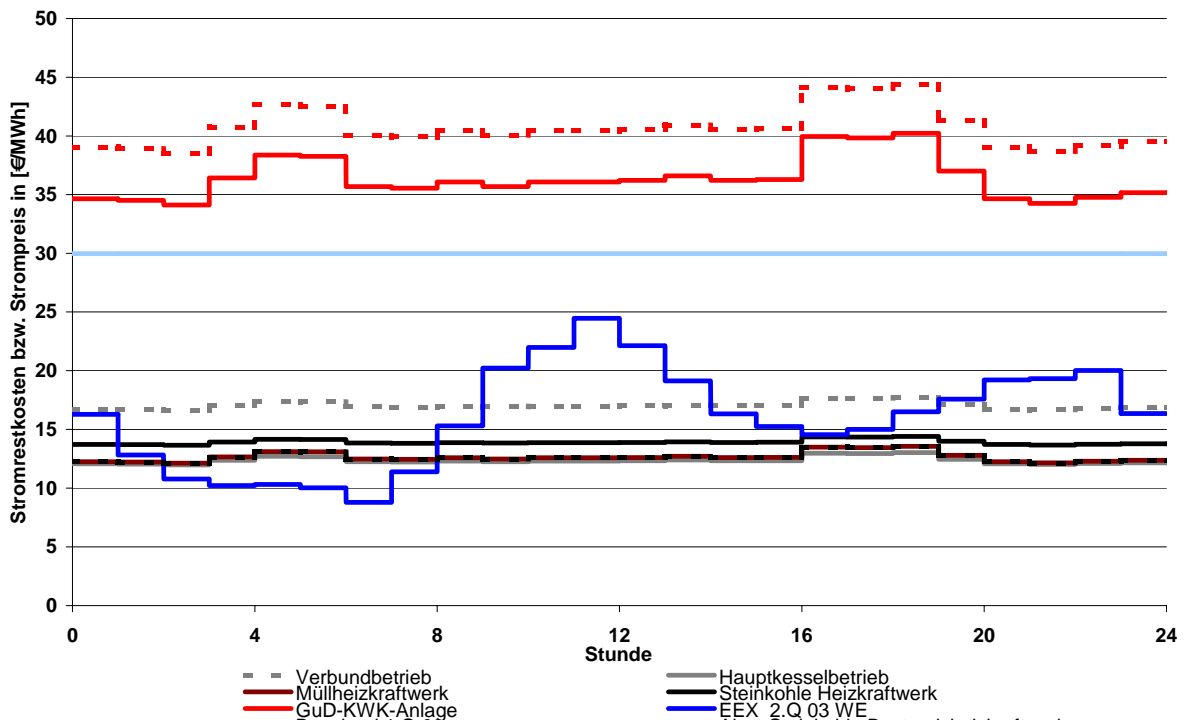


Abbildung 0-4: Stromrestkosten im Vergleich mit dem durchschnittlichen stündlichen Spotmarktpreis im 2. Quartal 2003 und dem EEX Baseloadpreis (Vorquartal) am Wochenende

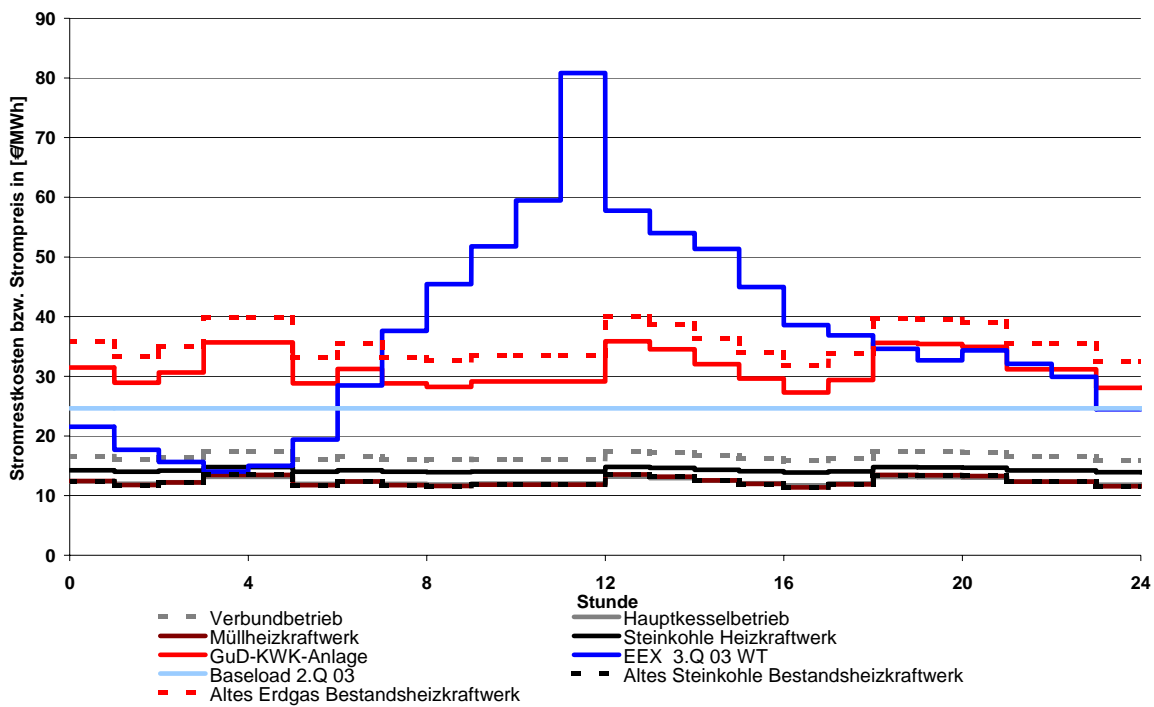


Abbildung 0-5: Stromrestkosten im Vergleich mit dem durchschnittlichen stündlichen Spotmarktpreis im 3. Quartal 2003 und dem EEX Baseloadpreis (Vorquartal) am Werktag

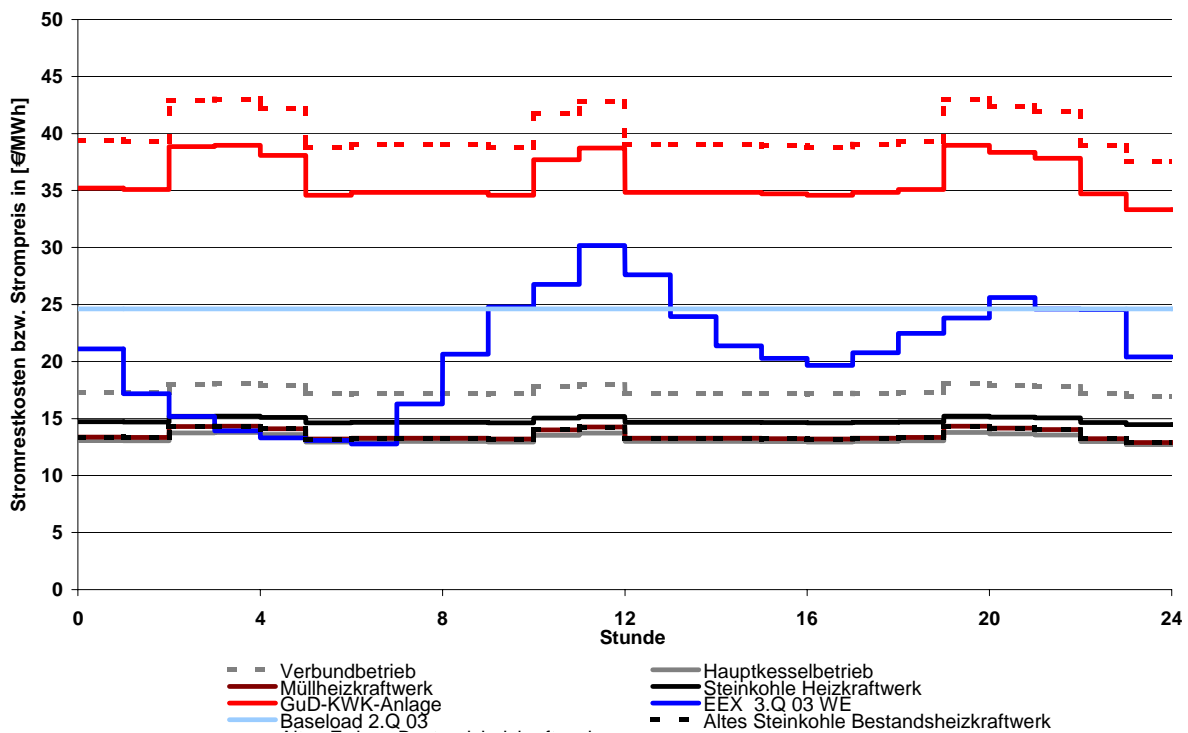


Abbildung 0-6: Stromrestkosten im Vergleich mit dem durchschnittlichen stündlichen Spotmarktpreis im 3. Quartal 2003 und dem EEX Baseloadpreis (Vorquartal) am Wochenende

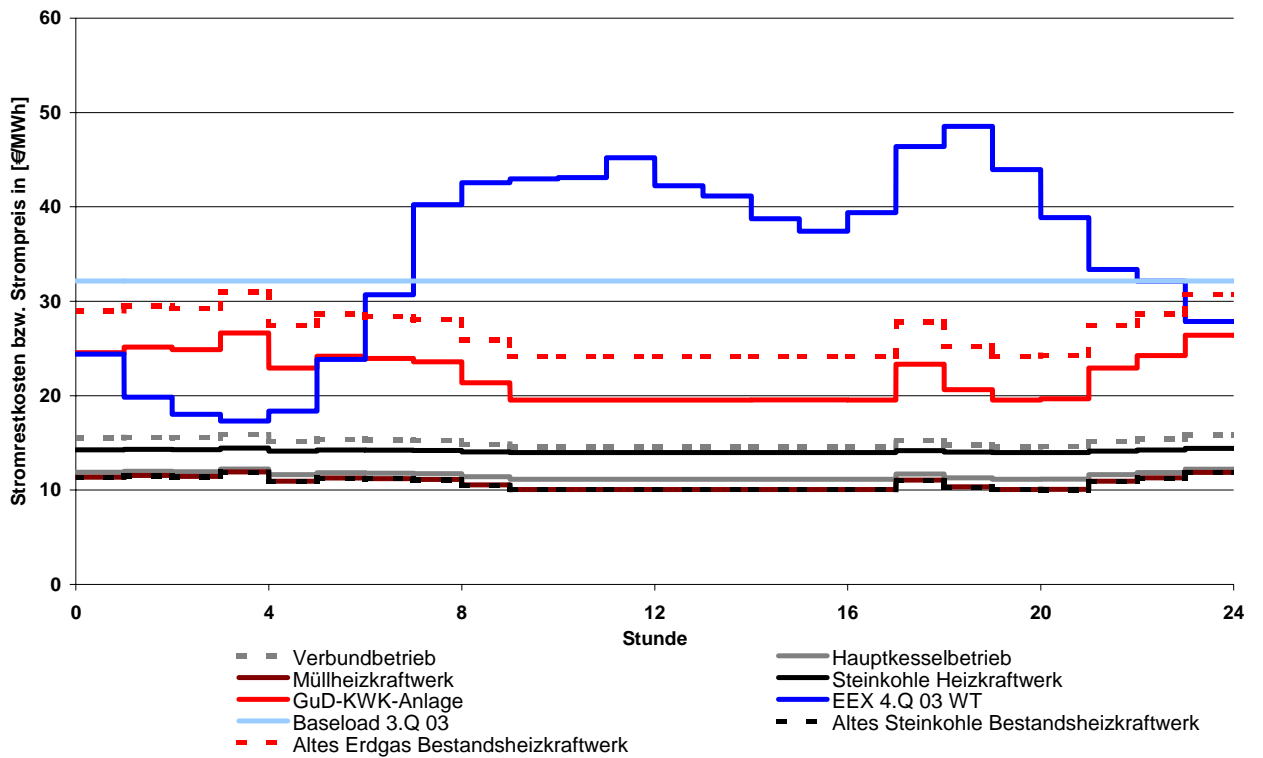


Abbildung 0-7: Stromrestkosten im Vergleich mit dem durchschnittlichen stündlichen Spotmarktpreis im 4. Quartal 2003 und dem EEX Baseloadpreis (Vorquartal) am Werktag

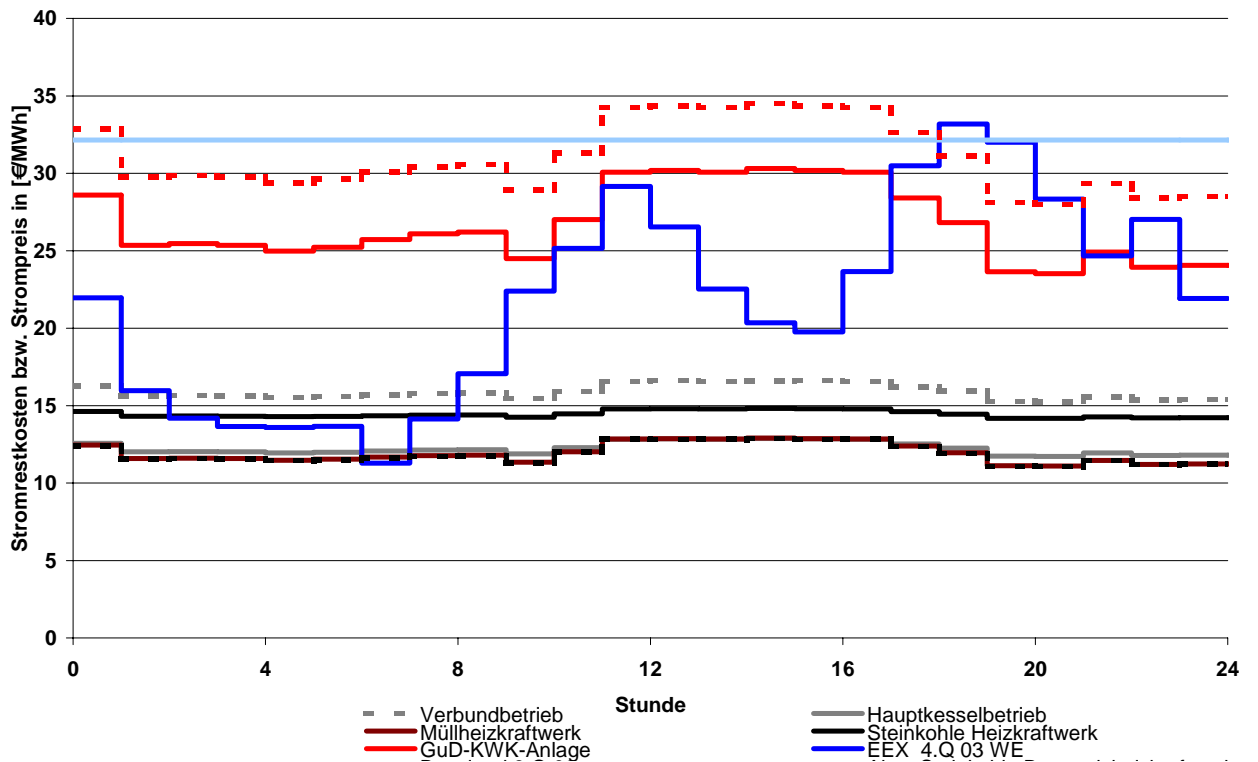


Abbildung 0-8: Stromrestkosten im Vergleich mit dem durchschnittlichen stündlichen Spotmarktpreis im 4. Quartal 2003 und dem EEX Baseloadpreis (Vorquartal) am Wochenende

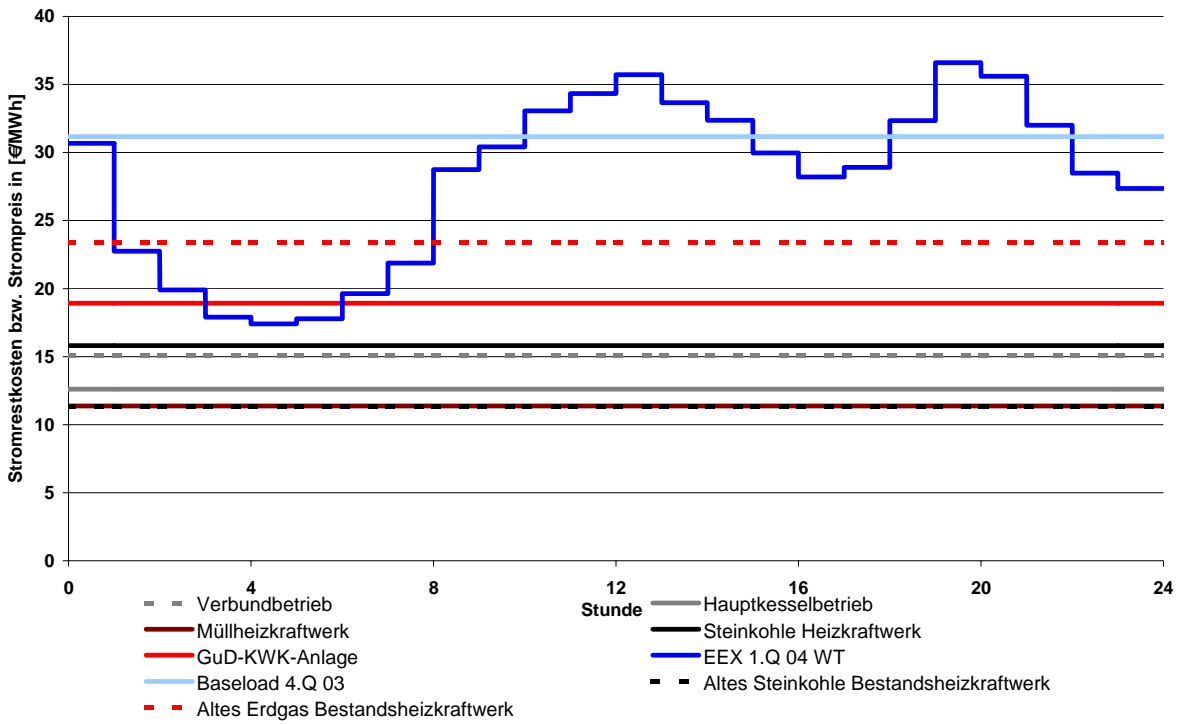


Abbildung 0-9: Stromrestkosten im Vergleich mit dem durchschnittlichen stündlichen Spotmarktpreis im 1. Quartal 2004 und dem EEX Baseloadpreis (Vorquartal) am Werktag

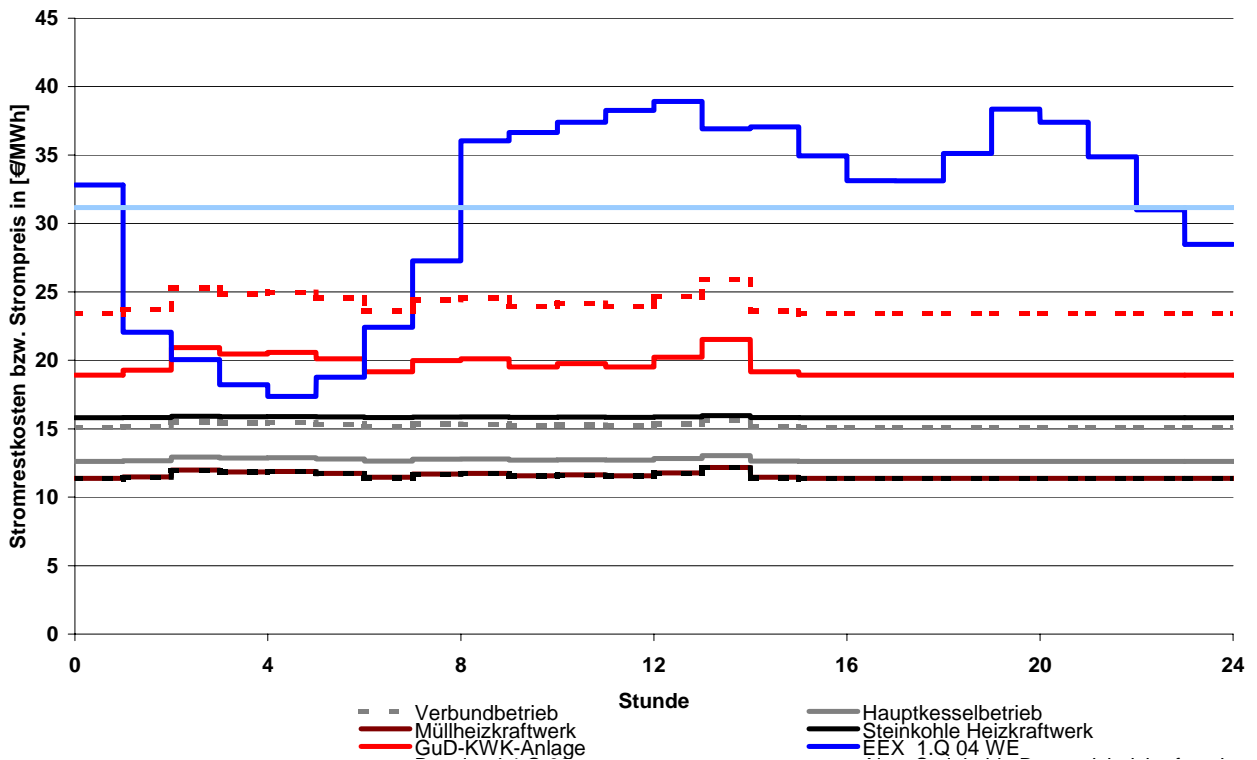


Abbildung 0-10: Stromrestkosten im Vergleich mit dem durchschnittlichen stündlichen Spotmarktpreis im 1. Quartal 2004 und dem EEX Baseloadpreis (Vorquartal) am Wochenende

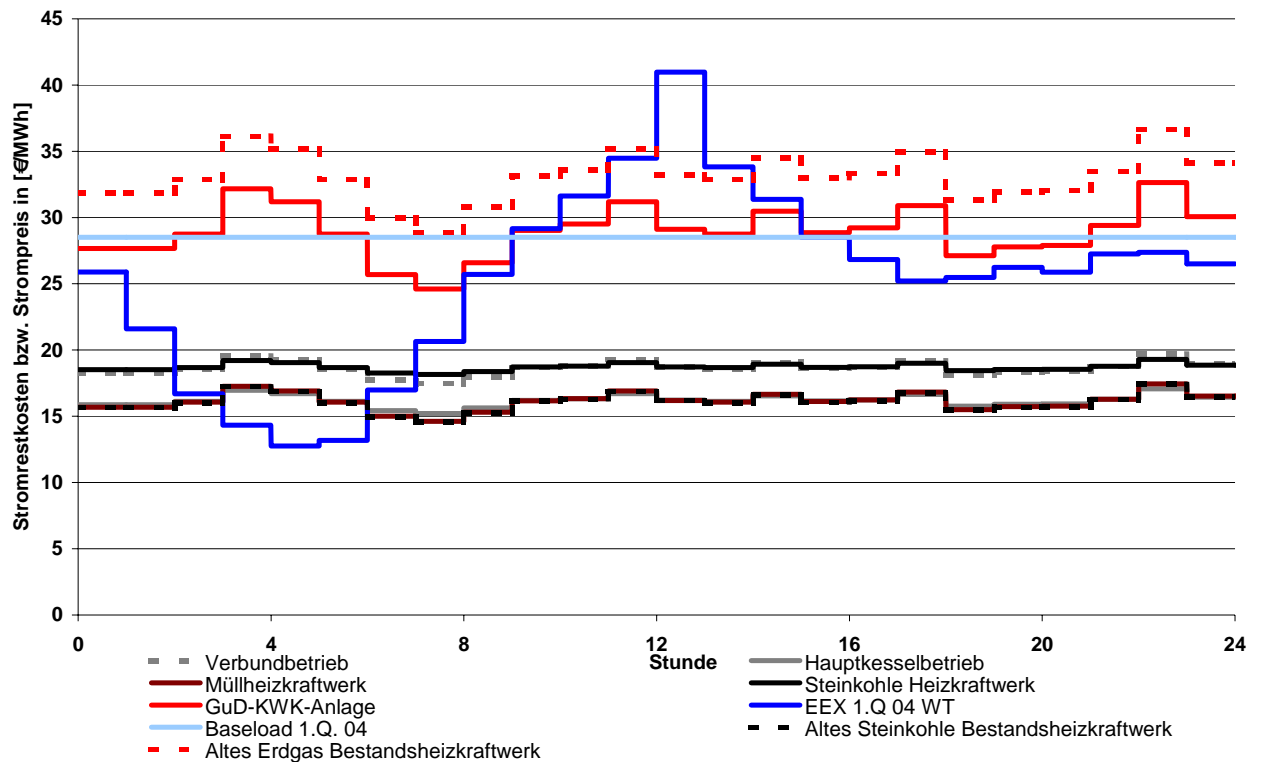


Abbildung 0-11: Stromrestkosten im Vergleich mit dem durchschnittlichen stündlichen Spotmarktpreis im 2. Quartal 2004 und dem EEX Baseloadpreis (Vorquartal) am Werktag

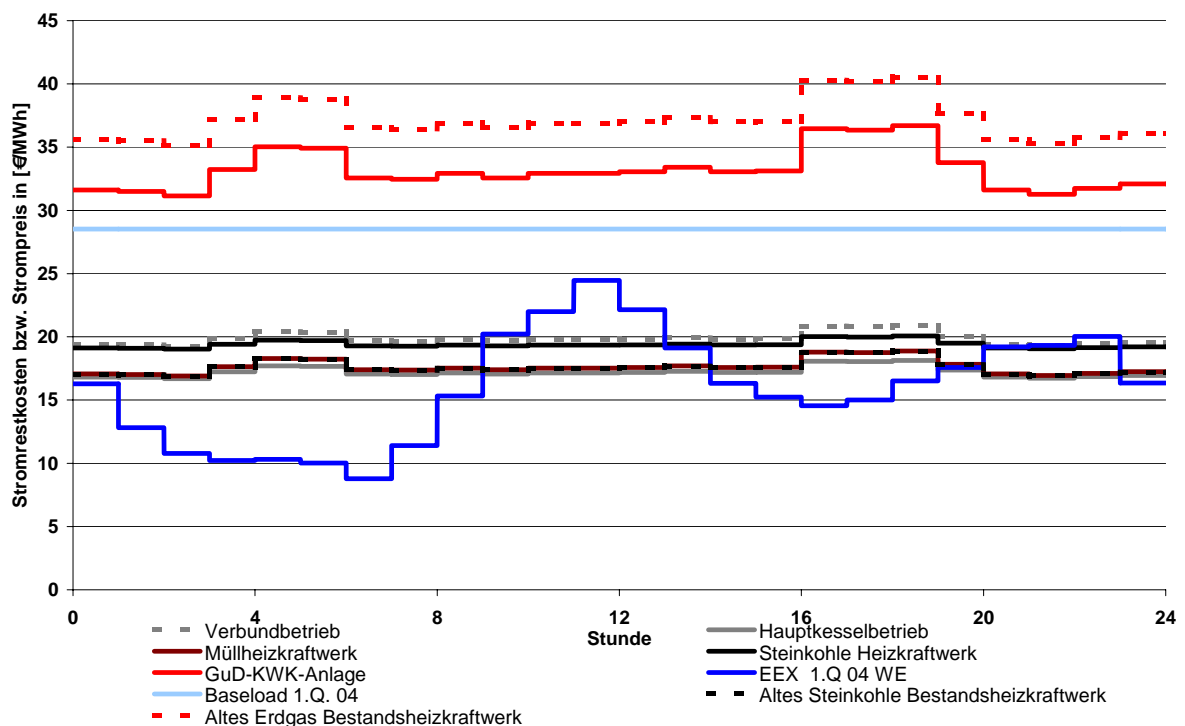


Abbildung 0-12: Stromrestkosten im Vergleich mit dem durchschnittlichen stündlichen Spotmarktpreis im 2. Quartal 2004 und dem EEX Baseloadpreis (Vorquartal) am Wochenende

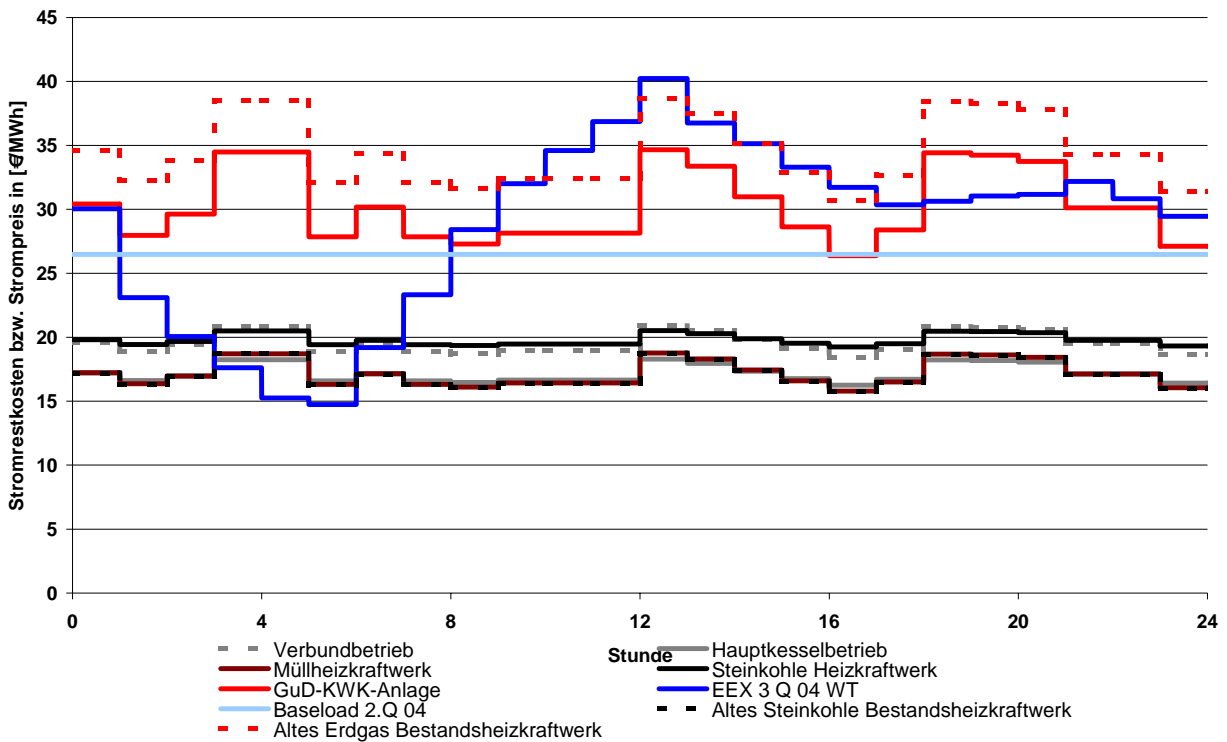


Abbildung 0-13: Stromrestkosten im Vergleich mit dem durchschnittlichen stündlichen Spotmarktpreis im 3. Quartal 2004 und dem EEX Baseloadpreis (Vorquartal) am Werktag

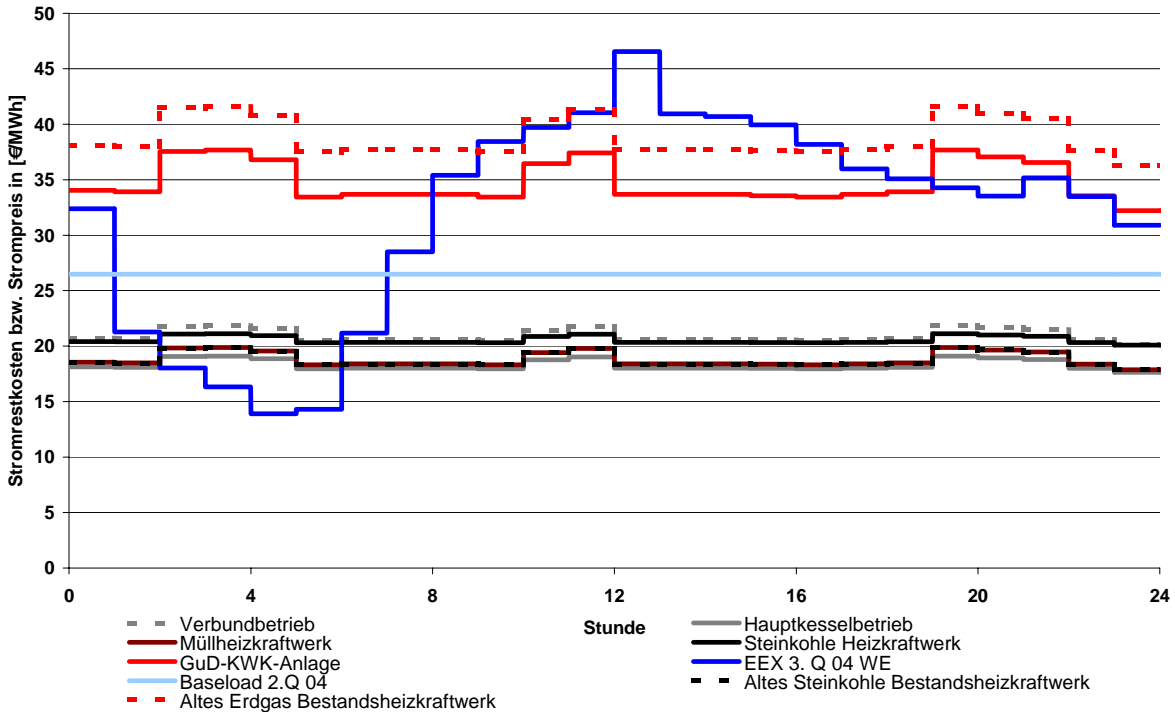


Abbildung 0-14: Stromrestkosten im Vergleich mit dem durchschnittlichen stündlichen Spotmarktpreis im 3. Quartal 2004 und dem EEX Baseloadpreis (Vorquartal) am Wochenende

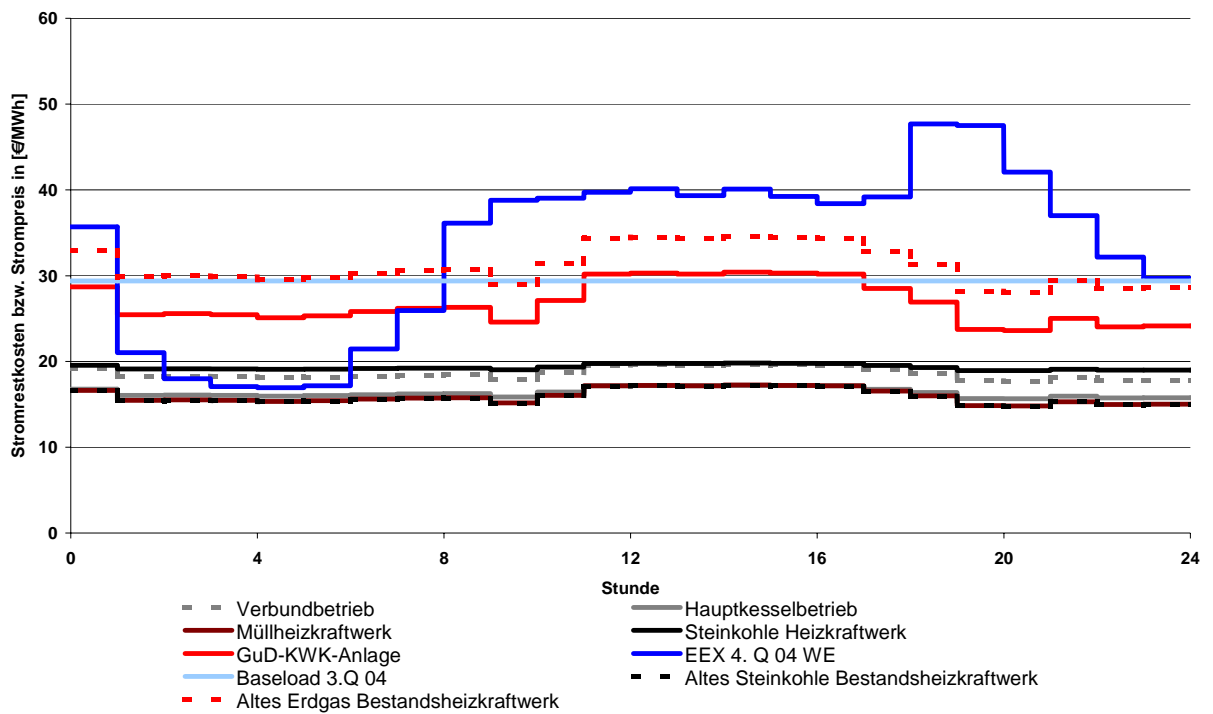


Abbildung 0-15: Stromrestkosten im Vergleich mit dem durchschnittlichen stündlichen Spotmarktpreis im 4. Quartal 2004 und dem EEX Baseloadpreis (Vorquartal) am Wochenende

Anhang C: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung modernisierter KWK-Anlagen

Die Wirtschaftlichkeit modernisierter KWK-Anlagen wurde anhand einer Erdgas-GuD-KWK-Anlage analysiert. Hierbei wurde angenommen, dass die KWK-Anlage eine Stromkennzahl von 1 und einen Gesamtnutzungsgrad von 89 % aufweist. Für die spezifischen Investitionen der Modernisierung wurden 550 €/kW_{el} unterstellt. Für die fixen Wartungs- und Instandhaltungskosten wurden 40 €/kW_{el} a angesetzt. Die durchschnittlichen spezifischen Stromerlöse mit vermiedenen Netznutzungsentgelten (VNE) und mit KWKG-Förderung (vgl. Tabelle C-1) bzw. ohne KWKG-Zuschlag (vgl. Tabelle C-2) sind in Abhängigkeit des Strompreisindex und des Gaspreisindex berechnet worden. Als Basiswert (Index = 100) wurde der EEX-Baseload-Strompreis im 1. Quartal 2003 von 29,97 €/MWh_{el} bzw. der Erdgaspreis frei Kraftwerk von 17,76 €/MWh_{Hu} zugrunde gelegt. Es wurde eine lineare Abschreibungsdauer von 19 Jahren und ein realer Zinssatz von 6 % unterstellt. Die grau hinterlegten Zellen verdeutlichen den Bereich, in dem die modernisierten KWK-Anlagen bei Berücksichtigung des Kapitaldienstes, der fixen Kosten für Betrieb und Wartung der Brennstoffkosten, der Wärmegutschrift und der VNE ein positives Betriebsergebnis erzielen.

Damit wird auch deutlich, dass der Zuschlag nach KWKG, über die gesamte Abschreibungsdauer gesehen, in dem aufgeführten Beispiel annuitätisch gemittelt die durchschnittliche spezifische Stromerlössituation um rund 5 €/MWh_{el} verbessert. Hieraus wird der relativ geringe Einfluss des KWKG-Zuschlags auf das Betriebsergebnis der modernisierten KWK-Anlagen ersichtlich.

Im Vergleich zum 1. Quartal 2003 sind die Erdgaspreise bis zum 3. Quartal 2005 um 22 % und die Strompreise um 44 % angestiegen, dadurch hat sich das Betriebsergebnis der KWK-Anlagen innerhalb dieses Zeitraumes wesentlich verbessert.

Tabelle C-1: Durchschnittliche spezifische Stromerlössituation in €/MWh_{el} modernisierter KWK-Anlagen über deren Abschreibungsdauer mit VNE und mit KWKG-Zuschlag

		Gaspreisindex																				
		50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150
Strompreisindex	50	-33	-32	-31	-30	-29	-28	-27	-26	-25	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-13	-12
	55	-32	-31	-30	-29	-28	-27	-25	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11
	60	-30	-29	-28	-27	-26	-25	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-10	-9
	65	-29	-28	-27	-26	-25	-24	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8
	70	-27	-26	-25	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-7	-6
	75	-26	-25	-24	-23	-22	-21	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5
	80	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-4	-3
	85	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2
	90	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-1	0
	95	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1
	100	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	2	3
	105	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
	110	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	5	6
	115	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
	120	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	8	9
	125	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	130	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12
135	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
140	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	
145	-5	-4	-3	-2	-1	0	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
150	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	18	

Tabelle C-2: Durchschnittliche spezifische Stromerlössituation in €/MWh_{el} modernisierter KWK-Anlagen über deren Abschreibungsdauer mit VNE und ohne KWKG-Zuschlag

		Gaspreisindex																				
		50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150
Strompreisindex	50	-38	-37	-36	-35	-34	-33	-32	-31	-30	-29	-28	-27	-26	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17
	55	-36	-35	-34	-33	-32	-31	-30	-29	-28	-27	-26	-25	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16
	60	-35	-34	-33	-32	-31	-30	-29	-28	-27	-26	-25	-24	-23	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14
	65	-33	-32	-31	-30	-29	-28	-27	-26	-25	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13
	70	-32	-31	-30	-29	-28	-27	-26	-25	-24	-23	-22	-21	-20	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11
	75	-30	-29	-28	-27	-26	-25	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10
	80	-29	-28	-27	-26	-25	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8
	85	-28	-26	-25	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7
	90	-26	-25	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5
	95	-25	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4
	100	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2
	105	-22	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1
	110	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-5	-4	-3	-2	-1	0	1
	115	-19	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2
	120	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-2	-1	0	1	2	3	4
	125	-16	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
	130	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7
135	-13	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
140	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	4	5	6	7	8	9	10	
145	-10	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
150	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	

Anhang D: Wirtschaftlichkeitsanalyse neuer Bestands-KWK-Anlagen in Abhängigkeit der Erdgas- bzw. Strompreisentwicklung

Die Wirtschaftlichkeitsanalyse neuer Bestands-KWK-Anlagen wurde für die in Tabelle 3-2 charakterisierten neuen Bestands-KWK-Anlagen durchgeführt. Für die Indizierung des Erdgas- bzw. Steinkohlepreises frei Kraftwerk bzw. des EEX-Baseload-Strompreises wurde jeweils der Preis im 4. Quartal 2004 als Basiswert unterstellt. Die grau hinterlegten Zellen verdeutlichen den Bereich, in dem die KWK-Anlagen unter Berücksichtigung der variablen Betriebskosten, der Wärmegutschrift, der fixen Kosten für Betrieb und Wartung und der vermiedenen Netznutzungsentgelte (VNE), jedoch ohne KWKG-Zuschlag und ohne Kapitaldienst, ein positives Betriebsergebnis erzielen. Es zeigt sich dabei, dass sich bei steigenden Brennstoffpreisen und/oder steigenden Strompreisen die Erlössituation der KWK-Anlagen jeweils verbessert.

Tabelle D-1: Spezifische Stromerlössituation in €/MWh_{el} neuer Steinkohle Bestands-KWK-Anlagen mit VNE und ohne KWKG-Zuschlag

		Steinkohlepreisindex																					
		50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	
Strompreisindex	50	-8	-7	-6	-6	-5	-4	-4	-3	-2	-2	-1	0	0	1	2	2	3	3	4	5	5	
	55	-6	-5	-5	-4	-4	-3	-2	-2	-1	0	0	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7
	60	-5	-4	-3	-3	-2	-1	-1	0	1	1	2	3	3	4	4	5	6	6	7	8	8	8
	65	-3	-2	-2	-1	-1	0	1	1	2	3	3	4	5	5	6	7	7	8	9	9	10	10
	70	-2	-1	0	0	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8	9	9	10	11	11	11
	75	0	0	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	8	8	9	10	10	11	12	12	13	13
	80	1	2	3	3	4	5	5	6	7	7	8	8	9	10	10	11	12	12	13	14	14	14
	85	3	3	4	5	5	6	7	7	8	9	9	10	11	11	12	13	13	14	15	15	16	16
	90	4	5	6	6	7	8	8	9	9	10	11	11	12	13	13	14	15	15	16	17	17	17
	95	6	6	7	8	8	9	10	10	11	12	12	13	14	14	15	16	16	17	17	18	18	18
	100	7	8	9	9	10	11	11	12	12	13	14	14	15	16	16	17	18	18	19	19	20	20
	105	9	9	10	11	11	12	13	13	14	15	15	16	17	17	18	19	19	20	20	21	21	22
	110	10	11	12	12	13	13	14	15	15	16	17	17	18	18	19	19	20	21	21	22	23	23
	115	12	12	13	14	14	15	16	16	17	18	18	19	20	20	21	21	22	23	23	24	24	25
	120	13	14	14	15	16	16	17	18	18	19	20	20	21	22	22	23	24	24	25	26	26	26
	125	15	15	16	17	17	18	19	19	20	21	21	22	22	23	24	24	25	26	26	27	28	28
	130	16	17	17	18	19	19	20	21	21	22	23	23	24	25	25	26	27	27	28	29	29	29
135	18	18	19	20	20	21	22	22	23	24	24	25	25	26	27	27	28	29	29	30	31	31	
140	19	20	20	21	22	22	23	24	24	25	26	26	27	28	28	29	30	30	31	31	32	32	
145	21	21	22	23	23	24	25	25	26	26	27	28	28	29	30	30	31	32	32	33	34	34	
150	22	23	23	24	25	25	26	27	27	28	29	29	30	31	31	32	33	33	34	34	35	35	

Tabelle D-2: Spezifische Stromerlössituation in €/MWh_{el} neuer Erdgas Bestands-KWK-Anlagen mit VNE und ohne KWKG-Zuschlag

		Gaspreisindex																				
		50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150
Strompreisindex	50	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1
	55	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3
	60	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
	65	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
	70	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
	75	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	80	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	85	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	90	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	95	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	14
	100	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	105	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	16	17
	110	0	1	2	3	4	5	6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	115	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	19	20
	120	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	125	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	21	22	23
	130	6	7	8	9	10	11	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
135	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	23	24	25	26	
140	9	10	11	12	13	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
145	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	25	26	27	28	29	
150	12	13	14	15	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	