

KWK-Studie der AGFW

PLURALISTISCHE WÄRMEVERSORGUNG

Band 1

**Grundlagen der Kraft-Wärme-Kopplung,
Zertifizierungsverfahren und Fördermodelle**

Kurzfassung

STRATEGIEN UND TECHNOLOGIEN EINER PLURALISTISCHEN FERN- UND NAHWÄRME- VERSORGUNG IN EINEM LIBERALISIERTEN ENERGIEMARKT UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER KRAFT-WÄRME- KOPPLUNG UND REGENERATIVER ENERGIEN

Kurztitel

PLURALISTISCHE WÄRMEVERSORGUNG

AGFW-Hauptstudie – Erster Bearbeitungsabschnitt

Band 1

**Grundlagen der Kraft-Wärme-Kopplung, Zertifizierungs-
verfahren und Fördermodelle**

Gesamtprojektleitung:

H. Neuffer, F.-G. Witterhold, Arbeitsgemeinschaft Fernwärme e.V., Frankfurt

Wissenschaftliche Projektleitung:

W. Pfaffenberger, bremer energie institut, Bremen

Bearbeitung:

Gregorzewski, A.; Pfaffenberger, W.; Schulz, W. (federführend)
bremer energie institut, Bremen

Blesl, M.; Fahl, U.; Voß, A.
Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieverwendung der Universität
Stuttgart

Jochem, E.; Radgen, P.; Schmid, Chr.
Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, Karlsruhe

Dribbisch, M.; Sager, J.; Sander, Th.; Zschernig, J.
Institut für Energietechnik der Technischen Universität Dresden

Carter, J.M.; Mauch, W.
Forschungsstelle für Energiewirtschaft, München

Dötsch, Chr.; Fahlenkamp, H.; Hölder, D.
Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik, Oberhausen

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft (BMWi) unter dem Förderkennzeichen 0327280 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

AGFW: Strategien und Technologien einer pluralistischen Fern- und Nahwärmeversorgung in einem liberalisierten Energiemarkt unter besonderer Berücksichtigung der Kraft-Wärme-Kopplung und erneuerbarer Energien. Arbeitsgemeinschaft Fernwärme (AGFW), Band 1: Grundlagen der Kraft-Wärme-Kopplung, Zertifizierungsverfahren und Fördermodelle
Frankfurt, März 2001.

Inhaltsverzeichnis

0	Vorwort.....	7
1	Kurzfassung der Ergebnisse des ersten Abschnittes: Grundlagen der KWK, Zertifizierungsverfahren und Fördermodelle	11
1.1	Was ist KWK?	11
1.2	Was leistet KWK?	11
1.3	Welche Effizienzvorteile bietet KWK?	11
1.4	In welcher Weise kann KWK einen Beitrag zum Klimaschutz leisten?.....	12
1.5	Wie soll KWK gefördert werden?	13
2	Ziele der Hauptstudie	15
3	KWK-Förderung	19
3.1	Ziele und Randbedingungen	19
3.2	Zum KWK-Vorschaltgesetz	21
3.3	KWK am Strommarkt	21
3.4	Förderinstrumente	22
3.4.1	Steuern/Abgaben	23
3.4.2	Beihilfen	24
3.4.3	Preisregelungen	24
3.4.4	Mengenregelungen	24
3.5	Überschlägige Ermittlung des Förderbedarfs	28
4	Zertifizierung als Voraussetzung der Förderung	30
4.1	Bestimmung der KWK-Stromerzeugung	31
4.2	Vorgeschlagene Verfahren zur Qualitätsabgrenzung.....	34
4.2.1	Einfache Kriterien.....	35
4.2.2	KWK-Wirkungsgrad (Tolle).....	36
4.2.3	Definierter KWK-Strom (AGFW-Vorschlag).....	36
4.2.4	Zero-Strom	36
4.2.5	Brennstoffbewertung über Vergleichsmärkte (Dittmann).....	37
4.2.6	Δ PE-Kriterium (Wuppertal-Institut)	37
4.2.7	Δ CO ₂ -Kriterium (Wuppertal-Institut)	37

4.3	Vergleichende Bewertung	37
4.3.1	Numerischer Vergleich	37
4.3.2	Vergleichende Bewertung	40
4.4	Rahmenbedingungen zur Durchführung der Zertifizierung	42
4.4.1	Grundmuster der Zertifizierung	42
4.4.2	Organisatorische Anforderungen	44
4.4.3	Ablauf der Zertifizierung	47
4.4.4	Aufwand	49
4.5	Vorbereitung der Zertifizierung, exemplarische anlagenscharfe Beschreibung deutscher KWK-Anlagen	49
4.5.1	Beispiele der öffentlichen KWK.....	50
4.5.2	Beispiele der industriellen KWK	53
4.5.3	KWK-Anlagen mit regenerativen Energien.....	55
4.6	Überschlägige Ermittlung der KWK-Strommenge nach Zertifizierungs- kriterien	56
4.6.1	Strommenge nach dem AGFW-Vorschlag in der öffentlichen KWK.....	57
4.6.2	Strommenge nach dem AGFW-Vorschlag in der industriellen KWK.....	59
5	Beschreibung und Analyse der Quotenmodelle und des Zertifikathandels ..	63
5.1	Grundausrichtungen.....	63
5.2	Elemente einer optimalen Mindestanteilsregelung.....	64
5.3	Erforderliche Infrastruktur.....	66
6	Analyse und vergleichende Bewertung von Fördermaßnahmen.....	69
6.1	Konkretisierung der Instrumente	69
6.2	Bewertung	70
7	Zusammenfassung.....	75
8	Quellen.....	77

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 0-1:	Quantifizierung der Maßnahmen zum Erhalt/Ausbau der KWK.....	9
Abbildung 0-2:	Stromerzeugungskosten neuer KWK-Anlagen im Vergleich zu den Bedingungen des Strommarktes (gemäß AGFW-Vorstudie)..	10
Abbildung 0-3:	Beitrag verschiedener Maßnahmen zur Schließung der CO ₂ -Minderungslücke im Jahr 2005.....	10
Abbildung 2-1:	Gedankliches Grundmuster.....	16
Abbildung 2-2:	Struktur des Vorhabens.....	17
Abbildung 3-1:	Entwicklung des Kraftwerksparks in Deutschland	19
Abbildung 3-2:	Geordnete Erzeugungskosten eines Kraftwerksparks (merit order), in Abhängigkeit von durch die momentane Nachfrage erlösten Preisen und hieraus resultierende zusätzliche Deckungsbeiträge einzelner Kraftwerksgruppen.....	21
Abbildung 3-3:	Ansatzpunkte der Förderung.....	23
Abbildung 3-4:	Zertifikatmodell am Beispiel Wärme	26
Abbildung 4-1:	Primärenergieeinsparung und Nutzungsgrade	38
Abbildung 4-2:	CO ₂ -Minderung von KWK-Anlagen gegenüber einem Referenzsystem der getrennten Erzeugung	39
Abbildung 4-3:	Einordnung der Anlagen nach Stromerzeugung bezüglich der Energieeinsparung gegenüber den Referenzsystemen – Stromerzeugung bereinigt um Kondensationsstromanteil (n=197)	60
Abbildung 4-4:	Einordnung der Anlagen nach Stromerzeugung bezüglich der CO ₂ -Einsparung gegenüber den Referenzsystemen – Stromerzeugung bereinigt um Kondensationsstromanteil (n=197)	61

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1-1:	Primärenergievorteil der gekoppelten Erzeugung bei neuen Anlagen	12
Tabelle 3-1:	Ziele und Randbedingungen der KWK-Förderung.....	20
Tabelle 3-2:	Möglichkeiten für Mengenbeschränkungen bei KWK	25
Tabelle 3-3:	Preisbildungsprobleme bei Zertifikaten.....	26
Tabelle 3-4:	Modellrechnung zum jährlichen Förderbedarf bei einem konstanten anlegbaren Strompreis.....	29
Tabelle 4-1:	Bewertungskriterien.....	30
Tabelle 4-2:	Übersicht der bearbeiteten KWK-Qualitätskriterien	35
Tabelle 4-3:	Bewertung verschiedener Zertifizierungsverfahren	41
Tabelle 4-4:	Auswirkungen der Förderkriterien auf die KWK-Anlagen der öffentlichen Versorgung (Teil 1).....	52
Tabelle 4-5:	Auswirkungen der Förderkriterien auf die KWK-Anlagen der öffentlichen Versorgung (Teil 2).....	53
Tabelle 4-6:	Auswirkungen der Förderkriterien auf die betrachteten Industrie-KWK-Anlagen	55
Tabelle 4-7:	Anwendbarkeit der untersuchten Zertifizierungskriterien für KWK auf der Basis regenerativer Energien	56
Tabelle 4-8:	Daten zu den Heizkraftwerken der öffentlichen KWK aus dem Hauptbericht der Fernwärmeversorgung 1999 der AGFW	58
Tabelle 4-9:	Stromerzeugung im Bestand der öffentlichen KWK-Anlagen in Deutschland in 1999 gemäß dem AGFW-Vorschlag	58
Tabelle 4-10:	Vergleich der erfassten Stromerzeugung mit der VIK-Statistik	59
Tabelle 4-11:	CO ₂ -Einsparungen durch den betrachteten KWK-Anlagenbestand gegenüber Referenzsystem II.....	62
Tabelle 6-1:	Bewertung von KWK-Fördermodellen	74

Strategien und Technologien einer pluralistischen Fern- und Nahwärmeversorgung in einem liberalisierten Energiemarkt unter besonderer Berücksichtigung der Kraft-Wärme-Kopplung und regenerativer Energien

0 Vorwort

Mit der Verabschiedung des Energiewirtschaftsgesetzes und der Liberalisierung des Strommarktes haben sich die Wettbewerbsbedingungen für die KWK grundlegend geändert. Der Gebietsschutz ist aufgehoben und die klassische Rollenverteilung Verbundversorger, regionale Versorger und kommunale EVU wird zunehmend aufgelöst. Der Wettbewerb hat zu einem erheblichen Preisverfall auf dem Strommarkt geführt, der nicht nur die Sondervertragskunden, sondern auch die privaten Endkunden erreicht hat. Bei den derzeit vorhandenen Überkapazitäten im Erzeugungspark in Deutschland und Westeuropa wird der Preiskampf auf dem Niveau kurz-/mittelfristiger Grenzkosten geführt. Verteilungskosten für Netzebenen und Umspannung hingegen werden gemäß Verbändevereinbarung zu 100 % als Durchleitungskosten ausgewiesen, d. h., Vollkosten der Stromverteilung werden im Regelfall erlost.

Im Vertrieb müssen Elektrizitätsversorgungsunternehmen (EVU) mit und ohne Eigenenerzeugung bestehen und marktfähige Preise bieten. Verteilerunternehmen, die zu 100 % Strom beziehen, profitieren zur Zeit noch von der Liberalisierung. Preisrückgänge im Einzelhandel werden durch günstige Bezugsbedingungen auf der Großhandelsebene überkompensiert. Mittel- und langfristig dürften bei nivellierten Großhandelspreisen und gesteigerter Wechselbereitschaft der Endkunden jedoch die Margen des Stromverkaufs abschmelzen und nur noch Angebote mit „Mehrwert“ (= Dienstleistungen) marktfähig sein.

In der im März 2000 abgeschlossenen Vorstudie „Strategien und Technologien einer pluralistischen Fern- und Nahwärmeversorgung in einem liberalisierten Energiemarkt unter besonderer Berücksichtigung der Kraft-Wärme-Kopplung und regenerativer Energien“ wurde dargelegt, dass die sofortige vollständige Liberalisierung in der Marktberaumungsphase zu Lasten der Unternehmen geht, die in der Vergangenheit in umweltpolitisch gewünschte KWK-Anlagen investiert hatten. KWK-Anlagen mit Erzeugungskosten von 6-12 Pf/kWh_e belasten bei Großhandelspreisen frei Stadtnetz von auch derzeit noch 4 bis 5 Pf/kWh die EVU bzw. von wenig höheren Preisen frei Betriebsgrenze die industrielle Kraftwirtschaft.

Die Marktberaumung im Zuge der Liberalisierung mit Preisen auf dem Niveau kurzfristiger Grenzkosten ist für alle Unternehmen, die KWK-Anlagen betreiben, problematisch. Für die kommunalen EVU gilt, dass sie mit ihrem hohen Anteil an Stromeigenenerzeugung in KWK-Anlagen infolge der im Querverbund übernommenen Aufgaben der Daseinsvorsorge (u. a. ÖPNV) meist fehlenden Rückstellungen der neuen Situation nur kurzfristig gewachsen sind. Die Erfolge der Rationalisierungsmaßnahmen und Erträge aus neuen Geschäftsfeldern (wie z. B. Anlagen-Contracting und Gebäudemanagement) werden sich erst mittelfristig auswirken und können kurzfristige Ergebniseinbrüche nicht kompensieren. Mit Hilfe des im April 2000 in Kraft getretenen KWK-(Vorschalt-)Gesetzes sollte zumindest der Wettbewerbsnachteil der KWK-betreibenden öffentlichen Unternehmen kompensiert werden, jedoch weisen die darin enthaltenen Regelungen Schwächen auf, so dass die zusätzlich einfließen-

den Gutschriften wenig kalkulierbar und damit weiterhin Stilllegungen und ein Rückbau bestehender Anlagen nicht ausgeschlossen sind.

Negative Entwicklungen vollziehen sich unter anderen Gesichtspunkten auch in der industriellen KWK, die zwar aufgrund der besseren Auslastung durch den Wärmebedarf meist günstigere Voraussetzungen hat, jedoch im KWK-Gesetz überhaupt nicht berücksichtigt ist.

Konträr zu diesen Entwicklungen werden der KWK aufgrund ihrer höheren Energienutzung im Rahmen der vorhandenen Ziele zur CO₂-Minderung, d. h.,

- der Selbstverpflichtung der deutschen Bundesregierung zur 25%-igen Reduktion bis zum Jahr 2005, sowie
- des verbindlichen EU-Beschlusses zum Burden Sharing im Rahmen der internationalen Verpflichtung des Protokolls von Kyoto der EU mit einer Minderung der Treibhausgase von 21 % für Deutschland bis 2008/2012 von der Energie- und Klimapolitik und
- laut Beschluss des Bundeskabinetts zum Klimaschutzprogramm vom 26.07.2000, durch einen zusätzlichen Ausbau der KWK-Erzeugung bis 2010 weitere 23 Mio. t CO₂/a einzusparen,

eine bedeutende Rolle zugewiesen.

In der im Frühjahr 2000 abgeschlossenen Vorstudie „Strategien und Technologien einer pluralistischen Fern- und Nahwärmeversorgung in einem liberalisierten Energiemarkt unter besonderer Berücksichtigung der Kraft-Wärme-Kopplung und regenerativer Energien“ wurde zunächst durch Analyse der Ausgangssituation die notwendige Basis hergestellt, um die verschiedenen Technologielinien der KWK zu bewerten und geeignete Strategien zu deren Erhalt und Ausbau empfehlen zu können. Dabei haben sich die für den Zeitraum bis 2005 vorgenommenen Analysen der Marktbedingungen der KWK an dem in Abbildung 0–1 dargestellten Grundschemata orientiert. Dies beinhaltet,

- Erzeugungskosten der Siedlungs-KWK und der industriellen Kraftwärmewirtschaft anhand von geeigneten Beispielen („Bandbreite einer KWK-Technologielinie“),
- Entwicklung der vollen nach merit order untergliederten Erzeugungskosten des deutschen Kraftwerksparks („Vollkosten Strom“) und
- Strompreisentwicklung in der Marktanpassungsphase mit Hilfe eines Simulationsmodells, das Strompreise eines idealen Spotmarktes für Überschussstrom abbildet („Strompreise im Grenzkostenmarkt“).

Hieran anschließend konnte der jeweilige Abstand der Stromerzeugungskosten der KWK zu den Grenzkosten bzw. Vollkosten im Strommarkt aufgezeigt und so das durch die Liberalisierung induzierte (beide „Deltas“ der Abbildung 0–1 zusammengefasst) und das technologiebedingte, durch einen „Mehrwert“ aufzuwiegende Defizit der KWK quantifiziert werden (oberes „Delta“).

KWK-Anlagen im Strommarkt

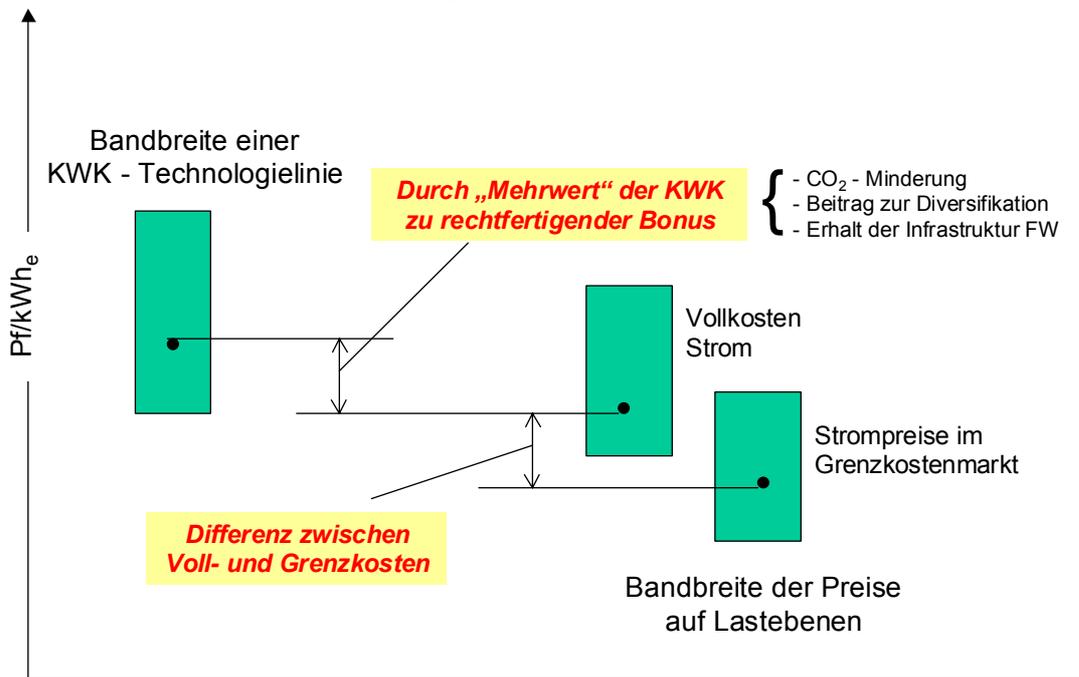
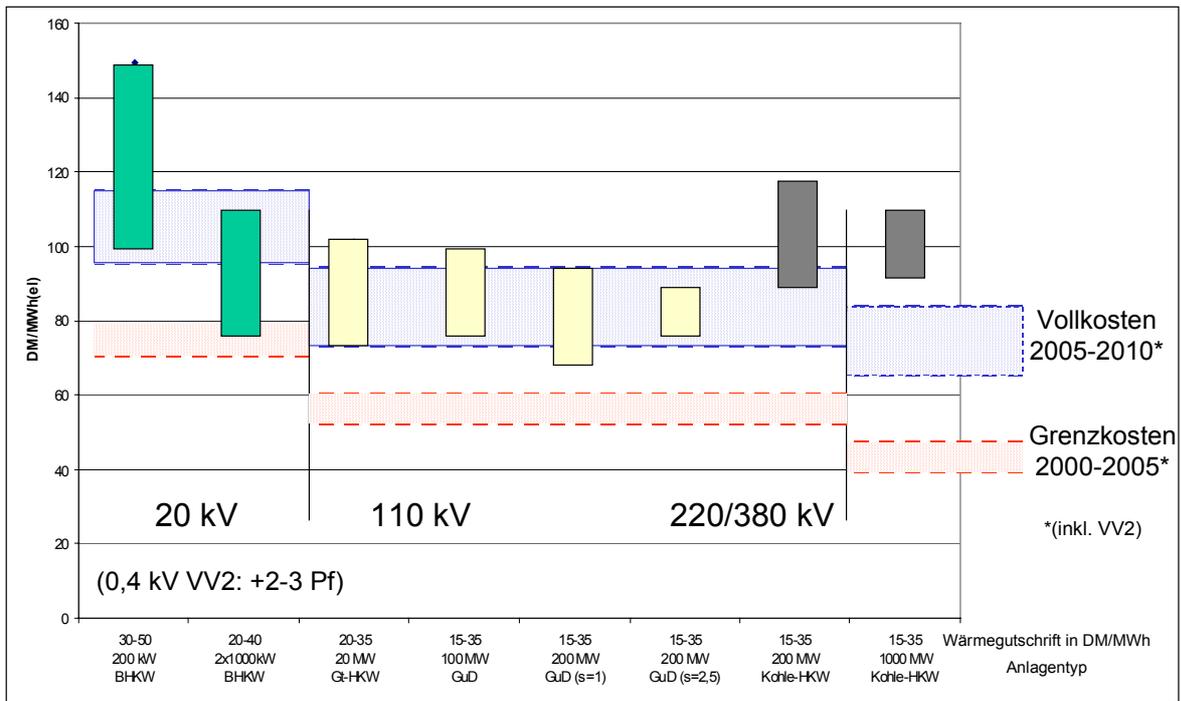


Abbildung 0-1: Quantifizierung der Maßnahmen zum Erhalt/Ausbau der KWK

Ein Ergebnis dieser Betrachtung war, dass das überwiegende Spektrum an neuen KWK-Anlagen unter Vollkostenbedingungen und unter Einrechnung von Netzgutschriften konkurrenzfähig ist, aber in einem Grenzkostenmarkt auf einen Bonus von 2,5 bis 4,5 Pf./kWh (25 bis 45 DM/MWh) je nach Wärmeerlös angewiesen ist (siehe Abbildung 0–2).

In einem weiteren Abschnitt der Vorstudie ist mit Hilfe des Gesamtenergiemodells E³Net untersucht worden, mit welchem Maßnahmenbündel sich Klimaschutz kostenminimal realisieren lässt. Dabei hat sich ergeben, dass dem KWK-Ausbau eine hohe Priorität zukommt. Er wäre geeignet, eine zu erwartende Lücke zur Erfüllung der *nationalen Selbstverpflichtung einer 25%-igen Reduktion der CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2005* zu ca. 40 % abzudecken. Wie aus Abbildung 0–3 hervorgeht, stellt der KWK-Ausbau damit die bedeutendste Einzelmaßnahme dar.

Die dargestellten Ergebnisse der Vorstudie stellen ein hohes Maß an Rechtfertigung der KWK-Förderung dar, mit deren Ausgestaltung sich dieser Beitrag (Arbeitsabschnitt 1) beschäftigen wird.



Grenzkosten (unten 2000, oben 2005)

Vollkosten des Kond.-Anlagenparks (unten 2005, oben 2010)

Balken: Stromerzeugungskosten der KWK-Referenzanlagen in Abhängigkeit von Wärmegutschriften, unterteilt nach Netzeinspeisungsebenen (Entgelte gemäß VV2), Auslastung 4000 h/a

Abbildung 0-2: Stromerzeugungskosten neuer KWK-Anlagen im Vergleich zu den Bedingungen des Strommarktes (gemäß AGFW-Vorstudie)

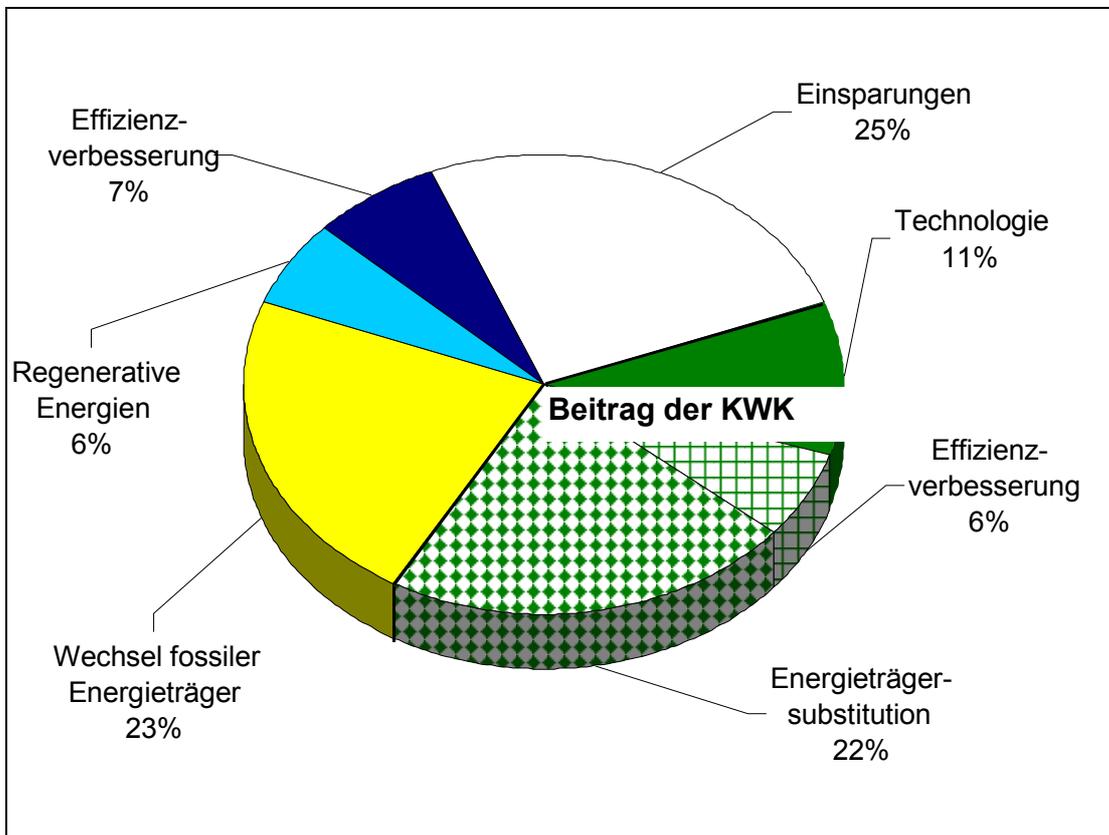


Abbildung 0-3: Beitrag verschiedener Maßnahmen zur Schließung der CO₂-Minderlücke im Jahr 2005

1 Kurzfassung der Ergebnisse des ersten Abschnittes: Grundlagen der KWK, Zertifizierungsverfahren und Fördermodelle

1.1 Was ist KWK?

Für die Wärmeerzeugung eingesetzte Brennstoffe können in einer Art Kaskade zunächst zur Stromerzeugung eingesetzt werden. Dadurch ergibt sich eine sehr gute Ausnutzung der eingesetzten Energie. Grundsätzlich können viele in der Stromerzeugung eingesetzte Anlagen Wärme auskoppeln. Der genannte Vorteil ergibt sich jedoch nur, wenn Wärme und Strom tatsächlich gekoppelt erzeugt werden. So ist es für eine Beurteilung von Anlagen, die eine Flexibilität der Wärmeauskopplung gegenüber der Stromerzeugung aufweisen, erforderlich, den Anteil der gekoppelten Erzeugung zu bestimmen. Die Diskussion um KWK kann durch eine einheitliche Abgrenzung versachlicht werden. Hierfür bietet das „AGFW-Kriterium“ eine gute Grundlage: Es kommt nicht auf den potenziellen, sondern auf den tatsächlichen Betrieb der Anlagen an. Grundlage einer wie auch immer gearteten Förderung muss daher eine Zertifizierung des KWK-Stroms sein.

1.2 Was leistet KWK?

Zur Bewertung der KWK-Leistung ist es notwendig, Vergleichsrechnungen durchzuführen. Ungekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme muss mit gekoppelter Erzeugung verglichen werden. Dabei kommt es auf die richtige Abgrenzung („Definition der Bilanzräume“) an. Es geht einmal um die Frage von „neu“ gegen „alt“, zum anderen um die Frage gemessener oder theoretischer Wirkungsgrade und schließlich um die Frage des Vergleichs von Brennstoffen. Zur Bewertung der Leistung der vorhandenen KWK ist es richtig, den Bestand von KWK-Anlagen mit dem Anlagenbestand der ungekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme zu vergleichen. Dass dabei tatsächliche Nutzungsgrade zugrunde zu legen sind und nicht theoretische Werte, versteht sich ebenfalls von selbst.

Wesentlich relevanter erscheint im Zusammenhang mit der politischen Forderung eines verstärkten Klimaschutzes die Frage, welche Beiträge KWK in Zukunft leisten kann. Hier handelt es sich dann um einen Vergleich „neu“ gegen „neu“. Auch hier besteht die Problematik des Brennstoffvergleichs. Dabei muss man berücksichtigen, dass in Deutschland mit dem allmählichen Rückgang der Stromerzeugung aus Kernenergie in zusätzlichem Umfang fossile Energieträger eingesetzt werden müssen. Aus dem Gesichtspunkt der Risikomischung folgt, dass ein einseitiges Setzen auf nur einen Energieträger zu großen volkswirtschaftlichen Nachteilen führen kann. Dem gemäß müsste auch in Zukunft die Kohle eine erhebliche Rolle spielen.

KWK-Anlagen verdrängen zu einem großen Teil Erdgaseinsatz in Heizkesseln und bieten eine bestmögliche Ausnutzung der eingesetzten Energie, so dass der Gaseinsatz in diesem Segment der Stromerzeugung ohne weiteres vertretbar ist.

1.3 Welche Effizienzvorteile bietet KWK?

Gekoppelte gegenüber ungekoppelter Erzeugung weist den Vorteil höherer Energieeffizienz auf. Dieser *Technologieeffekt* hängt von den verglichenen Systemen ab. Bei einem Vergleich „neu“ gegen „neu“ beträgt er bis zu 47 %, wenn Kraft-Wärme-Kopplung auf Erdgasbasis an die Stelle von Kohle-Kondensationsanlagen tritt (vgl.

Tabelle 1–1), und bis zu 26 %, wenn Kraft-Wärme-Kopplung auf Erdgasbasis an die Stelle von GuD-Kondensationsanlagen tritt.

Tabelle 1-1: Primärenergievorteil der gekoppelten Erzeugung bei neuen Anlagen (Quelle: bremer energie institut)

Gekoppeltes System	Ungekoppeltes System		Primärenergievorteil %
	Strom	Wärme	
BHKW	GuD	Heizkessel	14-17%
BHKW Brennwert	GuD	Brennwert	22-26%
BHKW	KohleKond.	Heizkessel	33-37%
BHKW Brennwert	KohleKond.	Brennwert	41-47%
GuD HKW	GuD	Heizkessel	19-23%
GuD HKW	KohleKond.	Heizkessel	40-46%
Kohle-HKW	KohleKond.	Heizkessel	9-16%
Dargestellt ist jeweils Strom ab Kraftwerk und Wärme ab Erzeugungssystem.			

Energiepolitisch ist dies hoch relevant: In Deutschland kann die Energieeffizienz dadurch verbessert werden, dass zum Heizen eingesetztes Gas zusätzlich zur Stromerzeugung beiträgt und damit die Primärenergiebilanz entlastet. Dies schafft die Voraussetzung dafür, trotz Klimarestriktion im Stromsektor auch weiterhin Kohle einzusetzen, was aus Diversifikationsgründen dringend geboten ist.

Der volkswirtschaftliche Wert der KWK bemisst sich dann wesentlich nach ihrem Beitrag zur Stabilisierung der Energiepreise insgesamt, ohne dass sich dies betriebswirtschaftlich für den Betreiber als positiver Faktor darstellt. Dazu kommt der Beitrag zum Klimaschutz (s. u.).

1.4 In welcher Weise kann KWK einen Beitrag zum Klimaschutz leisten?

Von zentraler Bedeutung zur künftigen Entfaltung der KWK ist der Erhalt vorhandener Standorte und das Ausschöpfen weiterer Potentiale. Der Zubau neuer Anlagen und der Ersatz vorhandener Anlagen wird durch einen weit überwiegenden Einsatz von Erdgas gekennzeichnet sein. Dadurch kommt nicht nur die generell bessere Energieausnutzung von KWK, sondern zusätzlich die günstigeren Klimaeigenschaften des Brennstoffes zum Tragen. Dazu kommen brennstoffspezifische technologische Vorteile.

Gerade bei den gasbetriebenen KWK-Anlagen haben sich in den letzten Jahren erhebliche technische und wirtschaftliche Verbesserungen ergeben, so dass in allen Größenklassen effiziente Anlagen zur Verfügung stehen, die sich vielen örtlichen Gegebenheiten gut anpassen lassen. Großräumige Wärmenetze weisen zwar weiterhin Vorteile auf, sind daher aber nicht die Voraussetzung für den Einsatz der KWK. Dies gilt insbesondere für industrielle KWK-Anlagen, bei denen durch den Prozesswärmebedarf hohe Wärmebedarfsdichten vorliegen und die vorhandenen betriebsinternen Verteilnetze genutzt werden können.

Die existierenden Anpassungsmöglichkeiten bieten genügend Spielraum, dass die KWK-Lösungen sich an Bedingungen eines (vor allem infolge von Wärmeschutzmaßnahmen) sinkenden Wärmebedarfs, der ja unter Klimaschutz Gesichtspunkten

anzustreben ist, angepasst werden können. Auch im Rahmen der Industrie sind vorhandene KWK-Potentiale noch in erheblichem Maße ungenutzt.

Im Heizungsbereich dringt das Erdgas immer weiter vor. Wenn da, wo Wärme erzeugt werden muss, auch gleichzeitig Strom erzeugt werden kann, so kann dies längerfristig einen Teil der Lücke füllen, die durch den Wegfall der Kernenergie entstehen wird. Gleichzeitig ergibt sich daraus auch die Öffnung für neue technologische Entwicklungen, wie Brennstoffzelle oder den Einsatz von Biomasse in Heizkraftwerken. Die Brennstoffzellentechnologie wird ihre höchste Effizienz nicht beim Einsatz in dezentralen Heizkesseln, sondern in Form größerer Einheiten entfalten können, für die im Siedlungsbereich eine Nah- oder Fernwärmeverteilung vorhanden sein muss.

1.5 Wie soll KWK gefördert werden?

Am Strommarkt sind die Preise der Stromerzeugung stark gefallen. Sie liegen auf einem Niveau, das auf Dauer eine sich selbst tragende Stromerzeugung nicht erlaubt. Weder neue Kondensations-Kraftwerke noch neue KWK-Anlagen lassen sich vor diesem Hintergrund unter einzelwirtschaftlichen Gesichtspunkten kostendeckend betreiben. Außerdem kommt der Umweltvorteil der KWK in den Preisen nicht zum Ausdruck. Die Notwendigkeit der KWK-Förderung ergibt sich aus zwei Gesichtspunkten:

- a) Es sollte verhindert werden, dass die notwendige (und vorübergehende) Anpassungskrise am Strommarkt dazu führt, dass die vorhandenen KWK-Anlagenperipherien (Wärmenetze, Einpassungen in der Industrie) stillgelegt werden. Vorhandene Netze stellen eine erhebliche Erleichterung für KWK-Projekte dar.
- b) Der Umweltvorteil der KWK kommt in den Marktpreisen am Strommarkt nicht zum Ausdruck.

Deutschland hat sich zur Treibhausgasreduktion verpflichtet. Der bisher erzielte Rückgang von Kohlendioxidemissionen stammt zu wesentlichen Teilen aus der veränderten Zusammensetzung des Primärenergieverbrauchs (starker Rückgang der Braunkohle) und den Anpassungsprozessen in den neuen Bundesländern. Eine weitere Senkung wird nicht so kostengünstig zur Verfügung stehen. Klimaschutz muss also „gekauft“ werden. KWK bietet sich hier als kostengünstige Variante an. So wurde in der AGFW-Vorstudie ermittelt, dass ein modernisierter Anlagenbestand sehr kostengünstig einen relevanten Beitrag zum zusätzlichen Klimaschutz leisten kann.

Bei einer Förderung ist es von großer Bedeutung, dass die Betreiber und potentiellen Investoren von KWK-Anlagen eine gewisse Sicherheit über die zu erzielenden Erlöse erhalten.

Die Bewertung der möglichen Förderinstrumente (Steuer, Beihilfe, Einspeisevergütung, Quotenmodell) ergab: Aus allen Bausteinen von Förderinstrumenten lässt sich ein sinnvolles Instrumentenmix konstruieren. Dabei sind technisch-wirtschaftlich gesehen die Unterschiede der verschiedenen Bausteine nicht allzu groß. Bei Steuer, Beihilfe und Preisregelung kann eine regelmäßige Anpassung des für die Förderung maßgeblichen Messbetrages für die notwendige Flexibilität sorgen, beim Quotenmodell soll dies durch den auf dem Quoten- oder Zertifikatsmarkt gebildeten Preis geschehen.

Ein wesentliches Merkmal für die Umsetzung ist die einfache und transparente Abwicklung. Diese ist wahrscheinlich bei Steuer, Beihilfe und Preisregelung größer als beim Quotenmodell.

Unabhängig davon, welches Förderverfahren letztlich gewählt wird, ist die Voraussetzung für jegliche zielorientierte Förderung von KWK eine laufende Zertifizierung der KWK-Anlagen und des KWK-Betriebs. Hierzu ist es erforderlich, eine rechtliche Grundlage zu schaffen. Beispielsweise erwähnt das Energiewirtschaftsgesetz die mögliche Vorrangstellung der KWK, ohne dass das Gesetz KWK genauer definiert hat. Eine Ergänzung durch eine Zertifizierungsverordnung wäre daher eine wesentliche Voraussetzung für eine Förderung der KWK.

2 Ziele der Hauptstudie

Die Studie – AGFW-Hauptstudie – schließt an die Ergebnisse der gleichnamigen, auf den Zeitpunkt 2005 ausgerichteten Vorstudie an. Sie setzt sich das Ziel, Strategien und Technologien aufzuzeigen, mit denen es möglich ist, die umweltpolitischen Verpflichtungen Deutschlands zur Reduktion der Klimagase für den Zeitpunkt 2010 und darüber hinaus zu erfüllen. Im Mittelpunkt der Betrachtung steht die Kraft-Wärme-Kopplung und die Fern- und Nahwärme als Instrument der CO₂-Reduktion. Dabei werden die Rahmenbedingungen des liberalisierten Energiemarktes in Europa in Rechnung gestellt und der erkennbare technische Trend zur dezentralen Energieversorgungstechnik abgebildet.

Die Auswirkungen der technisch-wirtschaftlichen Entwicklung und die Rolle der KWK und der leitungsgebundenen Wärmeversorgung werden aus einer differenzierten Analyse heraus in Szenarien des Jahres 2020 geführt. Wie in der Abbildung 2–1 „Gedankliches Grundmuster“ gezeigt, umfasst die differenzierte Analyse die drei Bereiche „KWK-Anlagen“, „Versorgungsgebiete“ und „Technikentwicklung“, aus der die Bestvariante der zukünftigen Wärmeversorgung abgeleitet wird.

Aus dem gedanklichen Grundmuster wurde der in Abbildung 2–2 „Struktur des Vorhabens“ dargestellte Meilensteinplan entwickelt, der verdeutlicht, dass die Studie kurzfristige – erster und zweiter Abschnitt - und mittelfristige Ziele – erster bis dritter Abschnitt – verfolgt.

Kurzfristige Ziele sind

- die technisch-wirtschaftswissenschaftliche Begleitung der KWK-Gesetzgebung und
- die technisch-wirtschaftswissenschaftliche Begleitung der Energieeinsparverordnung.

Mittelfristige Ziele sind

- die Beschreibung der Möglichkeiten der Kraft-Wärme-Kopplung, der Fern- und Nahwärmeversorgung in der zukünftigen Energieversorgung Deutschlands bis 2020, darunter
- die Ermittlung der Ausbaupotentiale/Nachweis der Ausbaugebiete für KWK und leitungsgebundene Wärmeverteilung,
- die Beschreibung und Bewertung fortschrittlicher KWK-Techniken, einschließlich der Brennstoffzelle,
- der technologische Vergleich möglicher Verfahren zur CO₂-Minderung und
- die Beschreibung von Maßnahmen zur Förderung der KWK, ihrer technischen Entwicklung und Anwendung als CO₂-Einspartechnik.

Gedankliches Grundmuster

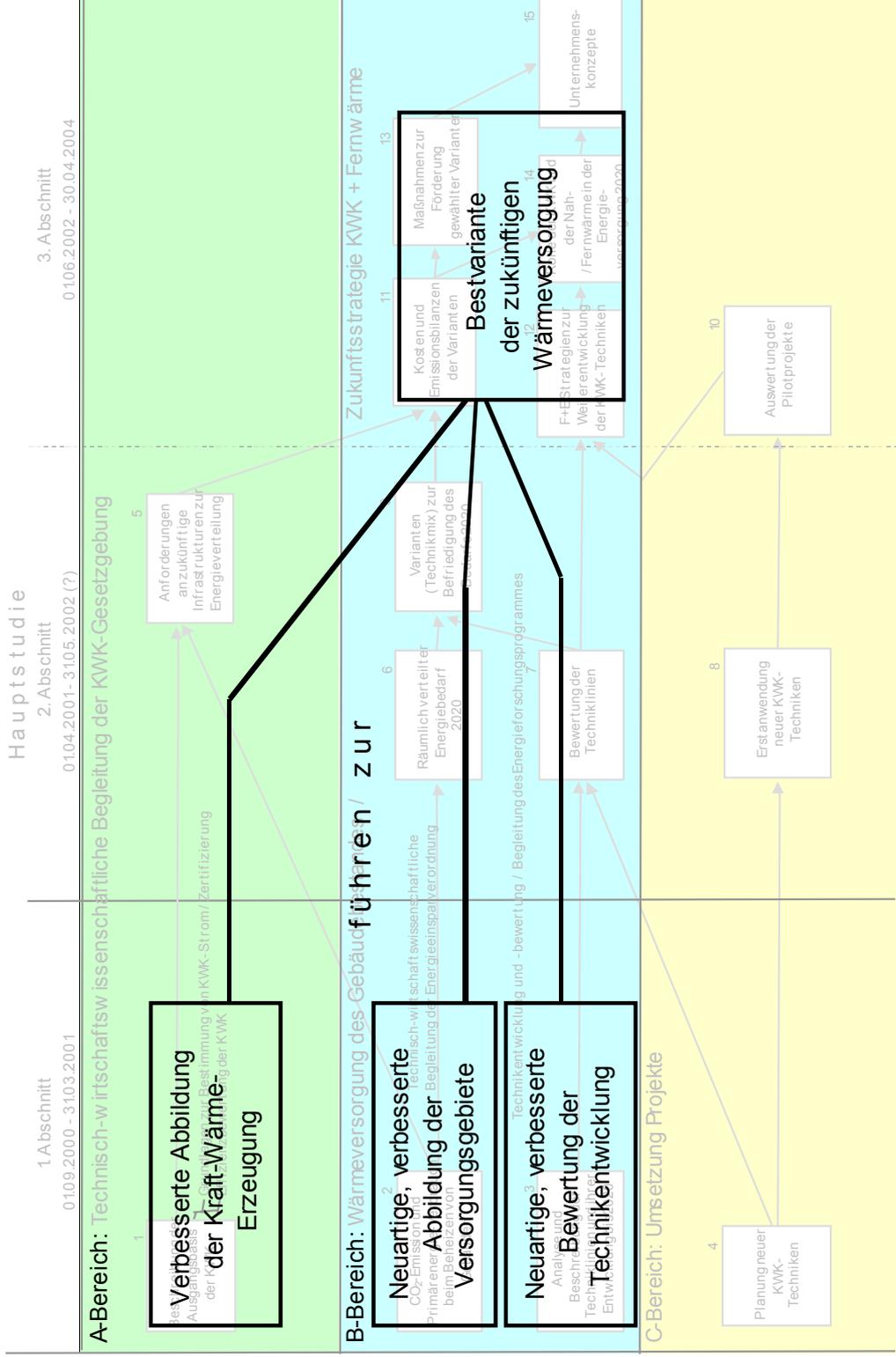


Abbildung 2-1: Gedankliches Grundmuster

Struktur des Vorhabens

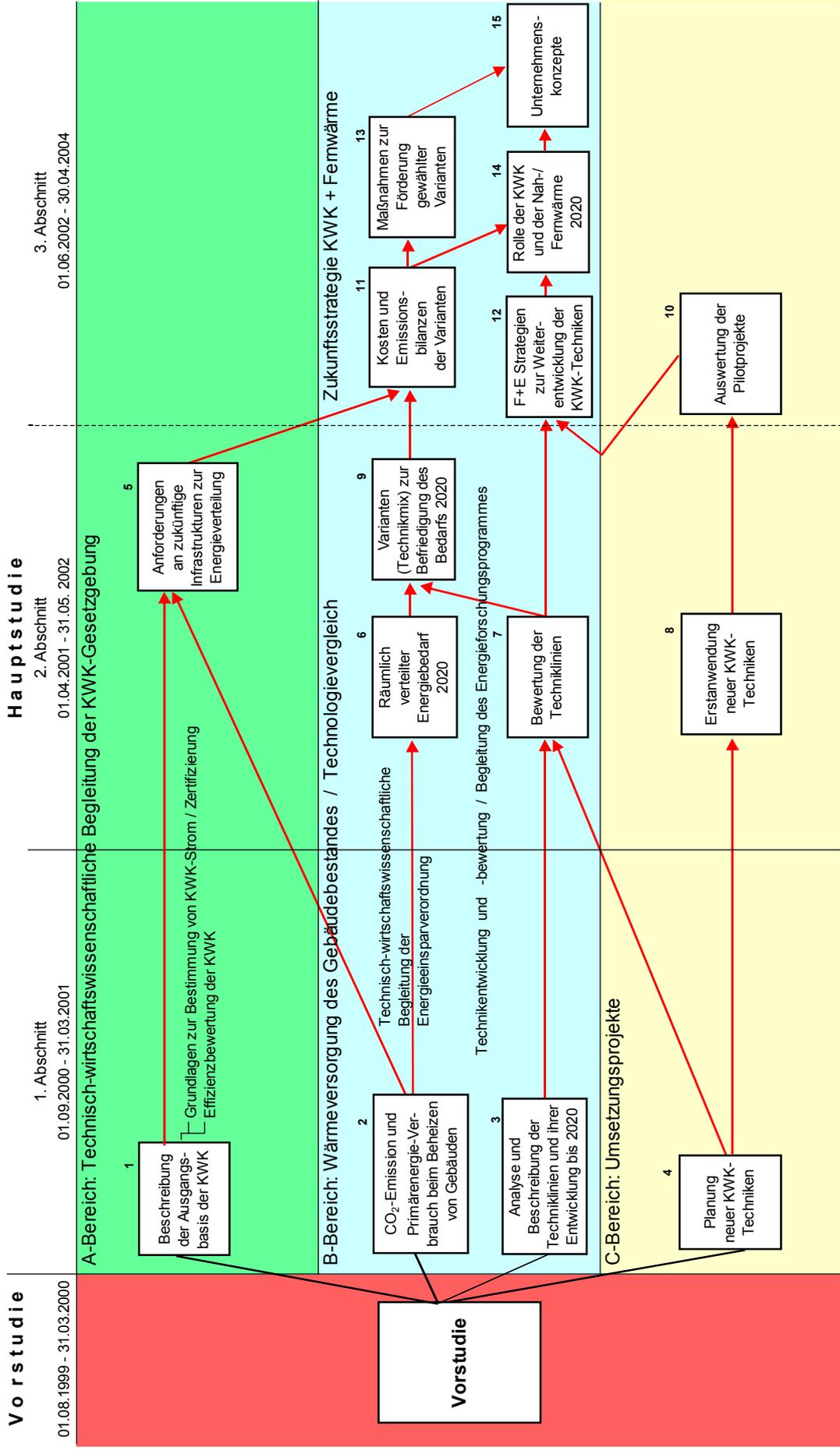


Abbildung 2-2: Struktur des Vorhabens

Die hier im Band 1 der AGFW-Hauptstudie „Pluralistische Wärmeversorgung“ unter dem Titel „Grundlagen der Kraft-Wärme-Kopplung, Zertifizierungsverfahren und Fördermodelle“ vorgestellten Ergebnisse stehen ausschließlich im Zusammenhang mit dem kurzfristigen Ziel der technisch-wirtschaftswissenschaftlichen Begleitung der KWK-Gesetzgebung.

Die Arbeiten waren darauf ausgerichtet, exemplarisch den Anlagenbestand der KWK in den Bereichen Siedlung und Industrie genauer zu beschreiben. Darauf aufbauend war die in KWK-Prozessen erzeugte Strommenge zu ermitteln und die damit in Zusammenhang stehende Primärenergieeinsparung und die CO₂-Minderung auszuweisen.

Weiter war es das Ziel, eine vergleichende Analyse und Bewertung vorgeschlagener Zertifizierungsverfahren durchzuführen und die damit in Zusammenhang stehenden institutionellen, organisatorischen und verfahrenstechnischen Fragen zu untersuchen.

Daran anschließend waren Fördermodelle zu untersuchen, wobei die vorgeschlagene, von politischer Seite präferierte Lösung „Quotenregelung“ im Mittelpunkt der Untersuchung stand. Im Hinblick auf das von der Politik gesetzte Ziel einer Verminderung des CO₂-Ausstoßes bis 2010 waren die Kosten zu ermitteln, die durch eine Verdoppelung der KWK bis 2010 entstehen würden.

Der im Mittelpunkt der Betrachtungen stehenden Quotenregelung waren alternative Vorschläge gegenüberzustellen und unter grundlegenden Kriterien wie Machbarkeit und Zielerreichung zu bewerten.

3 KWK-Förderung

3.1 Ziele und Randbedingungen

Um eine bedeutende Rolle beim Ressourcen- und Klimaschutz einnehmen zu können, benötigt die KWK langfristig stabile energiepolitische Rahmenbedingungen, womit keine dauerhafte finanzielle Förderung gemeint ist. Denn erst durch langfristige Planbarkeit lassen sich bestehende Kostensenkungspotentiale in hohem Maße ausnutzen (Minimierung der Anlaufverlustkosten, Ausnutzung günstiger Gelegenheiten, Verknüpfung mit anderen Maßnahmen etc.).

Wie u. a. in der Vorstudie gezeigt, schneidet die KWK in einem großen Anwendungsspektrum bei Vollkostenvergleichen günstiger ab als die ungekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung. Unter den aktuellen Bedingungen des Strommarktes sind jedoch für einen wirtschaftlichen Betrieb der KWK-Anlagen zusätzliche Einnahmen erforderlich, deren Höhe vom Strompreis- und vom Brennstoffpreisniveau abhängig ist.

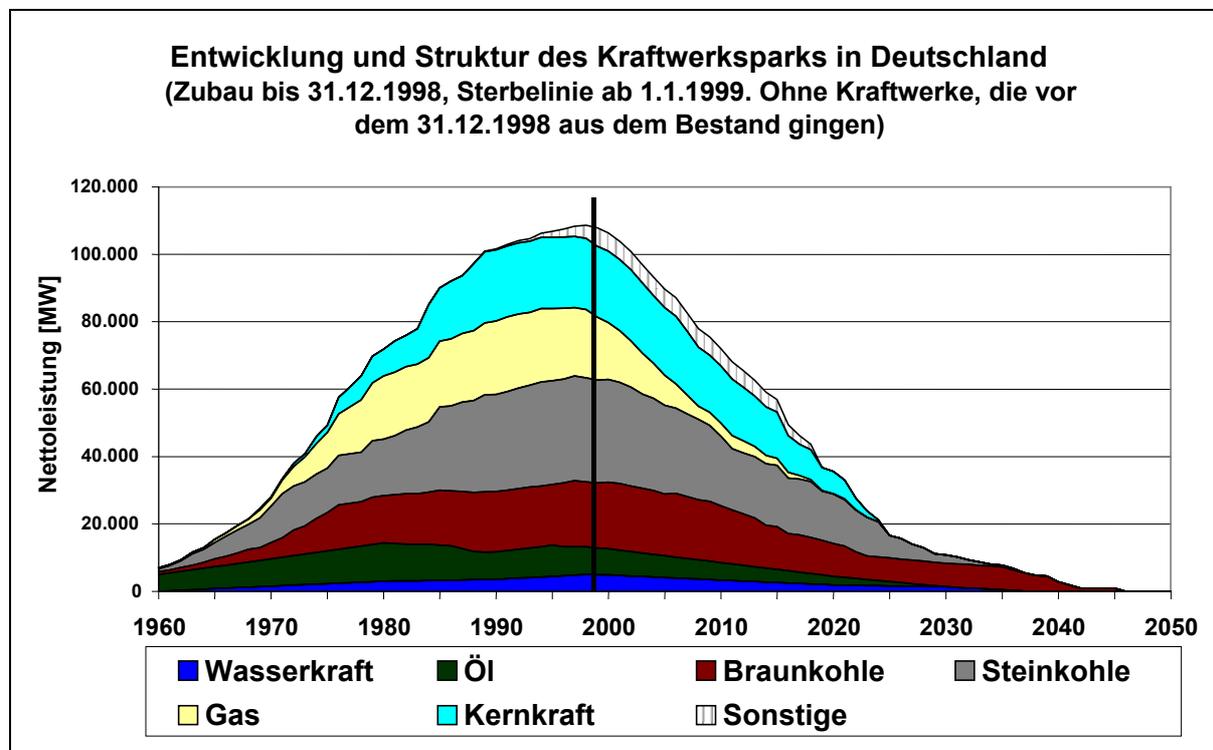


Abbildung 3-1: Entwicklung des Kraftwerksparks in Deutschland (Quelle: bremer energie institut)

Voraussetzung jeder Förderung ist eine klar definierte Abgrenzung der zu fördernden Größe. Für die KWK ist eine Zertifizierung erforderlich, diese kann sich auf den nach physikalischen Gesetzen bestimmbareren KWK-Strom oder eine andersartige Qualitätsanforderung beziehen. Die Möglichkeiten der Zertifizierung werden ausführlich im Kapitel 3.5 behandelt.

Die Tabelle 3-1 enthält eine Reihe von wichtigen Zielen und Randbedingungen für eine mögliche Förderung der KWK. KWK dient der Verbesserung der Energieeffizienz und führt damit zu einer Einsparung von Primärenergie. Weiterhin wird eine KWK-Förderung mit dem Klimaschutz begründet, d. h., Stromerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung soll zu einer Verringerung der Emission von Treibhausgasen bei-

tragen. Beide Ziele sind nicht automatisch identisch, da sich die spezifischen Emissionen der Energieträger unterscheiden. Bei einer solchen angestrebten Förderung müssen allerdings bestimmte Randbedingungen beachtet werden. Die Förderung muss wirtschaftlich vernünftig gestaltet werden. Dazu ist es erforderlich, dass sich die Entwicklung der KWK in die Entwicklung des Kraftwerksparks insgesamt einfügt. Diese Randbedingung bezieht sich vor allen Dingen auf die zeitliche Entwicklung. Die Abbildung 3–1 zeigt eine Abschätzung des altersbedingten Ersatzbedarfs im deutschen Kraftwerkspark. Im Laufe der Zeit entsteht Ersatzbedarf, der dann teilweise auch mit KWK-Anlagen aufgefüllt werden kann, ohne dass es zu Verdrängungseffekten kommt.

Für die KWK-Entwicklung selbst ist es erforderlich, dass Standorte mit bedeutenden Infrastrukturen für die Wärmeversorgung möglichst erhalten bleiben, damit diese Anknüpfungspunkte für neuere Anlagen, die dann besser als Altanlagen den Zielen Ressourcenschutz und Klimaschutz entsprechen, zur Verfügung stehen. Aus diesem Gesichtspunkt heraus kann es richtig sein, auch ältere Anlagen, die nur geringe Zielbeiträge leisten, für eine begrenzte Zeit zu erhalten.

Grundsätzlich sollte aber eine Förderung Anreize bieten, solche Anlagen zu installieren, die in hohem Maße zur Zielerreichung beitragen können. Dies bezieht sich sowohl auf Ersatz von vorhandenen Anlagen wie auf Neuanlagen.

Mittel- und langfristig gibt es bei KWK-Systemen Kostensenkungspotentiale. Eine Förderung sollte so gestaltet sein, dass diese Kostensenkungspotentiale auch genutzt werden.

Tabelle 3-1: Ziele und Randbedingungen der KWK-Förderung

Ziele und Randbedingungen	
Ziele	<ul style="list-style-type: none"> • Ressourcenschutz (Primärenergieeinsparung) • Klimaschutz (CO₂-Reduktion)
Randbedingungen	
Wirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> • KWK Ausbau muss sich in die Entwicklung des Kraftwerksparks einfügen • Ökonomisch verträglicher Ausbau der KWK <ul style="list-style-type: none"> - Erhaltung von KWK-Standorten (Platzhalterfunktion für bessere zukünftige Anlagen) - Anreiz für KWK-Ersatzinvestitionen bieten, die zu effizienteren Anlagen führen - Anreiz für Neuanlagen - Anreiz zur Kostensenkung
Gesellschaft	<ul style="list-style-type: none"> • Gesellschaftliche Akzeptanz
Praktikabilität	<ul style="list-style-type: none"> • Schnelle Implementierbarkeit • Geringer Kontroll- und Verwaltungsaufwand • Flexible Anpassung an veränderte Rahmenbedingungen • Realisierbar im deutschen und europäischen Rechtsrahmen

3.2 Zum KWK-Vorschaltgesetz

Das derzeit bis maximal 2004 gültige KWK-(Vorschalt-)Gesetz ist in mehrfacher Hinsicht problematisch:

- Das Gesetz vermischt Regelungen zum Auffangen von *stranded investments* mit Regelungen zur Förderung der KWK.
- Das Gesetz enthält keine klare KWK-Definition und schließt dadurch z. B. große Entnahmekondensationsanlagen aus.
- Das Gesetz grenzt die industrielle KWK aus.
- Die Förderstruktur ist intransparent, weil KWK-Förderbeträge in den Netzentgelten für die Nutzung der Stromnetze verschiedener Stufen enthalten und damit Mittelaufkommen und Mittelverwendung nicht nachvollziehbar sind.

Eine Neuregelung sollte mit klaren Kriterien verbunden werden, die im Rahmen von Kapitel 4 dargestellt werden.

3.3 KWK am Strommarkt

In einem offenen Strommarkt entscheidet grundsätzlich die „merit order“ über die Reihenfolge der Kraftwerke bei der Kraftwerkseinsatzplanung. Da es viele Stromerzeuger gibt, stellt sich für jeden einzelnen die Frage, ob zu einer bestimmten Zeit die eigene Anlage eingesetzt oder statt dessen Strom aus dem Netz bezogen werden soll. Maßstab für den Kraftwerkseinsatz sind jeweils die Systemgrenzkosten, die aus den variablen Kosten der jeweiligen Anlage zuzüglich der möglicherweise anfallenden zusätzlichen Netzkosten bestehen. Die zu einem bestimmten Zeitpunkt jeweilig teuerste Anlage bestimmt den Preis, den alle Anlagen erhalten (vgl. hierzu Abbildung 3–2). Kostengünstige Anlagen erwirtschaften einen Überschuss, der für den Anlagenbetreiber dazu dient, die fixen Kosten seiner Anlagen abzudecken.

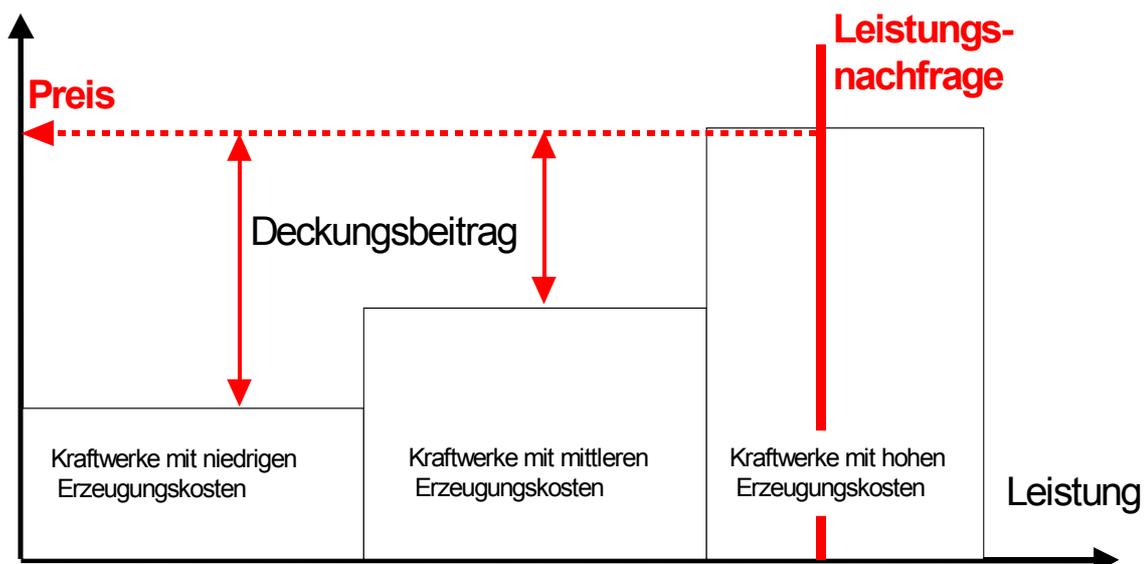


Abbildung 3-2: Geordnete Erzeugungskosten eines Kraftwerksparks (merit order), in Abhängigkeit von der momentanen Nachfrage erlöster Preise und hieraus resultierende Deckungsbeiträge einzelner Kraftwerksgruppen

Für die Kraft-Wärme-Kopplung stellen sich im Strommarkt zwei Probleme:

1. Betreiber von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen besitzen im Allgemeinen kein großes Kraftwerksportfolio, das ihnen den Ausgleich zwischen neuen und alten, weniger effizienten und effizienteren Anlagen erlaubt. Liegen Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen aber eher im rechten Bereich des Diagramms, also mit im Verhältnis zum Preis relativ hohen Kosten, so reicht der Preis nicht aus, um die Gesamtkosten einschließlich der Fixkosten zu decken.
2. Die Vorteile der KWK zur Erreichung der Umweltziele (Ressourcenschutz und Klimaschutz) drücken sich nicht in den Kosten der einzelnen Anlagen aus, da die Umweltbewertung nicht Teil der betriebswirtschaftlichen Rechnung ist. An diesem Gesichtspunkt setzt nun der Gedanke einer KWK-Förderung an. Eine Förderung soll dafür sorgen, dass im KWK-Prozess erzeugter Strom wegen seiner besseren Umwelteigenschaften soweit vorrangig behandelt wird, dass
 - kurzfristig eine Erhaltung des Systems gegeben ist und
 - mittel- bis langfristig eine Entwicklung der KWK erfolgt, wie sie klimapolitisch geboten ist.

Konkurriert KWK-Strom mit Strom aus ungekoppelter Erzeugung und wird dem KWK-Strom durch ein wie immer geartetes Fördersystem Vorrang eingeräumt, so ist dies äquivalent mit einem Nachrang für Nicht-KWK-Strom. Dies kann kurzfristig vorzeitige Stilllegung von Nicht-KWK-Anlagen bedeuten. Die Förderung muss also auf der Zeitachse mit einem solchen Augenmaß erfolgen, dass diese Art von Verwerfungen vermieden wird (vgl. auch Abbildung 3–1 oben). Ein Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung soll zu niedrigsten volkswirtschaftlichen Kosten erfolgen und muss sich daher entlang der Zeitachse in die Ersatzzyklen von Kraftwerken einpassen.

Gemessen an Neuanlagen ist KWK unter der Voraussetzung, dass die Wärme in entsprechendem Umfang abgesetzt werden kann, i. a. wirtschaftlich zu betreiben¹. Die Förderung muss daher flexibel von den Marktgegebenheiten her so angepasst werden können, dass Mitnahmeeffekte struktureller Art unterbleiben.

Der Strommarkt in Deutschland ist noch nicht soweit entwickelt, dass ein einheitliches Referenzpreissystem, das für die wesentlichen Transaktionen repräsentativ ist, existiert. Ein einheitliches Preissystem für den gesamten Markt würde zu fairem Wettbewerb zwischen allen Erzeugungsoptionen führen und ist dementsprechend auch die Voraussetzung für eine marktadäquate Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung. Auf diese Weise kann zum Beispiel die Förderung in Abhängigkeit vom jeweiligen Marktpreis gestaltet werden.

3.4 Förderinstrumente

Die Instrumente werden im Folgenden danach gegliedert, ob ein öffentlicher Haushalt unmittelbar berührt ist (Steuer, Abgabe/Subvention) oder ob ohne den Einsatz der öffentlichen Haushalte über rechtliche Regelungen Einfluss genommen wird. Dies kann über den Einfluss auf den Preis bzw. über Regelungen in Bezug auf die Mengen erreicht werden. Eine solche Klassifikation dient dazu, die Diskussion über die Instrumente zu strukturieren. Tatsächlich zu realisierende Instrumente können jedoch auch eine Kombination von Teilelementen unterschiedlicher Art sein.

¹ Dies wurde ausführlich in der Vorstudie behandelt. Vgl. dort Abschnitt 2.1.4.

3.4.1 Steuern/Abgaben

Für die Auswirkungen einer Besteuerung kommt es auf die Bemessungsgrundlage an. Grundsätzlich können Steuern auf den Energieeinsatz, die Energieproduktion (Strom, Wärme) oder die mit dem Prozess verbundenen Emissionen aufbauen (vgl. Abbildung 3–3). In Deutschland existieren derzeit Brennstoffsteuern für bestimmte Brennstoffe (Energieeinsatz), eine Produktsteuer auf Strom, jedoch keine Emissionssteuer.

Eine Brennstoffsteuer kann in Abhängigkeit vom Wirkungsgrad für KWK-Anlagen entfallen. Dies führt jedoch auf dem Strommarkt nicht zu einem entsprechenden Vorrang für KWK, weil Strom zu großen Anteilen ohnehin nicht aus Erdgas hergestellt wird. Diese Regelungen stellen lediglich sicher, dass KWK-Anlagen auf Erdgasbasis gegenüber KWK-Anlagen mit anderen Brennstoffen nicht diskriminiert werden. Denkbar ist jedoch, die grundsätzlich auf Strom erhobene Stromsteuer in Abhängigkeit vom erreichten Kraft-Wärme-Kopplungsgrad zu erstatten.

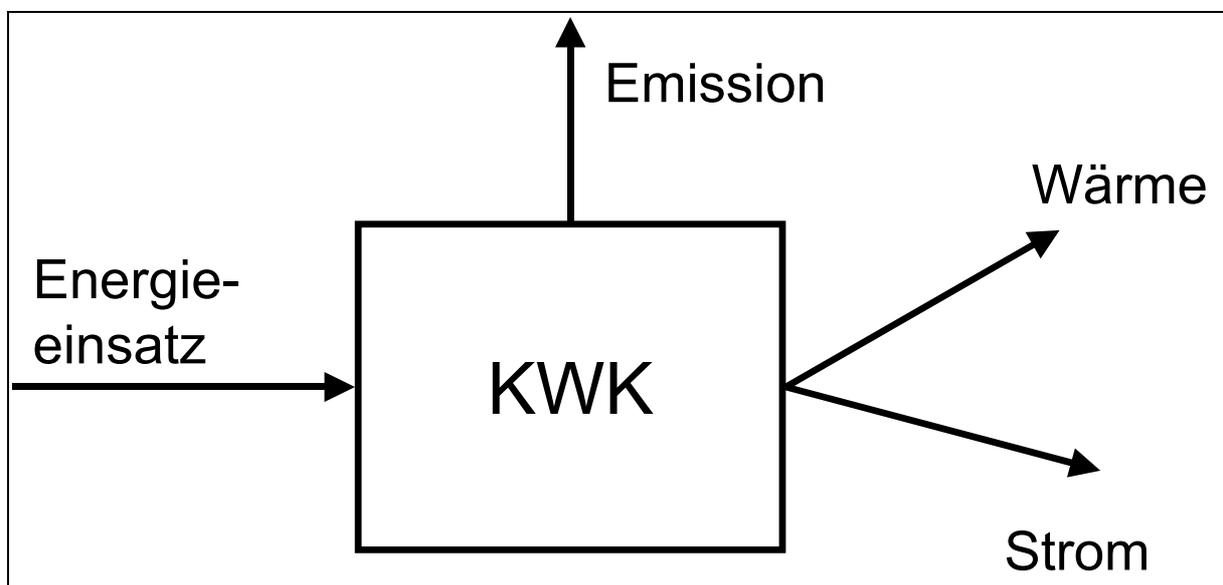


Abbildung 3-3: Ansatzpunkte der Förderung²

Basis für die Steuererstattung könnte die erbrachte Stromproduktion in Kraft-Wärme-Kopplung sein (entsprechend der Zertifizierung). Die Erstattung ergibt sich aus folgender Formel:

$$\text{Erstattung [DM]} = \text{Zertifizierte Einheiten [MWh]} * \text{Messbetrag [DM/MWh]}.$$

Der Messbetrag selbst könnte von Jahr zu Jahr in Abhängigkeit vom jeweiligen Strompreisniveau festgelegt werden. Vorteil einer solchen Regelung ist die einfache Handhabung und die Planungssicherheit für die Unternehmen, da jeweils ein Jahr im Voraus feststeht, mit welchem Betrag entsprechend der Fahrweise der Anlage gerechnet werden kann.

Eine Wärmesteuer existiert nicht, so dass ein entsprechendes Verfahren auf der Wärmeseite nicht anwendbar ist.

² In der Industrie treten auch Fälle auf, bei denen anstelle von Strom mechanische Energie erzeugt wird.

3.4.2 Beihilfen

Die möglichen Bemessungsgrundlagen für Beihilfen sind die gleichen wie bei der Besteuerung, darüber hinaus können Beihilfen auch auf investive Maßnahmen im Bereich von Strom oder Wärme zielen und als Zuschüsse oder Zinsverbilligung gestaltet sein.

Einmalige Beihilfen dieser Art erleichtern die Investitionen, bringen aber nicht den im laufenden Betrieb zu erzielenden Umweltvorteil zum Ausdruck und vor allen Dingen können sie nicht auf prozessbezogenen Zertifizierungskriterien aufbauen, da diese erst bekannt werden, nachdem gefördert wurde. Die Erfahrung mit bisherigen Programmen dieser Art hat ja gelehrt, dass geförderte KWK-Anlagen nicht notwendigerweise zu entsprechender gekoppelter Erzeugung führen.

Laufende Beihilfen (Bonus) können den Effizienzvorteil der Kraft-Wärme-Kopplung zum Ausdruck bringen. Der Zuschuss, der auf Strom oder Wärme oder beide oder auf den Umweltvorteil orientiert sein kann, müsste sich ähnlich wie bei der beschriebenen Steuererleichterung auf das Zertifizierungskriterium beziehen und könnte nach der Formel gestaltet sein:

$$\text{Zuschuss [DM]} = \text{Zertifizierte Einheiten [MWh]} * \text{Messbetrag [DM/MWh]}.$$

Wie bei der Steuer kann der Messbetrag jährlich neu festgesetzt werden. Da bei diesem Verfahren auch die Wärme einbezogen werden kann, könnte man den Messbetrag regelmäßig variieren und dabei Strom- und Wärmepreisindizes zugrunde legen.

3.4.3 Preisregelungen

Die KWK-Förderung könnte auch analog zur Förderung erneuerbarer Energien erfolgen. Hier wird vom Gesetzgeber ein Mindestpreis vorgegeben, der dem Betreiber der Anlage für sein Produkt bezahlt werden muss (Einspeisevergütung). Um die Unterschiede in den anfallenden Mehrkosten bei einzelnen Unternehmen auszugleichen, wird ein bundesweiter Ausgleich durchgeführt, so dass im Prinzip alle Stromerzeuger relativ gleichmäßig an der Finanzierung beteiligt werden. Auch in diesem Fall kann die Mindestvergütung auf der Zertifizierung aufbauen und der zugrundeliegende Messbetrag kann ebenso wie in den anderen Fällen regelmäßig an die Preisentwicklung angepasst werden. Insofern unterscheidet sich dieses Modell auch nicht von dem steuerlichen Förderungsmodell oder der Beihilfe. Auf der anderen Seite ergeben sich bestimmte Nachteile: Diese liegen in der möglichen Kompliziertheit des Ausgleichs sowie insbesondere darin, dass die endgültige Belastung der Kunden mit den Ausgleichsbeträgen in das Belieben der jeweiligen Stromunternehmen gestellt ist. Anders als bei einer steuerlichen Regelung oder einer Beihilfe, wo im Rahmen der staatlichen Haushaltsgesetzgebung die Belastung eindeutig definiert ist, kann in diesem Fall die KWK-Förderung mit dem zusätzlichen Problem einer konfliktreichen Ausgleichsregelung belastet werden.

3.4.4 Mengenregelungen

Der Grundgedanke einer Mengenregelung besteht darin, dass für ein erwünschtes Produkt eine Mindestmenge vorgegeben wird oder für ein unerwünschtes Produkt eine Obergrenze definiert wird (z. B. Treibhausgas). Ein Mengenbeschränkungssys-

tem (auch Quotensystem genannt) für Treibhausgase ist derzeit in der internationalen Diskussion und wird vermutlich in den nächsten Jahren eingeführt werden.

Tabelle 3-2: Möglichkeiten für Mengenbeschränkungen bei KWK

Produkt	Kaufverpflichtung	Kommentar
A. Wärmeseite		
1.	Physische Kaufverpflichtung für KWK-Wärme	Nicht realisierbar, da kein flächen-deckender Netzanschluss.
2.	Kaufverpflichtung für Zertifikat	Realisierbar (z. B. über Brenn-stoffhändler), aber Preisbildung schwierig.
B. Stromseite		
1.	Physische Kaufverpflichtung für KWK-Strom	Realisierbar, jedoch Quotierung auf der Zeitachse schwierig.
2.	Kaufverpflichtung für Zertifikat	Realisierbar (z. B. über Strom-händler), aber ungewisse Preisbil-dung.
C. Umweltseite		
	Allgemeine Beschränkung für Treibhausgasemission, z. B. CO ₂	Realisierbar, aber sehr umfas-send, daher nicht kurzfristig ver-fügbar.
	Spezielle Beschränkung für CO ₂ im Strom- und/oder Wärmemarkt	Realisierbar, jedoch Ungleichbe-handlung anderer Sektoren.
	Spezifische absolute Emissi-onsminderung durch KWK in Form von x Mio. t CO ₂	Zielvorgabe. Problem: Umsetzung in Quote für Betreiber (Referenz-system!).
	Emissionsreduktion durch KWK. Basis: zertifizierte CO ₂ -Reduktion	Ähnlich wie B2.

Für die Kraft-Wärme-Kopplung in Deutschland wird ebenfalls über Mengenregelungen diskutiert. Tabelle 3–2 gibt einen Überblick über denkbare Ansätze. Hier handelt es sich aber nicht um eine Beschränkung, sondern um eine Kaufverpflichtung für die Abnehmer von Elektrizität bzw. Wärme. Eine Quotierung der Wärme ist aber schwieriger, weil der Wärmemarkt wesentlich heterogener ist als der Strommarkt und bei vielen Verbrauchern die Wärme in Eigenproduktion hergestellt wird, so dass eine Quotenverpflichtung zum Kauf bestimmter Wärme unmöglich ist. Es könnte allerdings eine Kaufverpflichtung für KWK-Wärme definiert werden, die über ein Zertifikat auf KWK-Wärme abgedeckt werden könnte (vgl. hierzu Abbildung 3–4).

Der Preis soll sich in Abhängigkeit von Angebot und Nachfrage bilden. Da die Nachfrage durch die Vorgabe der Quote „künstlich“ bestimmt ist und die Anbieter nicht die sonst übliche Wahlfreiheit zum Angebot haben, da ja ihre eigentliche Zielgruppe die Kunden und nicht die Quoteninhaber sind, kann es für eine Stabilität des Marktes bei dieser Konstruktion erforderlich werden, durch die Einführung von Ober- und Untereisgrenzen dafür zu sorgen, dass die Anbieter einen Mindesterloß für die Zertifikate erhalten und die Nachfrager vor einem überhöhten Preis geschützt werden (vgl. hierzu Tabelle 3–3).

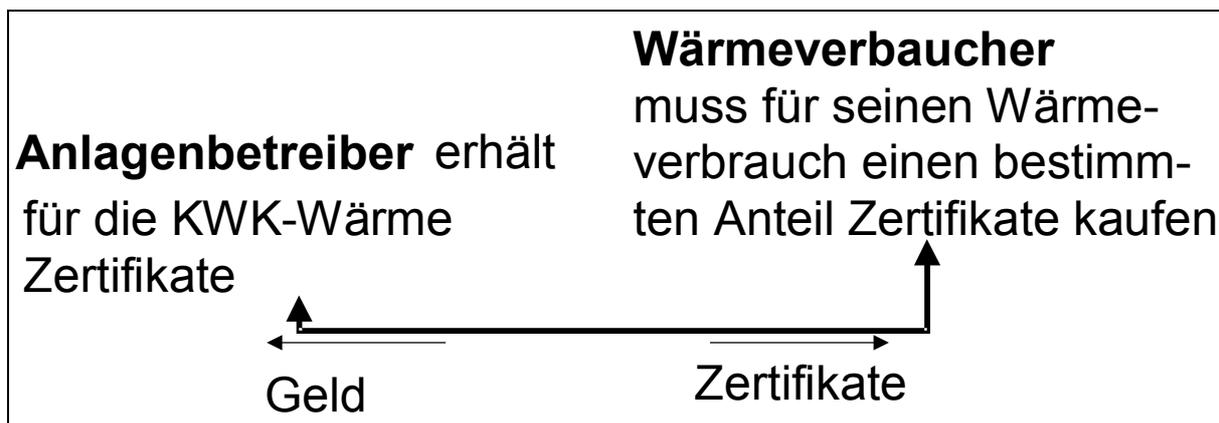


Abbildung 3-4: Zertifikatmodell am Beispiel Wärme

Tabelle 3-3: Preisbildungsprobleme bei Zertifikaten³

Preisbildungsprobleme bei Zertifikaten
<p>Fall 1: Mehr Zertifikate vorhanden, als von den Nachfragern abzunehmen sind. Preis tendiert jetzt theoretisch gegen Null. Anbieter müssen davor durch Preisuntergrenze geschützt werden.</p>
<p>Fall 2: Weniger Zertifikate vorhanden, als von den Nachfragern abzunehmen sind. Preis tendiert jetzt theoretisch gegen Unendlich. Nachfrager müssen davor durch Preisobergrenze geschützt werden.</p>
<p>Fall 3: Angebotene Menge und nachgefragte Menge sind gleich. Der Preis ist unbestimmt.</p>

Auch für Strom lässt sich ein entsprechendes Mengensteuerungsmodell in beiden Formen konstruieren.

Im ersten Fall wird festgelegt, dass alle Stromverbraucher einen bestimmten Anteil ihres Verbrauchs aus Kraft-Wärme-Kopplungsprozessen beziehen müssen. Anders ausgedrückt: Es wird ein eigenständiger Strommarkt für KWK-Strom geschaffen. Bestimmte Teile der Stromnachfrager werden zwangsverpflichtet, auf diesem Strommarkt einzukaufen. Das Preisniveau auf diesem Markt stellt sich dann nach Angebot und Nachfrage für diesen speziellen Strom her. Zwischen den Anbietern dieses Stroms herrscht Konkurrenz, sie konkurrieren um die vorgegebene Nachfrage, sie konkurrieren jedoch nicht mit den Anbietern von Strom aus Nicht-KWK. Der Preis bildet sich wie sonst am Strommarkt auch auf der Basis der unterschiedlichen Kostenstrukturen, nur eben jetzt auf einem Niveau, das den Kosten der KWK entspricht.

Die Umsetzung eines solchen Modells in lupenreiner Form macht gewisse Schwierigkeiten. Der Strommarkt ist ein Markt, bei dem Erzeugung und Verbrauch gleichzei-

³ Dies gilt nur für vom Produkt selbst getrennte Zertifikate, also für die Fälle A2 und B2 oder Tabelle 3-2.

tig stattfinden müssen. Alle Stromerzeuger müssen laufend Entscheidungen darüber treffen, welche Anlage sie in welchem Umfang einsetzen wollen. Als Basis dafür dienen u. a. die erwarteten Preise. Es erscheint schwierig, die Nachfrage nach Strom als Quotenverpflichtung in Bezug auf bestimmte Zeitscheiben (z. B. in Stundenintervalle) festzulegen. Eine Kaufverpflichtung für KWK-Strom kann eigentlich nur für längere Zeitperioden, z. B. 1 Jahr, fixiert werden. Damit kommen aber bei einem reinen Marktmodell große Unsicherheiten in das System, die dem Grundgedanken der KWK-Förderung entgegenstehen. Wie oben hervorgehoben wurde, ist es notwendig, Erwartungsstabilität zu haben, damit der Einsatz der Anlagen in verstärktem Umfang stattfinden kann und damit auch neue Anlagen gebaut werden.

Zum anderen ist eine Trennung des Produkts im Hinblick auf zwei Märkte äußerst schwierig, wenn die zugrundeliegenden Anlagen in wechselnden Mengenbestandteilen KWK- und Nicht-KWK-Strom herstellen können. Erst die nachträgliche Zertifizierung zeigt ja, wenn z. B. das AGFW-Verfahren verwendet wird, welche Strommenge als KWK-Strom zu klassifizieren ist.

Um diesen Gesichtspunkten Rechnung zu tragen, ist eine detaillierte Marktregelung erforderlich, die insbesondere auch verhindert, dass Entnahmekond.-Anlagen reichlich Strom auf dem KWK-Markt anbieten und damit den KWK-Strompreis drücken, auch wenn nachträglich festgestellt werden muss, dass dies von den Zertifizierungsregeln nicht gedeckt war. Damit ist dann nicht nur das Problem aufgeworfen, dass der Entnahmekond.-Betreiber einen zu hohen Preis erhalten hat, sondern dass viel weitergehende Problem, dass der gesamte Marktpreis für KWK-Strom nicht richtig gebildet wurde. Das erste Problem lässt sich relativ leicht korrigieren (wie z. B. beim Ausgleich zwischen Händlern und Netzbetreibern bei Fahrplanabweichungen). Das zweite Problem ist unlösbar und bedeutet eigentlich einen Zusammenbruch des Marktes. Man stelle sich einen Aktienmarkt vor, bei dem 1 Jahr später alle Kurse des Vorjahres als ungültig erklärt werden!

Damit der Grundgedanke einer KWK-Förderung in den Details einer Marktregelung nicht verloren geht, müssen einfache Regeln entwickelt werden. Es bietet sich an, die Quotierung zeitversetzt durchzuführen: Im ersten Jahr wird z. B. mit einem festen Preiszuschlag für KWK-Strom begonnen. Am Ende des Jahres werden Kaufverpflichtungen und KWK-Strom gegeneinander verrechnet. Daraus ergibt sich der Preiszuschlag für das Folgejahr usw. Die Quote hat dann weniger die Aufgabe, die laufenden Handelsaktivitäten zu steuern als vielmehr, die Flexibilisierung eines Preiszuschlags zu bewirken. (Beim steuerlichen Modell oder beim Bonus müsste dies ja auch geschehen, in diesem Fall durch einen dafür vorgesehenen Entscheidungsträger.)

Andere Vorschläge zum Quotenmodell bauen darauf, dass lediglich die Eigenschaft des KWK-Stroms quotiert wird. Stromerzeuger aus KWK erhalten Zertifikate, Stromkäufer erhalten die Pflicht, in bestimmten Umfang solche Zertifikate zu erwerben. Es erfolgt dann ein Ausgleich über die Möglichkeit, Zertifikate zwischen Erzeugern und Verbrauchern zu handeln. Bei diesem Quotenmodell ist nicht mit einem stabilen Marktergebnis zu rechnen (vgl. hierzu auch Tabelle 3–3), weil der Handel der Zertifikate unabhängig von den Entscheidungen über den Einsatz der Produktionsanlagen erfolgt. Deshalb erfordert ein solches Modell zusätzliche Preisgrenzen, weil sonst die gewünschte Stabilität nicht eintreten kann. Eine ausführliche Analyse zum Quotenmodell findet sich in Kapitel 5 unten.

Ein Mengenbeschränkungssystem für CO₂ basiert auf dem Gedanken, dass die Emission von CO₂ als Treibhausgas einer globalen Beschränkung unterliegt. Wer CO₂ emittieren will, braucht hierfür ein Zertifikat in entsprechender Höhe. Dieses kann, nachdem die Anfangsausstattung vorgenommen worden ist, auf einem dafür eingerichteten Markt käuflich erworben werden. Der Markt speist sich daraus, dass Zertifikatsinhaber mit geringerem Emissionsbedarf ihre Zertifikate verkaufen und Energieverbraucher mit höherem Emissionsbedarf diese Zertifikate aufkaufen. Der Preis des Zertifikats drückt dann die Vermeidungskosten für CO₂ aus, denn mögliche Emittenten werden nur dann Zertifikate kaufen, wenn der Preis des Zertifikats unter ihren individuellen Vermeidungskosten für CO₂ liegt. Das System ist längerfristig steuerbar, indem die Gesamtmenge der Zertifikate geändert wird.

Die Einführung einer CO₂-Beschränkung für KWK allein ergibt keinen Sinn. Denkbar wäre jedoch, im Vorgriff auf eine internationale Regelung, CO₂-Beschränkungen für den Stromsektor insgesamt vorzusehen. Dies würde zwar der KWK aufgrund der besseren Primärenergieausnutzung nützen, auf der anderen Seite würde die berechnete Frage gestellt, wieso solche Beschränkungen nur für den Sektor Strom, nicht aber für andere CO₂-emittierende Bereiche (wie Verkehr, Industrie, Haushalte) vorgesehen werden. Auch wäre es in Bezug auf die KWK falsch, nicht den Wärmesektor einzubeziehen. Insofern stößt die verbindliche Einführung einer Mengenbeschränkung für CO₂ nur für das Teilsystem Stromerzeugung auf Umsetzungsschwierigkeiten. Solange kein verbindliches Mengenbeschränkungssystem für CO₂ existiert, müssen andere Instrumente für die KWK eingesetzt werden.

Im Zusammenhang mit der KWK-Förderung könnte eine Variation dieses Modells zum Ansatz kommen, indem eine bestimmte CO₂-Vermeidung auf der Basis von KWK zertifiziert wird und die Kunden von Strom in einem bestimmten Umfang zum Kauf von CO₂-Vermeidungszertifikaten aus KWK verpflichtet werden (Beispiel: Jeder Stromkunde muss pro kWh Strom 40 g CO₂-Reduktion kaufen). Im Prinzip ist dieses Modell ähnlich wie das in Tabelle 3–2 unter B2 dargestellte, nur dass hier die Zertifikate nicht auf Strom, sondern auf CO₂-Vermeidung lauten. Die Preisbildungsprobleme für ein solches Modell sind dann ähnlich wie bei einer Mengenregelung für KWK-Strom (s. o.). Vorteil wäre dabei, dass es leichter in die internationale Entwicklung eines allgemeinen CO₂-Emissionszertifikatehandels integrierbar wäre.

3.5 Überschlägige Ermittlung des Förderbedarfs

Der mögliche Förderbedarf hängt u. a. wesentlich ab von der

- Entwicklung des Strompreises,
- Entwicklung der Brennstoffpreise und
- Flexibilität im Anlageneinsatz.

Dabei ergeben sich nicht notwendigerweise unterschiedliche Bedingungen für Alt- und Neuanlagen. Abbildung 0–1 oben zeigt die Obergrenze für die Förderung, die von den Vollkosten einer Neuanlage ungekoppelter Erzeugung bestimmt ist. Diese Obergrenze sollte für neue und alte Anlagen gelten: Wenn Altanlagen nicht zu den Vollkosten einer neuen Anlage betrieben werden können, dann ist es wirtschaftlich günstiger, die Altanlagen durch Neuanlagen zu ersetzen. Insofern macht auch eine Anhebung der Förderung für Altanlagen keinen Sinn.

Der gleiche Gesichtspunkt gilt auch für neue KWK-Anlagen im Verhältnis zu Anlagen mit ungekoppelter Erzeugung.

Der Förderbedarf hängt sehr stark davon ab, inwieweit sich in Zukunft der Strompreis aufgrund der Angebotssituation an die Vollkosten der Stromerzeugung annähert. Die Tabelle 3–4 zeigt hierzu eine beispielhafte Modellrechnung. Der Förderbedarf wird in seiner absoluten Höhe ausgewiesen und es wird gezeigt, wie hoch eine Umlage auf den Nettostromverbrauch (450 TWh) ausfallen würde. Die Tabelle ist nicht als Szenario für die zukünftige Entwicklung zu verstehen, sondern dient der Veranschaulichung der Größenordnungen. Insbesondere ist darauf hinzuweisen, dass die Beträge nur für mehrere Jahre kumuliert werden können, wenn die Preise konstant bleiben. Derzeit ist nicht unwahrscheinlich, dass das Strompreisniveau auf dem Großhandelsmarkt in näherer Zukunft etwas anziehen wird. Dementsprechend würde der Förderbedarf entsprechend sinken. Eine Erhöhung des Strompreises um 1 Pf./kWh würde beim gegenwärtigen KWK-Volumen von ca. 50 TWh den Förderbedarf um 0,5 Mrd. DM/a verringern.

Tabelle 3-4: Modellrechnung zum jährlichen Förderbedarf bei einem konstanten anlegbaren Strompreis

	Pf./kWh	Pf./kWh	Pf./kWh	Pf./kWh
Anlegbarer Strompreis	5	6	7	8
Vollkosten der KWK-Stromerzeugung	8	8	8	8
Förderbedarf	3	2	1	0
Fördervolumen	Mrd. DM/a	Mrd. DM/a	Mrd. DM/a	Mrd. DM/a
bei 50 TWh/a KWK	1,5	1	0,5	0
bei 75 TWh/a KWK	2,25	1,5	0,75	0
bei 100 TWh/a KWK	3	2	1	0
Umlage	Pf./kWh	Pf./kWh	Pf./kWh	Pf./kWh
bei 50 TWh/a KWK	0,33	0,22	0,11	0,00
bei 75 TWh/a KWK	0,50	0,33	0,17	0,00
bei 100 TWh/a KWK	0,66	0,44	0,22	0,00

4 Zertifizierung als Voraussetzung der Förderung

Soll KWK im Hinblick auf energie- und/oder umweltpolitische Ziele gefördert werden, so sollte vorab genau festgelegt werden, welche Voraussetzungen die KWK-Erzeugung zu erfüllen hat, um an einem Fördersystem partizipieren zu können. Diese Qualitätssicherung lässt sich mit Hilfe einer Zertifizierung der Erzeugungsanlage (*Anlagenzertifizierung*) bewerkstelligen, die wiederum die Grundlage für eine Zertifizierung der erzeugten Produkte (*Produktzertifizierung*) darstellt. Es gibt aber auch einen Vorschlag, auf eine Anlagenzertifizierung zu verzichten und die Produktzertifizierung mit Hilfe von Betriebsmessdaten vorzunehmen (siehe Abschnitt 4.4.1). Dabei kann sich die Zertifizierung auf den nach physikalischen Gesetzen herleitbaren KWK-Strom oder auf eine andersartige Qualitätsanforderung beziehen.

Es wurde eine Vielzahl von Kriterien vorgeschlagen, mit deren Hilfe förderfähige KWK-Strom- oder Wärmeenergie abgegrenzt werden könnte. Es lassen sich drei Grundausrichtungen unterscheiden:

- a) Die Förderung bezieht sich auf definierten KWK-Strom.
- b) Die Förderung bezieht sich auf die durch KWK zu erreichende CO₂-Minderung. Die Definition nach a) ist dabei evtl. auch einzuhalten.
- c) Die Förderung soll auf einem möglichst einfach handhabbarem Abgrenzungskriterium aufbauen, nach dem die Erzeugung einer Anlage entweder vollständig oder überhaupt nicht in ein Förderregime einbezogen wird.

Wie in Abschnitt 4.1 gezeigt wird, ist die Bestimmung von definiertem KWK-Strom bei Anlagen, deren Wärmeauskopplung gegenüber der Stromerzeugung variabel ist, mit einigen zusätzlichen Überlegungen verbunden. In Abschnitt 4.2 wird auf einzelne Qualitätskriterien eingegangen, die dann in Abschnitt 4.3 vergleichend bewertet werden. Die dabei zugrunde gelegten Bewertungskriterien sind in Tabelle 4-1 aufgelistet.

Tabelle 4-1: Bewertungskriterien

- Energiepolitische Zielerfüllung
- Umweltpolitische Zielerfüllung
- Endogene Anreize zur Erfüllung der Ziele
- Transparenz
- Akzeptanz
- Praktikabilität, Transaktions-, Vorbereitungsaufwand
- Kompatibilität mit anderen gesetzlichen Regelungen
- Kompatibilität mit Förderinstrumenten, die sich auf die KWK-Stromerzeugung beziehen
- Kompatibilität mit Förderinstrumenten, die sich auf die KWK-Wärmeerzeugung beziehen
- Kompatibilität mit EU-Regelungen
- Missbrauchsschutz, Kontrollaufwand

4.1 Bestimmung der KWK-Stromerzeugung

Kraft-Wärme-Kopplung lässt sich folgendermaßen definieren:

Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) ist gekennzeichnet durch die Nutzung von Abwärme aus Anlagen der thermodynamischen Krafterzeugung (thermische Kraftwerke, einschließlich Brennstoffzellen) für andere Prozesse als Kraft und Kälte erzeugende Prozesse. Kraft steht in dieser Definition für Arbeit, einschließlich Elektrizität.

Für Anlagen, die eine Flexibilität der Wärmeerzeugung gegenüber der Stromerzeugung aufweisen, ist in diesem Zusammenhang wichtig, nur den Stromerzeugungsanteil, der mit einer vollständigen Abwärmenutzung korrespondiert (soweit dies mit technisch üblichem Aufwand möglich ist), als KWK-Strom zu berücksichtigen. Dieser KWK-Strom könnte wiederum Gegenstand einer Zertifizierung sein. Die Zertifizierung von KWK-Strom erfolgt in zwei Schritten: Der Einstieg erfolgt über eine *Anlagenzertifizierung*, diese ermöglicht eine anschließende *Produktzertifizierung*, die dann mit relativ geringem Aufwand durchgeführt werden kann. Bei der Anlagenzertifizierung werden die Eigenschaften der Anlage so bestimmt, dass anschließend KWK-Strom mit Hilfe von periodischen Zählerablesungen sicher bestimmt werden kann und darüber hinaus eine Grundlage für Plausibilitätskontrollen zur Verfügung steht.

Zu unterscheiden ist dabei zwischen Anlagen, bei denen die notwendige Abfuhr der nicht in Strom umgewandelten Wärme vollständig für Wärmeanwendungen erfolgt und Anlagen, bei denen die mit der Stromproduktion verbundene notwendige Wärmeabfuhr teilweise oder vollständig auch ohne Nutzung in Wärmeanwendungen über Notkühler und/oder Abgasbypass bzw. über Abwärmekondensatoren erfolgen kann.

Daraus lässt sich zunächst die folgende Klassifizierung von Anlagen ableiten:

KWK-Anlagen-Kategorien:

- a) Vollständige Wärmenutzung (BHKW und Dampfkraft-Gegendruckanlagen ohne Notkühler, Gasturbinen ohne Abgasbypassbetrieb).
- b) Stromerzeugung ist teilweise oder vollständig auch ohne Wärmenutzung durch Abfuhr der zwangsläufig anfallenden Abwärme an die Umgebung möglich (z.B. BHKW und Dampfkraft-Gegendruckanlagen mit Notkühler, Gasturbinen mit Abgasbypassbetrieb, Entnahme-Kondensationsanlagen).
 - b1) Die Stromerzeugung wird durch die Menge der genutzten Wärme – abgesehen von Teillasteinflüssen – nicht beeinflusst (alle Anlagen außer Anzapf- und Entnahme-Kondensationsanlagen).
 - b2) Der Stromerzeugungsprozess wird durch die Menge der genutzten Wärme beeinflusst (Anzapf- und Entnahme-Kondensationsanlagen).

Die weitaus meisten Anlagen (insbesondere BHKW) gehören zur Kategorie a). Die Menge des erzeugten KWK-Stroms entspricht direkt der insgesamt erzeugten Strommenge abzüglich des Stromeigenbedarfs. Eine Messung der genutzten Wärme und eine Messung des Brennstoffbedarfs ist demzufolge für die Ermittlung der KWK-Strommenge nicht erforderlich. Die gesuchte KWK-Strommenge kann direkt gemessen werden.

Bei Anlagen der Kategorie b) muss ein anderer Weg beschrieben werden, da auskoppelbare Wärme auch ohne Nutzung abgeführt werden kann, die damit in Verbindung stehende Stromerzeugung demzufolge keine KWK-Stromerzeugung darstellt. In diesen Fällen ist die KWK-Strommenge $A_{\text{Bne-KWK}}$ aus dem Produkt der tatsächlich genutzten Wärmemenge Q_{Bne} und der für jede Anlage charakteristischen Stromkennzahl σ_{KWK} zu bilden. Die Stromkennzahl stellt dabei das Verhältnis von Stromproduktion und auskoppelbarer Wärme dar:

$$A_{\text{Bne-KWK}} = \sigma_{\text{KWK}} \cdot Q_{\text{Bne}}$$

Für die Kategorie b2) ist die anlagenspezifische Stromkennzahl σ_{KWK} auf den vorderen Teil der Dampfturbine zu beziehen. Denn die Entnahme-Kondensationsanlage entspricht in dem Abschnitt, der sich bis zur Entnahmestelle erstreckt, einer Gegendruckanlage und damit einer reinen KWK-Anlage. Das bedeutet zugleich, dass sich aus dem für externe Wärmeanwendungen ausgekoppelten Dampf auf die Stromerzeugung des Gegendruckteiles rückschließen lässt (die KWK-Stromerzeugung ist proportional zur entnommenen Wärmemenge bzw. Dampfmenge!). Die Entnahme-Kondensationsanlage lässt sich damit gedanklich in eine Kondensations-scheibe, die die Kondensationsstromerzeugung einer Messperiode beinhaltet, und eine Gegendruckscheibe unterteilen, die die korrespondierende KWK-Stromerzeugung bewirkt.

Bei Sonderfällen wie Gasturbinen mit Dampf-injektion und Gasturbinen mit Vorkühlung durch Absorptionskälteanlagen – bei denen die Stromproduktion durch Abwärmenutzung positiv beeinflusst werden kann – ist nur die Stromkennzahl ohne die leistungs- bzw. wirkungsgradsteigernden Maßnahmen und die Wärmenutzung für externe Wärmeanwendungen maßgebend.

Für die Bestimmung der anlagenspezifischen Stromkennzahl σ_{KWK} für Anzapf- und Entnahmekond.-Dampfturbinenanlagen existieren nach dem derzeitigen Erkenntnisstand die folgenden qualitativ und vom Aufwand her unterschiedlichen Möglichkeiten:

- a) Eine Referenzmessung zur Ermittlung der Stromkennzahl der Gegendruckscheibe, die eine einmalige Bestimmung der am Abwärme-Kondensator abgegebenen Wärmemenge beinhaltet, stellt vor allem für Anlagen, deren Brennstoffeinsatz schwierig zu bestimmen ist, eine sichere Methode dar.
- b) Für gasgefeuerte Anlagen bietet das aus einem kurzzeitigen Messbetrieb herzu- leitende Verhältnis zwischen Kondensationsstromerzeugung und Abwärmemenge eine mit (a) vergleichbare Genauigkeit. Dieses Verhältnis wird aus
 - dem Brennstoffbedarf,
 - den im wesentlichen aus Abgasverlusten bestehenden Gesamtverlusten so- wie
 - der mit Hilfe der ohnehin zu installierenden Wärmemessung zu ermittelnden Stromeinbuße bestimmt.
- c) Eine interessante Möglichkeit, die die Genauigkeit von (a) und (b) erreicht, stellt für viele Fälle die messtechnische Bestimmung einer auf den Dampfmassen- strom bezogenen Stromkennzahl in Verbindung mit einer auch im laufenden Be- trieb vorzunehmenden Dampf-mengenmessung an der Entnahmestelle anstelle einer Wärmemengenmessung dar.

- d) Nur unwesentlich ungenauer ist die Abwandlung von (c), bei der die auf den Dampfmassenstrom bezogene Stromkennzahl aus turbinenspezifischen Entnahmediagrammen oder ersatzweise durch eine Herleitung über den Turbinenwirkungsgrad, den Entspannungsverlauf bzw. das Enthalpiegefälle bestimmt wird.
- e) Ebenso ist eine Vorgehensweise entsprechend (a) oder (b), bei der der Teilschritt zur Bestimmung des Verhältnisses zwischen Kondensationsstromerzeugung und Abwärmemenge nicht messtechnisch, sondern aus Kreislaufrechnungen vorgenommen wird, von hinreichender Genauigkeit.
- f) Auch ein Vorschlag, bei dem ebenfalls auf Referenzmessungen verzichtet wird und für den Gesamtnutzungsgrad sowie für die Stromeinbuße, die zur Bestimmung einer Stromkennzahl der Gegendruckscheibe erforderlich sind, Pauschalwerte vorgeschlagen werden, stellt in einem bestimmten noch zu bestimmenden Einsatzbereich eine hinreichend genaue Möglichkeit dar.
- g) Der in der ursprünglichen Entwurfsfassung des AGFW-Arbeitsblattes FW 308 enthaltene Vorschlag, der auf eine laufende Messung der Abwärme hinausläuft, ist allerdings bei Nutzwärmeauskopplungen, die unter 50 % der theoretisch maximalen Auskopplung liegen, recht ungenau.
- h) Der in der Entwurfsfassung des AGFW-Arbeitsblattes FW 308 vom Dezember 2000 enthaltene Vorschlag stellt in der vorliegenden Form kein akzeptables Verfahren dar, da die Stromeinbuße infolge der Wärmeauskopplung ignoriert wird.
- i) Dagegen kann das AGFW/VDEW-Verfahren zumindest bei im Verhältnis zur Stromerzeugung nicht zu kleinen Wärmeauskopplungen als Grundlage für eine KWK-Stromzertifizierung dienen. Hier wird nur der Brennstoffanteil der KWK-Stromerzeugung als linearer Zusammenhang zwischen Kondensationswirkungsgrad und theoretischem Gesamtnutzungsgrad bei vollständiger Wärmeauskopplung (dies entspricht auch dem Gesamtnutzungsgrad der Gegendruckscheibe) mithilfe der aus laufenden Messungen von Strom, Wärme und Brennstoff ermittelten tatsächlichen Gesamtnutzungsgrades berechnet. Die KWK-Stromerzeugung ergibt sich dann aus der Bilanz

$$\text{KWK-Strom} = \text{Brennstoffanteil} \times \text{theoretischer Gesamtnutzungsgrad} - \text{Wärmeauskopplung.}$$

Die genannten Methoden unterscheiden sich – abgesehen von der Genauigkeit – hinsichtlich

- der physikalischen Plausibilität,
- der Nachvollziehbarkeit und damit hinsichtlich der Akzeptanz,
- des Aufwandes zur einmaligen Einstufung einer Anlage (Anlagen-Zertifizierung) und
- des laufenden Aufwandes im Betrieb.

Bei vorhandenen Anlagen macht es die Vielzahl unterschiedlicher Konfigurationen sinnvoll, die Anlagenzertifizierung anlagenspezifisch zu gestalten, um den Aufwand für die Zertifizierung im Rahmen zu halten. Maßstab sollte dabei ein angepasstes Verhältnis zwischen Genauigkeit und Fördervolumen sein. In einem gewissen Rahmen könnte es auch dem Anlagenbetreiber überlassen bleiben, den Aufwand zu bestimmen, wenn ausgeschlossen ist, dass eine geringere Genauigkeit tendenziell zu einer höheren Förderung führt.

Für Neuanlagen sollten eigenständige Referenzmessungen in ohnehin stattfindende Abnahmemessungen integriert werden.

4.2 Vorgeschlagene Verfahren zur Qualitätsabgrenzung

Im Rahmen der Studie wurden neben der getrennten Erfassung physikalisch begründeter KWK-Stromerzeugung⁴ eine Reihe von vorgeschlagenen Zertifizierungsverfahren einer ausführlichen Prüfung unterzogen. Die anderen Verfahren stellen Ansprüche an die Effizienz bzw. Betriebsweise einer KWK-Anlage, die auf bestimmte Anforderungen hinsichtlich der Nutzungsgrade, des Verhältnisses der Strom- zur Wärmeerzeugung oder der Einsparung an Primärenergie bzw. CO₂-Emissionen gegenüber einem Referenzsystem der getrennten Erzeugung abgestellt sind. Tabelle 4–2 gibt eine systematische Übersicht über die geprüften Vorschläge. Im folgenden werden die Merkmale der behandelten Vorschläge in Verbindung mit einer kurzen Bewertung dargestellt.

Die Vorschläge unterscheiden sich besonders

- nach den Bilanzgrenzen der Betrachtung (z. B. KWK-Anlage oder Wärmeerzeugungssystem) und
- danach, ob ein Referenzmasstab vorgegeben wird (z. B. Zero-Strom) oder die Bewertung auf der Grundlage der KWK-Anlage selbst erfolgt (AGFW-Vorschlag).

Die Vorschläge werden zwar i. d. R. mit bestimmten Vorstellungen zur Bilanzgrenze verknüpft, jedoch ist in allen Fällen eine Anpassung an andere Bilanzierungsvorgaben möglich.

Da die Notwendigkeit von Erhaltung und Ausbau der KWK insbesondere mit der erforderlichen Reduktion von Treibhausgasen begründet wird, wird teilweise die Reduktion von CO₂ in die Kriterien mit einbezogen. In der Beurteilung lassen sich dabei drei Einflüsse voneinander unterscheiden:

- Bei der Bewertung von KWK geht es zunächst um die höhere Energieeffizienz des KWK-Prozesses und diese ist unabhängig vom Brennstoff. Allerdings ergeben sich in Abhängigkeit vom Brennstoff unterschiedliche technische Spielräume für die Energieeffizienz (*Technologieeffekt*).
- Bei gegebener Effizienz bestimmt der in der KWK-Anlage eingesetzte Brennstoff aufgrund des unterschiedlichen Kohlenstoffgehalts die Emissionen von CO₂ (*Brennstoffeffekt*).
- Die Einsparung von CO₂ gegenüber einer ungekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme lässt sich nur Mithilfe eines Vergleichs gegenüber einem Referenzprozess der ungekoppelten Erzeugung ermitteln.

Es spricht von vornherein einiges dafür, den eigentlichen Technologieeffekt der KWK, die Fähigkeit zur rationellen Energienutzung bzw. die Primärenergieeinsparung als Hauptkriterium einfließen zu lassen, weil der CO₂-Minderungseffekt in hohem Maße von der Brennstoffwahl beeinflusst wird. Die Brennstoffwahl selbst ist nicht KWK-spezifisch.

⁴ Im Folgenden wird diese Möglichkeit, unabhängig von den unterschiedlichen existierenden Bestimmungsmethoden, „AGFW-Vorschlag“ genannt.

Für die Wahl des Referenzsystems gibt es keine eindeutige Grundlage, denn es handelt sich ja um einen „was wäre wenn Ansatz“. Wie würde Strom- und Wärmeversorgung stattfinden, wenn es eine bestimmte KWK-Anlage oder die Gesamtheit aller KWK-Anlagen nicht gäbe? Da es auf diese Frage keine empirische Antwort gibt, stellt das Referenzsystem notwendigerweise ein Konstrukt dar. Daher kann es nicht das eindeutige richtige Referenzsystem geben. Methodisch bleibt dabei unbefriedigend, dass das Referenzsystem das Ergebnis des Vergleichs von gekoppelter und ungekoppelter Erzeugung entscheidend prägt.

Vor diesem Hintergrund weisen Kriterien, die auf Referenzsystemen basieren, von vornherein den Nachteil auf, dass eine Festlegung nicht konfliktfrei vonstatten gehen wird. Unterschiedliche Einsatzcharakteristiken der industriellen und der öffentlichen KWK führen zu einer weiteren Komplikationen.

Tabelle 4-2: Übersicht der bearbeiteten KWK-Qualitätskriterien

<p>1. Sortierkriterien zur Einordnung kompletter Anlagen über Grenzwerte</p> <p>1.1 Einwertige Kriterien</p> <p style="padding-left: 20px;">Monats-/Jahresnutzungsgrad Verhältnis der Stromerzeugung zur Wärmeerzeugung</p> <p>1.2 Kombination aus einwertigen Kriterien</p> <p style="padding-left: 20px;">Monats-/Jahresnutzungsgrad und Verhältnis Stromerzeugung zur Wärmeerzeugung</p> <p>1.3 Einwertiges Kriterium unter Berücksichtigung einer Referenzwärmeerzeugung sowie eines Referenzsystems der getrennten Stromerzeugung</p> <p style="padding-left: 20px;">Elektrischer Netto-Jahresnutzungsgrad unter Einrechnung einer Wärme-gutschrift = <i>KWK-Nutzungs-/Wirkungsgrad gemäß Tolle</i></p> <p>2. Sortierkriterien zur Einordnung der KWK-Erzeugung jeweiliger Anlagen</p> <p>2.1 Anlagenspezifische Unterteilung nach Kond.- und Gegendruck(HKW-)scheibe ohne Berücksichtigung eines allgemeinen Referenzsystems</p> <p style="padding-left: 20px;"><i>AGFW-Vorschlag</i></p> <p>2.2 Anlagenspezifische Feststellung der Primärenergieeinsparung gegenüber einem Referenzsystem der getrennten Strom- und Wärmeerzeugung</p> <p style="padding-left: 20px;"><i>Zero-Strom (BET-Vorschlag)</i> <i>Brennstoffbewertung über Vergleichsmärkte (Vorschlag Prof. Dittmann)</i> Primärenergieeinsparung: ΔPE-Kriterium (<i>Wuppertal-Institut</i>)</p> <p>2.3 Anlagenspezifische Feststellung der CO₂-Minderung gegenüber einem Referenzsystem der getrennten Strom- und Wärmeerzeugung</p> <p style="padding-left: 20px;">Maß der CO₂-Minderung: ΔCO_2-Kriterium (<i>Wuppertal-Institut</i>)</p>

4.2.1 Einfache Kriterien

Monats-/Jahresnutzungsgrad

Bei Mindestanforderungen an den Monats-/Jahresnutzungsgrad handelt sich um ein leicht handhabbares Kriterium, das bereits im Rahmen der Mineralölsteuerbefreiung

für KWK-Anlagen (Voraussetzung: Mindestnutzungsgrad $\zeta_{\text{ges}} \geq 70\%$) gemäß Mineralölsteuergesetz angewendet wird.

Verhältnis der Stromerzeugung zur Wärmeerzeugung

Bei dem Kriterium, das auf einem Mindestverhältnis der Stromerzeugung gegenüber der Nutzwärmeerzeugung einer Messperiode⁵ basiert, handelt es sich bei entsprechender vorhandener Betriebsmesstechnik ebenfalls um ein leicht handhabbares Kriterium.

Kombination Jahresnutzungsgrad + Verhältnis Stromerzeugung/Wärmeerzeugung

Durch Kombination der beiden zuvor genannten einfachen Kriterien lässt sich das zertifizierungsfähige Anlagenspektrum weiter einschränken.

4.2.2 KWK-Wirkungsgrad (Tolle)

Es wird ein elektrischer Netto-Jahresnutzungsgrad der KWK-Anlage unter Einrechnung einer Wärmegutschrift ermittelt. Die Wärmegutschrift ergibt sich unter Berücksichtigung eines Referenzfalles der getrennten Wärmeerzeugung. Schließlich kommt die Effizienz der KWK anhand eines Vergleiches mit dem elektrischen Jahresnutzungsgrad eines Referenz-Kraftwerkes zum Ausdruck. Die Zertifizierung einer KWK-Anlage wird also vom Ansatz eines Referenzsystems abhängig gemacht.

4.2.3 Definierter KWK-Strom (AGFW-Vorschlag)

Definierter KWK-Strom (siehe Abschnitt 4.1) ist i. d. R. mit Primärenergieeinsparung und je nach Ansatz eines Referenzsystems mit CO₂-Minderung verbunden. So ist es naheliegend, die Kategorie KWK-Strom auch als Qualitätskriterium und als Basis einer Zertifizierung zu wählen. Die Abgrenzung wäre unabhängig von Grenzwerten und Referenzsystemen der getrennten Erzeugung. Jede KWK-Anlage könnte je nach Fahrweise ein gewisses Quantum an definiertem KWK-Strom erzeugen. Bei KWK-Förderung ergäbe sich damit eine stufenlose Anreizwirkung für Primärenergieeinsparung.

4.2.4 Zero-Strom

Dies entspricht vom Grundprinzip her einer anlagenspezifischen Feststellung der Primärenergieeinsparung gegenüber einem Referenzsystem der getrennten Strom- und Wärmeerzeugung, die in Form von brennstofffrei erzeugtem Strom zum Ausdruck kommt. Der brennstofffrei erzeugte Strom kann dann wiederum die Basis für eine Förderung darstellen. Dabei ist keine Differenzierung von Kondensations- und Gegendruckstrom (KWK-Strom) erforderlich. Das Referenzsystem kann so angesetzt werden, dass der gesamte KWK-Anlagenbestand zu mehr oder weniger brennstofffrei erzeugtem Strom führt (hocheffiziente Anlagen erzeugen dann viel förderungswürdigen brennstofffreien Strom und gering effiziente wenig). Das zugrundeliegende Prinzip wäre auch auf eine Zertifizierung von CO₂-frei erzeugtem Strom übertragbar, wodurch sich eine Vergleichbarkeit zu CO₂-freien erneuerbaren Energien ergeben würde.

⁵ Für Anlagen der Kategorie a) entspricht dieses Verhältnis der Stromkennzahl. Die Stromkennzahl der Anlagen der Kategorie b) bezieht sich dagegen auf die Gegendruckscheibe.

4.2.5 Brennstoffbewertung über Vergleichsmärkte (Dittmann)

Die Grundidee besteht darin, staatlich gewünschte Brennstoff- bzw. Emissionsreduktionsziele planbar zu machen, indem Grenzwerte für eine Mindesteinsparung gegenüber einem zu definierenden Referenzfall festgelegt werden und gleichzeitig diese Ziele durch eine Selbstregulation über den Strom- und den Wärmemarkt zu erreichen. Im Strommarkt obliegt es dem Bilanzkreisverantwortlichen, durch Gestaltung seines Bezugportfolios die staatlichen Vorgaben der Brennstoffeinsparung nachzuweisen, anderenfalls hat er noch zu definierende Pönalen zu entrichten. Durch die Brennstoffbewertung für KWK nach dem Vergleichsmarktprinzip steht dem Bilanzkreisverantwortlichen eine Stromquelle mit hohem Nutzungsgrad zur Verfügung, die ihm hilft, die Einsparforderung zu erfüllen.

4.2.6 Δ PE-Kriterium (Wuppertal-Institut)

Es wird die jährliche Primärenergieeinsparung gegenüber einem Referenzsystem der ungekoppelten Erzeugung ermittelt. Die prozentuale Primärenergieeinsparung wird anschließend zur Gewichtung einer förderfähigen/zertifizierbaren KWK-Stromerzeugung oder -Wärmeerzeugung herangezogen.

4.2.7 Δ CO₂-Kriterium (Wuppertal-Institut)

In analoger Weise wird die relative CO₂-Minderung gegenüber einem Referenzsystem zur Gewichtung einer zertifizierbaren KWK-Strom- bzw. Wärmeerzeugung verwendet.

4.3 Vergleichende Bewertung

4.3.1 Numerischer Vergleich

Da die CO₂-Minderung der KWK-Anlagen im Allgemeinen stärker durch die Wahl des Brennstoffes geprägt sein kann als durch die technologische Effizienz, ist es von vornherein sinnvoller, die bewirkte Primärenergieeinsparung als Maßstab zur Beurteilung der Qualitätskriterien zu wählen. In Abbildung 4–1 ist die Abhängigkeit der Primärenergieeinsparung (gegenüber stromseitig 38 % und wärmeseitig 80 % Nutzungsgrad, inkl. 12 % Wärmeverteilungsverluste bei der KWK) vom Gesamtnutzungsgrad und vom elektrischen Nutzungsgrad der KWK-Anlage dargestellt. Die durchgezogenen Geraden stellen Anlagen dar, deren elektrische Effizienz unabhängig von der Wärmeauskopplung ist, und die gestrichelten Kurven geben das Verhalten von drei Entnahme-Kondensationsanlagen unterschiedlicher Güte wieder.

Aus der Abbildung wird deutlich, dass die einfachen Kriterien wie das Gesamtnutzungsgrad-Kriterium, das Strom-/Wärmeerzeugungskriterium (bzw. Stromkennzahlkriterium) und die Kombination dieser beiden Kriterien untauglich sind, weil leicht Anlagen, deren Erzeugung überhaupt keinen Beitrag zur Primärenergieeinsparung leistet, in den Genuss einer Förderung kommen könnten.

Nimmt man dagegen den definierten Strom (AGFW-Vorschlag) als Bemessungsgrundlage, so ergibt sich gemäß Abbildung 4–1 ein ganz anderes Bild. Der Gesamtnutzungsgrad liegt hierbei i. d. R. über 80 %, meistens sogar oberhalb von 85 %, so dass die Primärenergieeinsparung i. d. R. in der Nähe des Fluchtpunktes der Geraden, die sich auf den elektrischen Nutzungsgrad beziehen, abzulesen ist. Dies gilt

ausdrücklich auch für die Wirkungsweise der Gegendruckscheibe einer Entnahme-Kondensationsanlage. Demzufolge kann festgestellt werden, dass jeglicher KWK-Strom – in Abhängigkeit vom gewählten Referenzsystem – einen (ähnlich) hohen Beitrag zur Primärenergieeinsparung je kWh erzeugter elektrischer Energie leistet.⁶

Aus der Analyse des *KWK-Wirkungsgrades* (Tolle) hat sich ergeben, dass der eigentlich bestehende lineare Zusammenhang zwischen Gesamtnutzungsgrad und Primärenergieeinsparung einer Anlage und damit ein gewisses Maß an Anschaulichkeit verloren gehen würde.

Das Kriterium *Zero-Strom* spiegelt dagegen die Primärenergieeinsparung exakt wider: Sie ergibt sich, wenn die Zero-Strommenge durch den elektrischen Nutzungsgrad der Referenzstromerzeugung dividiert wird.

Für das ΔPE -Kriterium (und je nach Brennstoff in noch stärkerem Maße beim ΔCO_2 -Kriterium) gilt, dass eine KWK-Anlage mit geringer Stromkennzahl trotz einer gleich hohen Primärenergieeinsparung weniger Förderung-/Zertifikateinheiten als eine Anlage mit hoher Stromkennzahl erhalten würde. Diese Differenzierung würde zu einer so extrem unterschiedlichen Förderung von Anlagen führen, dass durchaus sinnvolle Anwendungen herausfallen könnten.

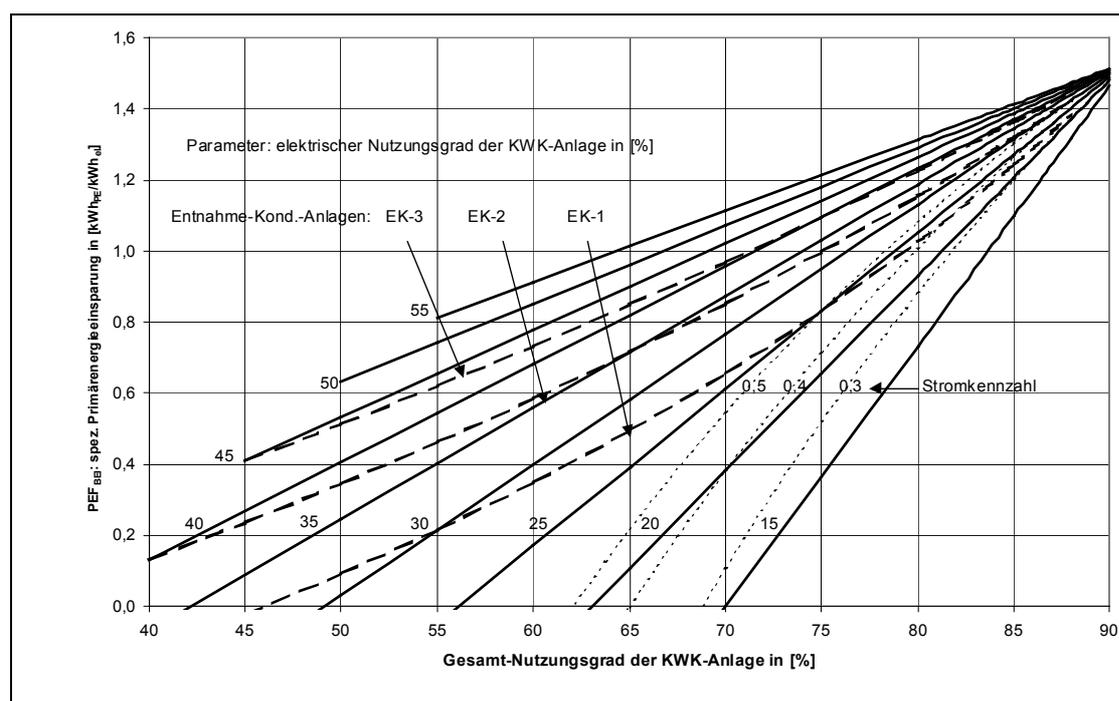


Abbildung 4-1: Primärenergieeinsparung und Nutzungsgrade

Ein Fazit der numerischen Betrachtung ist, dass die Erzeugung von definiertem KWK-Strom (AGFW-Vorschlag) in hohem Maße mit Primärenergieeinsparung verknüpft ist und sich unter diesem Aspekt gut als maßgebliches Qualitätskriterium eignen würde. Wenn allerdings nach der CO₂-Minderung gefragt wird, die ja in erhebli-

⁶ Die größeren, in vielen Studien hervorgehobenen Unterschiede in der Einsparung von CO₂-Emissionen sind demnach weniger auf unterschiedliche technologische Effizienzen, sondern vielmehr auf die eingesetzten Primärenergieträger zurückzuführen (inkl. der Effekte, die sich z. B. bei gasbetriebenen Anlagen durch einen größeren technischen Spielraum ergeben).

chem Maße von der Brennstoffwahl abhängt, ergeben sich bei mäßig effizienten Kohle-HKW je nach Ansatz des Referenzsystems durchaus auch negative Effekte (während gasbetriebene KWK-Anlagen bzgl. der CO₂-Reduktion eher unkritisch sind). Zwar ist es nicht sinnvoll, den mit dem in der KWK-Anlage eingesetzten Brennstoff verbundenen CO₂-Effekt gleichwertig mit dem Technologieeffekt in die Betrachtung eingehen zu lassen. Jedoch könnte mit einem „weichen“ Zusatzkriterium gewährleistet werden, dass hinsichtlich der CO₂-Minderung ein Mindeststandard eingehalten wird, indem Mithilfe eines ergänzten einfachen Kriteriums CO₂-Minderung gegenüber einem Referenzsystem sichergestellt wird.

Dies soll anhand eines Beispielen verdeutlicht werden:

In Abbildung 4–2 sind die CO₂-Minderungen je kWh elektrischer Energie für kohlegefeuerte KWK-Anlagen gegenüber einem Referenzsystem der getrennten Erzeugung aufgetragen worden. Dabei ist für die ungekoppelte Erzeugung beispielhaft zugrunde gelegt worden:

- Stromerzeugung: 0,807 kg CO₂ / kWh_e (Steinkohle/Erdgas 1998)
- Wärmeerzeugung: 0,270 kg CO₂ / kWh_{Brennstoff} (Wärmemix 1999)
Nutzungsgrad: 80 %
- für die KWK-Wärmenutzung sind 12 % Verteilungsverluste berücksichtigt.

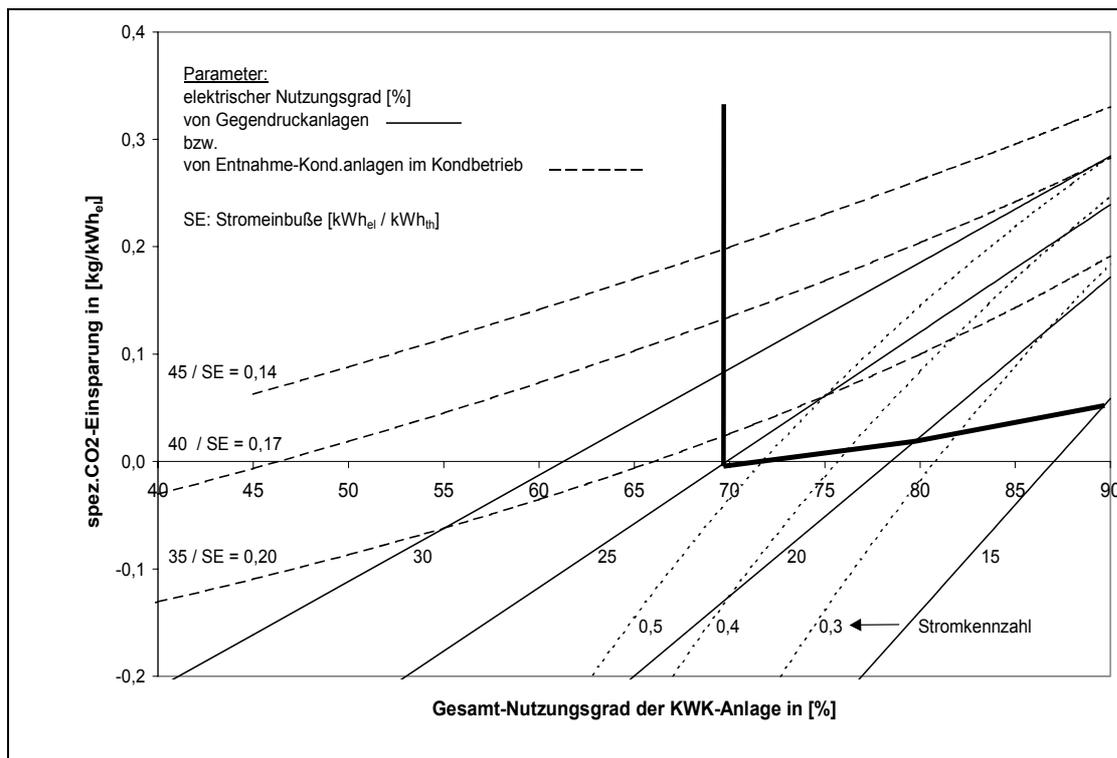


Abbildung 4-2: CO₂-Minderung von KWK-Anlagen gegenüber einem Referenzsystem der getrennten Erzeugung (siehe Text).

Die Darstellung zeigt den grundsätzlichen Einfluss von Gesamtnutzungsgrad und elektrischem Nutzungsgrad auf die CO₂-Einsparung. Die durchgezogenen Geraden charakterisieren das Verhalten von Gegendruckanlagen (bzw. von Gegendruck-

scheiben einer Entnahmekond.-Anlage) und die gestrichelten gekrümmten Linien das Verhalten von Entnahme- bzw. Anzapf-Kondensationsanlagen.

Unter der Maßgabe eines Referenzsystems würde man anstreben, die jeweils unter die Nulllinie fallenden KWK-Anlagen auszugrenzen. Dies lässt sich in dem vorliegenden Beispiel bewerkstelligen, indem elektrische Mindestnutzungsgrade in Abhängigkeit von den vorhandenen Gesamtnutzungsgraden gefordert werden:

Gesamtnutzungsgrad ζ_{ges}	70	80	90
Elektr. Nutzungsgrad ζ_{el}	25	20	15

Der Bereich, der diesen Bedingungen genügt, ist in Abbildung 4–2 durch dicke Linien abgegrenzt. Bei diesen als Beispiel angesetzten Zusatzanforderungen würden nur wenige Anlagen aus einer Förderung herausfallen. Das Referenzsystem wird hierbei, anders als bei den Zero-Strom-, ΔPE -, ΔCO_2 - und KWK-Wirkungsgrad-Kriterien, lediglich zur Begründung des Ansatzes einer Zusatzanforderung verwendet und unterliegt damit nicht in dem Maße dem Problem einer Konsensfindung. Aber aufgrund des ohnehin bestehenden endogenen Anreizes, eine mäßig effiziente KWK-Anlage bei nächster Gelegenheit durch eine effiziente, in hohem Grade CO_2 -mindernde Anlage zu ersetzen, um im Rahmen einer stromspezifischen Förderung zu höheren Zusatzeinnahmen zu kommen, sollte eher auf Zusatzanforderungen verzichtet werden.

4.3.2 Vergleichende Bewertung

Tabelle 4–3 gibt einen Überblick über die Bewertung der verschiedenen Vorschläge nach den in Tabelle 4–1 genannten Kriterien. Der Vorschlag, den *definierten KWK-Strom (AGFW-Vorschlag)* als maßgebliches Qualitätskriterium zu verwenden, erweist sich bei den Kriterien gegenüber anderen Vorschlägen als gleichwertig bzw. überlegen.

Sein besonderer Vorteil liegt u. a. darin, dass kein externes Referenzsystem notwendig ist, so dass die Zertifizierung alleine auf die Anlage bezogen ist. Dies hat große Vorteile für die Durchsetzung, und es bietet der Betreiberseite mehr Planungssicherheit, weil keine Störungen durch später zunehmende Ansprüche, indem Grenzkriterien oder Referenzsysteme sich mit der Zeit verschärfen, zu befürchten sind.

Außerdem fallen die Vorteile auf Seiten der energiepolitischen Zielerfüllung und bzgl. der endogenen Anreize zur Erfüllung der Ziele besonders ins Gewicht. Denn es wird auf der Basis dieses Qualitätskriteriums jegliche KWK-Erzeugung unabhängig von dem eingesetzten Brennstoff gefördert, während bei anderen Qualitätskriterien zumindest Eintrittsschwellen, die durch Grenzwerte oder Referenzsysteme gesetzt werden, zu überwinden sind. Hier fällt zum Beispiel Wärmeauskopplung aus Großkraftwerken hinein, die eine zur zustande kommenden KWK-Stromerzeugung proportionale Förderung erlangen würde. Hierdurch würde wiederum die aus Gründen der Preisstabilität und der Versorgungssicherheit wichtige Kohleverstromung unterstützt werden. Mäßig effiziente existierende KWK-Anlagen würden auf der Basis einer Bezuschussung entsprechend ihrer KWK-Stromerzeugung eine Platzhalterfunktion ausüben können, um bei nächster sich bietender Gelegenheit durch eine effiziente Anlage ausgewechselt zu werden.

Tabelle 4-3: Bewertung verschiedener Zertifizierungsverfahren (eine ausführliche Erläuterung befindet sich in der Langfassung)

	Monats/Jahres- nutzungsgrad	Strom zu Wärme	Kombination aus beidem	definierter KWK-Strom	KWK- Wirkungsgrad	Zero- Strom	Vergleichs- märkte	ΔPrimär- energie	ΔCO ₂
Energiepolitische Ziel- erfüllung	-	-	+/-	++	+/-	+	-	+	+/-
Umweltpolitische Ziel- erfüllung	+/-	+/-	+/-	+	+	+	+/-	+	++
Endogene Anreize zur Erfüllung der Ziele	-	-	-	++	-	+	0	+	+
Transparenz	-	-	-	+	+/-	+/-	-	+/-	+
Akzeptanz	-	-	-	+	+/-	+/-	+	+/-	+/-
Praktikabilität, Transaktions-, Vorbereitungsaufwand	++	+	+	+	+	+	--	+	+
Kompatibilität mit ande- ren gesetzlichen Rege- lungen	++	0	0	+	+/-	+/-	0	+/-	-
Kompatibilität mit KWK- Stromförderung	+	+	+	+	+	+	0	+	+
Kompatibilität mit KWK- Wärmeförderung	+	+	+	+	+	+	0	+	+
Kompatibilität mit EU- Regelungen	+/-	+/-	+/-	++	-	-	-	-	-
Missbrauchschutz, Kon- trollaufwand	-	-	+/-	+	+/-	+	+/-	+	+

Unter der Maßgabe des ΔCO_2 -Kriteriums würden beide Fälle aus einer Förderung herausfallen. Um dem Bestand gerecht zu werden, müssten bei Anwendung des ΔCO_2 -Kriteriums hierfür eigene Qualitätskriterien festgelegt werden. Da die KWK ohnehin zum Erdgaseinsatz tendiert, würde ein in Richtung Primärenergieeinsparung weisendes Kriterium wahrscheinlich kaum zu einem anderen Ergebnis als ein CO_2 -orientiertes Kriterium führen.

Ein *Mindest-Monats-/Jahresnutzungsgrad* birgt die Schwäche, dass nicht die energetische Effizienz, sondern eine im Vergleich zur Stromerzeugung hohe Wärmeauskopplung honoriert wird. Die Einstufung, ob eine Anlage das Kriterium erfüllen wird, orientiert sich zu wenig am Maß der Primärenergieeinsparung. So entwickelt sich hieraus auch kein Anreiz für eine Wärmeauskopplung aus einem Großkraftwerk, weil diese üblicherweise im Vergleich zur Stromerzeugung gering ist und den Nutzungsgrad nur wenig anhebt. Bei einer Mindestanforderung an das *Verhältnis der Stromerzeugung zur Wärmeerzeugung* wird dagegen eine im Vergleich zur Wärmeauskopplung hohe Stromerzeugung belohnt. Das heißt, das Großkraftwerk würde in Verbindung mit einer geringen Wärmeauskopplung das Kriterium mühelos erfüllen, während ein HKW, das zu einer hohen Wärmeauskopplung führt und einen hohen Gesamtnutzungsgrad bietet, herausfallen könnte. Wenn die beiden vorgenannten Mindestkriterien in Kombination zur Anwendung kommen, lässt sich hiermit zwar ein Spektrum von KWK-Anlagen festlegen, das Primärenergieeinsparung erwarten lässt, jedoch sind auch ungerechtfertigte Ausgrenzungen zu erwarten.

Beim *KWK-Wirkungsgrad* ergeben sich Akzeptanzprobleme, weil sich leicht Ersatzwerte für den elektrischer Nutzungsgrad ergeben können, die über das mögliche thermodynamische Maß hinausgehen. Der Vorschlag zur *Brennstoffbewertung über Vergleichsmärkte* weist von vornherein bei der Umsetzung im Wärmemarkt Probleme auf, weil der Wärmemarkt zu heterogen ist, um die vorgegebenen Ansprüche regional durchsetzen zu können.

Beim ΔPE -Kriterium ebenso wie beim ΔCO_2 -Kriterium würden hocheffiziente KWK-Anlagen einen überproportionalen Zuschuss erhalten, so dass es zu deutlichen Fördergegensätzen kommen würde. Dies würde sich vor dem Hintergrund des ΔCO_2 -Kriteriums bei hocheffizienten gasbetriebenen Anlagen gegenüber kohlebetriebene Anlagen noch mehr verschärfen.

4.4 Rahmenbedingungen zur Durchführung der Zertifizierung

4.4.1 Grundmuster der Zertifizierung

Bei jeglicher KWK-Förderung ist es sinnvoll, eine Mindestgüte des geförderten Produktes abzusichern. Es muss sichergestellt werden, dass nur der Teil der Erzeugung einer KWK-Anlage, der mit dem entsprechenden Umwelt- und Ressourcenschonungseffekt ausgestattet ist, in ein Förderregime eingeordnet wird. Die in Abschnitt 4.3 durchgeführten Kriterienvergleiche haben ergeben, dass sich der definierte KWK-Strom aus verschiedenen Gründen besonders gut als Maßstab für eine Förderung eignet. So bietet es sich an, die Zertifizierung auf den identifizierbaren KWK-Strom abzustellen und eventuell mit einem Zusatzkriterium zu versehen.

Der wesentliche Teil der KWK-Erzeugung geschieht in Anlagen, deren KWK-Stromerzeugung einen variablen Anteil der gesamten Stromerzeugung darstellt. In diesen Fällen lässt sich die KWK-Stromerzeugung nicht ohne weiteres an einem Strom-

zähler ablesen, sondern sie muss, wie in den vorangegangenen Abschnitten erläutert, aus anderen Messgrößen rückgeschlossen werden. Dabei geht es darum, einen anlagenspezifischen Proportionalitätsfaktor zu ermitteln, der eine Bestimmung der KWK-Strommenge über eine Nutzwärme-/(Dampfmengen-)Messung ermöglicht. Für die Bestimmung dieser Stromkennzahl sind prinzipiell die beiden folgenden Herangehensweisen denkbar:

- a) Sie wird aus den im laufenden Betrieb durchgeführten Messungen von Strom-, Nutzwärmeerzeugung und Brennstoffeinsatz unter Berücksichtigung von Pauschalannahmen ermittelt.
- b) Sie wird im Rahmen einer Anlagenzertifizierung erfasst, bei der eigenständige Referenzmessungen durchgeführt werden, auf zurückliegende Referenzmessungen zurückgegriffen wird oder eine Beurteilung anhand von bekannten Daten und Kreisprozessbetrachtungen erfolgt.

Bei a) wird die Bestimmung der Stromkennzahl der Gegendruckscheibe in kurzen Abständen oder auch jährlich wiederholt (KWK-Strombestimmungsmethode f) gemäß Abschnitt 4.1). Dies setzt voraus, dass die genannten Messgrößen hinreichend genau erfasst werden und das Ergebnis nicht durch Fahrweisen, die KWK vortäuschen (z. B. Heizumleitbetrieb), verfälscht wird. Der geringe technische Aufwand dieser Herangehensweise ist als Vorteil zu werten.

Bei einer Herangehensweise gemäß b) wird die anlagenspezifische Grundlage der KWK-Strombestimmung, i. d. R. die Stromkennzahl der Gegendruckscheibe, einmalig durch einen unabhängigen Gutachter bestimmt, der

- zugleich auch die Eignung der Betriebsmesstechnik und sonstige Einflüsse, die das Ergebnis verfälschen können, erfasst und
- schließlich die Ausstattung und Prozedur zur laufenden KWK-Strombestimmung zwecks Erlangung von Zertifikaten festlegt.

Diese Vorgehensweise bietet den Vorteil, dass der Zertifikatausgabestelle bzw. einer zwischengeschalteten Prüfinstanz in hinreichendem Maße Informationen über jeweilige Anlagen vorliegen, die automatisierte Plausibilitätsprüfungen der anschließend gemeldeten Betriebsdaten erlauben. Dafür ist sie von vornherein mit einem höheren Aufwand verbunden. Aber um ein gleiches Maß an Vertrauensschutz bieten zu können, wäre die Ausrichtung a) in jedem Fall mit einem wesentlich höheren laufenden Kontrollaufwand verbunden.

Die weiteren Ausführungen zu organisatorischen Aspekten beschränken sich auf die Beschreibung der komplexeren Herangehensweise b):

Anlagenbetreiber haben eine Einbeziehung in das Gütesicherungssystem bei einer neu zu schaffenden *Kontroll- und Zertifizierungsinstanz* zu beantragen. Diese wird am besten als zentrale Stelle eingerichtet,

- die die notwendigen Prozeduren für eine Anlagenzertifizierung in Abhängigkeit von der Anlagenart festlegt,
- Gutachter akkreditiert,
- eine Aufsichtsfunktion erfüllt und
- im weiteren Verlauf Zertifikate erteilt.

Für Anlagen, die sich oberhalb einer festzulegenden Leistungsklasse befinden bzw. nicht über eine Typprüfung in ihren Eigenschaften festgelegt sind, ist für die Ausstellung eines Anlagenzertifikats die Einschaltung eines Gutachters erforderlich.

Bei der durch unabhängige Gutachter durchgeführten Anlagenzertifizierung geht es vor allem darum,

- problematische Systemkonfigurationen zu erkennen,
- die Vollständigkeit und Korrektheit der für die Identifikation und spätere Ausstellung der Zertifikate notwendigen Messsysteme festzustellen,
- die Wärmeverwendung hinter dem Zähler zu hinterfragen und
- organisatorische Dinge festzulegen.

Zur Beurteilung von vorhandenen KWK-Anlagen sollten viele der in Abschnitt 4.1 aufgelisteten Bestimmungswege zugelassen werden. Später stattfindende Veränderungen werden als meldepflichtig eingestuft. In gewissem Rahmen lässt sich gezielt aus einer Inkonsistenz gemeldeter Erzeugungsdaten auf Überprüfungsbedarf schließen.

Die Ausgabe der Zertifikate erfolgt auf Antragstellung (Zeitabstände nach Wunsch des Anlagenbetreibers) bei der *Kontroll- und Zertifizierungsinstanz*. Hierfür sind die im Anlagenzertifikat festgelegten Erzeugungsdaten zu übermitteln. Nach einer Kontrolle, die auch von der zentralen Stelle an Dritte übertragen werden kann, erhält der Anlagenbetreiber das registrierte Zertifikat und kann es zur Erlangung einer Förderung einsetzen. Als Alternative hierzu ist eine Eigenzertifizierung durch den Betreiber mit periodischer Überprüfung der Zertifikatmengen durch die Kontrollinstanz vorstellbar. Nachdem es förderwirksam geworden ist bzw. als Nachweis einer Quotenerfüllung verwendet worden ist, wird es entwertet.

4.4.2 Organisatorische Anforderungen

Das Zertifizierungssystem sollte sich zügig bundesweit etablieren können und trotz hoher Zuverlässigkeit mit möglichst wenig Transaktionsaufwand verbunden sein. So wird es sinnvoll sein, die Anlagenregistrierung und die Zertifikatausgabe (bzw. eine Überwachung der von KWK-Betreibern ausgestellten Zertifikate) von einer zentralen Stelle aus vorzunehmen, während die im Rahmen der Anlagenzertifizierung anfallenden Begutachtungen von in den Regionen vorhandenen Fachleuten vorgenommen werden.

Die Mitwirkenden werden unter dieser Prämisse sein:

- eine Kontroll- und Zertifizierungsinstanz,
- eine unabhängige technische Prüfungsgesellschaft,
- Gutachter,
- KWK-Anlagenbetreiber.

Kontroll- und Zertifizierungsinstanz

Die Kontroll- und Zertifizierungsinstanz wird neu zu gründen oder an bestehende Einrichtungen anzugliedern sein, wobei es sich um eine unter staatlicher Aufsicht ste-

hende privatwirtschaftliche Organisation handeln kann, der in diesem Fall eine staatshoheitliche Aufgabe übertragen wird. Im Falle eines Zertifikathandelssystems würde sie, wie in Abschnitt 5.3 genannt, mit weiteren koordinierenden und überwachenden Aufgaben ausgestattet werden. Da sie eine Fülle von einzelbetrieblichen Daten verwaltet, kommt ihr ein hohes Maß an Sorgfaltspflicht hinsichtlich des Datenschutzes zu.

Es folgt eine Auflistung der Aufgaben der Kontroll- und Zertifizierungsinstanz:

Aufgaben der Kontroll- und Zertifizierungsinstanz im Zusammenhang mit der Zertifizierung:

- Zulassung (Akkreditierung) von Gutachtern
- Ersterfassung der KWK-Anlagen (Registrierung)
- Allgemeine Festlegungen der für die Zertifizierung erforderlichen Daten/Informationen
- Leitlinien zur Anlagenbegehung und zu evtl. Referenzmessungen durch Gutachter (evtl. auch Adaption von Leitlinien, die von anderer Seite erarbeitet worden sind, wie z. B. im Rahmen der AGFW)
- Erteilung der Anlagenzertifikate (elektronische Registratur der in den Zertifikaten enthaltenen Grunddaten der Anlagen, Eröffnung eines anlagenbezogenen Kontos für gemeldete Daten in einem zentralen Register)
- Bestimmung der zustehenden Zertifikatsmengen (elektronische Registratur der Zertifikate im Rahmen der Anlagen-Konten)
- Ausgabe von Zertifikaten (evtl. mit Hilfe des Internets mit verschlüsselten Informationen: Seriennummer, Ort, Datum, zertifizierte Menge)
- Veranlassung von Plausibilitätsprüfungen (Delegierung an eine unabhängige technische Prüfungsgesellschaft)
- Veranlassung von Kontrollen
- Festlegung von Sanktionen bei Manipulationen (Ausschluss oder Einleitung von Strafverfolgung, Ordnungswidrigkeitsverfahren bei unrichtigen Angaben) unter Beachtung von Zuständigkeiten
- Erarbeitung von KWK-Statistiken, Ermittlung der Primärenergieeinsparung und der CO₂-Minderung, Ermittlung von globalen Kenndaten (CO₂-Minderungskosten etc.)

Unabhängige technische Prüfungsgesellschaft

Es wird vorgeschlagen, dass Anlagenbetreiber die zur Erlangung von Zertifikaten erforderliche Meldung von Zählerständen nicht direkt an die Kontroll- und Zertifizierungsinstanz, sondern an eine unabhängige technische Prüfungsgesellschaft richten. Diese Gesellschaft sollte sich auf der Basis der zentral erfassten Daten der Anlagen-Zertifizierung (unter Ausnutzung von mit der Zeit zu erwartenden Lerneffekten) automatische Plausibilitätskontrollen erarbeiten. Widersprüchliche Daten würden eine Vor-Ort-Überprüfung auslösen. Erst nachdem die gemeldeten Daten als plausibel anerkannt wurden, werden sie als zertifizierungsgültig an die Zentralstelle weitergeleitet. Falls die Ausgabe durch die Anlagenbetreiber erfolgt, muss entsprechend die Anrechenbarkeit geprüft werden.

Aufgaben einer unabhängigen technischen Prüfgesellschaft im Rahmen der Zertifizierung:

- Empfang gemeldeter Erzeugungsdaten
- Durchführung von Plausibilitätsprüfungen
- Ggf. Durchführung von Vor-Ort-Kontrollen
- Weitergabe der geprüften Erzeugungsdaten an die Kontroll- und Zertifizierungsinstanz

Unabhängige Gutachter

Den wichtigsten und zugleich aufwendigsten Schritt der Gütesicherung stellt die Anlagenzertifizierung dar. Danach

- steht der Kontrollinstanz eine Beurteilungsbasis zur Verfügung, gemeldete Erzeugungsdaten in automatisierter Form auf Plausibilität zu prüfen,
- entspricht die messtechnische Ausstattung den spezifischen Vorgaben des Zertifizierungssystems und
- ist festgelegt, welche Daten zur Erlangung von Zertifikaten (bzw. zur Rechtfertigung selbst ausgestellter Zertifikate) zu übermitteln sind.

Gemäß Abschnitt 4.3 stellt die definierte KWK-Strommenge eine gut begründbare Größe zur Festlegung von Zertifikateinheiten dar. Um im Einzelfall zu angemessenen Zertifizierungskosten zu kommen, sollte für Altanlagen ein möglichst großes Spektrum der in Abschnitt 4.1 aufgelisteten Bestimmungsmethoden zugelassen werden.

Weiterhin wird ein Kostendämpfungseffekt durch eine freie Wahl des Gutachters und den damit verbundenen Wettbewerb erwartet. Die Gutachter werden ihre Zulassung bei der Kontroll- und Zertifizierungsinstanz beantragen. Die allgemeinen Akkreditierungsbedingungen müssen vorab definiert und bekannt gemacht werden. Allein schon um Engpässen aus dem Weg zu gehen, sollten die Kriterien nicht zu eng festgelegt werden.

Die fachliche Eignung und der Erfahrungshintergrund stellen sicherlich ein vorrangiges Kriterium dar. Weitere Anforderungen sind:

- Neutralität, Kompetenz in technischer und organisatorischer Hinsicht,
- Erfüllung allgemeiner Anforderungen an Zertifizierer (DIN EN 45000),
- Beachtung einschlägiger VDI- und VGB-Richtlinien.

Grundsätzlich geeignet sind:

- Planer/ vereidigte Sachverständige,
- Technischer Überwachungsverein (TÜV),
- (Hochschul-)Institute.

Für evtl. durchzuführende Messungen kommen auch Hersteller (z. B. Siemens, Alstom) und Betreiber in Frage, wobei Referenzmessungen durch zugelassene Gutachter überwacht und überprüft werden sollten.

Die wesentlichen Aufgaben des unabhängigen Gutachters im Rahmen der KWK-Zertifizierung:

- Bestimmung von Anlagenkenndaten (Messung, Berechnung, Einschätzung)
- Überprüfung (Einbau) der erforderlichen Messwerterfassung
- Einordnung problematischer Systemkonfigurationen
- Hinterfragung der Wärmeanwendung und ggf. des Eigenbedarfs
- Durchführung von Plausibilitätsprüfungen bezogen auf die grundsätzliche Einordnung
- Ggf. Koordinierung bzw. Begleitung von Referenzmessungen
- Festlegung der erforderlichen Betriebsmessung und der zu meldenden Daten

In Anknüpfung an bereits angelaufene Aktivitäten könnte die AGFW Anleitungen für die Anlagenzertifizierung erarbeiten:

- zugelassene Bestimmungsmethoden im Rahmen der Anlagenzertifizierung,
- Bilanzgrenzen,
- akzeptierte Wärmenutzungen,
- Anforderungen an Gutachter/Gutachterlisten etc.

Hierbei ist es wichtig, auch die Spezifika der Industrie-KWK-Anlagen mit zu beachten.

4.4.3 Ablauf der Zertifizierung

Zur Vorbereitung des Zertifizierungssystems ist es wichtig, Leitlinien hierfür erarbeitet zu haben, was im Vorgriff durch Verbandsarbeit geschehen könnte. Damit einhergehend ist eine Festlegung entweder in Form von Normen oder in Form von Verordnungen voranzutreiben, um ein entsprechendes Maß an Verbindlichkeit zu schaffen. Der Gründung einer Kontroll- und Zertifizierungsinstanz und dem Aufbau der damit verbundenen Infrastruktur kommt im nächsten Rang eine zeitliche Priorität zu. Danach geht es darum, Grundsätze für eine Zulassung von Anlagenzertifizierern zu erarbeiten und die Kooperation mit einer unabhängigen technischen Prüfungsgesellschaft festzulegen. Zum Startpunkt des Systems müssen Anleitungen und Formulare für Anlagenbetreiber zur Verfügung stehen und die elektronische Datenübermittlung und Kontenführung erprobt und datenschutzrechtlich abgesichert sein.

Im folgenden wird die Prozedur, die schließlich zur Erlangung von förderwirksamen Zertifikaten führt, aufgelistet:

Ein KWK-Betreiber möchte in das KWK-Fördersystem einbezogen werden (die ihm zustehenden förderwirksamen Zertifikate erlangen bzw. die Erlaubnis zur Ausstellung von Zertifikaten erhalten).



Er wendet sich an die Zertifikatausgabestelle und erhält ein Antragsformular (als elektronische Datei), eine Anleitung zur Anlagenzertifizierung in Abhängigkeit von Anlagenarten sowie Hinweise zu zugelassenen Gutachtern.



Drei Fälle im Rahmen der **Anlagenzertifizierung**:

- A) Herstellerangaben sind hinreichend (typgeprüfte Anlagen),
- B) es ist ein zugelassener Gutachter einzuschalten, der die Anlage besichtigt,
- C) es ist ein zugelassener Gutachter zur Durchführung von Referenzmessungen einzuschalten.



A) Ausfüllen des Antrages durch Planer /Betreiber
Beifügung des Typprüfungszertifikates
Antragsbestandteil: Benennung eines Verantwortlichen von Seiten des Betreibers, Daten für statistische Zwecke.

B) C) Gutachter füllt Antrag nach erfolgter Anlagenzertifizierung aus, freie Wahl des Gutachters



Der Antrag wird an die bundesweite Kontroll- und Zertifizierungsinstanz übermittelt, Einspeisung der Daten in eine elektronische Zentralkartei, Einrichtung eines anlagenspezifischen Datenkontos; insgesamt als gebührenpflichtiger Vorgang, der kostendeckend sein soll.



Der Betreiber erhält ein Anlagen-Zertifikat und die Mitteilung, dass er nunmehr an dem System teilnehmen kann; Auflage: Verpflichtung zur Meldung von Änderungen (Bringschuld).



Erlangung förderwirksamer Zertifikate:

Der Anlagenbetreiber übermittelt mit Hilfe eines elektronischen Antragsformulars in gewissen zeitlichen Abständen (Häufigkeit nach Wunsch des Betreibers, gebührenpflichtiger Vorgang) die relevanten Zählerstände an die technische Prüfungsgesellschaft.



Automatischer Plausibilitätscheck per EDV im Rahmen der unabhängigen technischen Prüfungsgesellschaft. Es wird davon ausgegangen, dass hierbei „Lerneffekte“ zum Tragen kommen, indem Anlagenergebnisse von Jahr zu Jahr verglichen werden können bzw. indem ein Vergleich mit ähnlichen Anlagen möglich ist. Bei Inkonsistenz Vor-Ort-Überprüfung (kostenpflichtig in Abhängigkeit von der Ursache, Rest aus allgemeinen Gebühren).



Die Kontroll- und Zertifizierungsinstanz stellt nach Freigabe durch die unabhängige technische Prüfungsgesellschaft die zustehenden Zertifikate aus bzw. bescheinigt deren Zulässigkeit.

4.4.4 Aufwand

Die Anlagenzertifizierung stellt für den Betreiber einer mit mehreren Freiheitsgraden ausgestatteten KWK-Anlage (Kategorie b) gemäß Abschnitt 4.1 den größten Kostenfaktor dar. Falls für den KWK-Anlagenbestand die in 4.1 genannte Vielfalt an Bestimmungsmöglichkeiten zugelassen wird, wird eine eigenständige Referenzmessung bei vorhandenen Anlagen eher den Ausnahmefall darstellen. Diese würde bei Entnahmekondensations-Anlagen bei den anspruchsvollen Bestimmungsmethoden in den Kostenbereich von 200 bis 400 TDM gehen. Indes fehlen bislang belastbare Kostenangaben in Abhängigkeit von Anlagentypen und Bestimmungsmethoden. Bei Methoden, die auf Referenzmessungen basieren, gehen zudem in starkem Maße anlagenspezifische Gegebenheiten, wie die Zugänglichkeit der Messstutzen, die existierende Betriebsmesstechnik, die Beeinträchtigung des planmäßigen Betriebes etc. in die Kosten ein.

Das Bestreben wird sein, Rückschlüsse aus ohnehin oder vorher durchgeführten Messungen und theoretischen Betrachtungen zu ziehen, so dass es in erster Linie um erheblich niedrigere Gutachterhonorare geht.

In welchem Maße für den laufenden Betrieb zusätzliche Messungen erforderlich sein werden oder Messstandards verbessert werden müssen, hängt ebenfalls von dem Einzelfall ab. Eine Nachrüstung von Messeinrichtungen kann Kosten in Höhe von bis zu 200 TDM nach sich ziehen. Im Rahmen der öffentlichen KWK gehört eine Messung der Stromerzeugung, der Nutzwärmeauskopplung⁷ und der Brennstoffzufuhr eher zum üblichen Standard. Dagegen ist für die KWK-Anlagen der Industrie davon auszugehen, dass in vielen Fällen zumindest eine Nachrüstung von Wärmemengenzählern erforderlich ist.

Die aufgrund der Zertifizierung auf den Betreiber zukommenden Kosten sollten in vernünftigem Verhältnis zu den auf dieser Basis erhältlichen Förderungen sein. So dürfte für eine Anlage, die nur noch wenige Jahre in Betrieb ist, eine grobe Erfassung unter Berücksichtigung von Abschlagfaktoren akzeptabel sein. Allerdings geht es bei der Zertifizierung überwiegend um einmalige Kosten, die zum Beispiel bei einer 10 MW_e-Anlage und 5000 Vollbenutzungsstunden sowie bei einem Bonus von 2 Pf/kWh_e im Vergleich zu zusätzlichen Jahreserlösen von 1 Mio. DM/a zu sehen sind.

Für Neuanlagen könnten die für die Akkreditierung relevanten Messungen in die ohnehin durchgeführten Abnahmemessungen eingebettet sein, so dass sie in dem Rahmen relativ niedrige Mehrkosten verursachen dürften. Ebenso lässt sich bei neuen Anlagen die für die Zertifizierung erforderliche Betriebsmesstechnik von vornherein gut den gegebenen Ansprüchen anpassen.

4.5 Vorbereitung der Zertifizierung, exemplarische anlagenscharfe Beschreibung deutscher KWK-Anlagen

Durch Analyse der Betriebsbedingungen einiger beispielhaft ausgewählter KWK-Anlagen soll ein Bild darüber gewonnen werden, welche Detailprobleme sich im Rahmen der Zertifizierung ergeben. Dabei ist jeweils die Anwendbarkeit verschiedener in Abschnitt 4.2 vorgestellter Zertifizierungskriterien geprüft worden.

⁷ Wobei häufig die für diesen Zweck erforderliche Untergliederung fehlt. So ist davon auszugehen, dass ein Heizumleitbetrieb selten getrennt erfasst wird.

4.5.1 Beispiele der öffentlichen KWK

Die KWK-Anlagen der öffentlichen Versorgung sind für die Versorgung örtlicher Versorgungsgebiete ausgelegt. Sie sind ein Teil der kommunalen Verbundversorgung mit Strom und Wärme. Die überwiegende Mehrzahl der Dampfturbinen-Heizkraftwerke wurde als Entnahmekondensationskraftwerk ausgeführt. Der Anteil des KWK-Betriebs in den Entnahmekondensationskraftwerken schwankt von Jahr zu Jahr aufgrund der Außentemperaturabhängigen Wärmenachfrage. Entsprechend variiert der Jahresnutzungsgrad der Anlagen.

Um möglichen ungünstigen Energieträgerpreisentwicklungen entgegen zu wirken, günstigere Energiebezugsbedingungen zu erhalten bzw. von sich verändernden Preisspannen zu profitieren, wurde häufig die Möglichkeit vorgesehen, in KWK-Anlagen unterschiedliche Brennstoffe einzusetzen.

Im Rahmen des Projektes wurden vier KWK-Anlagen der öffentlichen Versorgung exemplarisch untersucht. Bei den exemplarisch betrachteten KWK-Anlagen handelt es sich um ein Verbundkraftwerk, das sowohl im Verbundbetrieb als auch im Kesselbetrieb oder Gasturbinenbetrieb eingesetzt werden kann, um ein Müllheizkraftwerk, ein Steinkohleheizkraftwerk und eine GuD-KWK-Anlage. Sowohl das Verbundheizkraftwerk als auch das Müllheizkraftwerk und das Steinkohleheizkraftwerk sind mit einer Entnahmekondensationsturbine ausgestattet. Dadurch können die Anlagen flexibel zur Strom- und Wärmeversorgung eingesetzt werden.

Aus der Analyse der öffentlichen KWK-Anlagen hat sich ergeben, dass

- die an KWK-Anlagen durchgeführten regelmäßigen Messungen anlagenspezifisch und altersabhängig unterschiedlich sind. Hierbei sind in der Regel Messeinrichtungen für die elektrische und thermische Leistungsmessungen vorhanden. Die Messung der Brennstoffströme und der Wasser-Dampf-Kreisläufe ist jedoch oft sehr unterschiedlich.
- die Messunsicherheiten bis zu $\pm 5\%$ betragen.
- detaillierte Angaben zu technischen Daten (Anlagenkonzept, technischer Aufbau, Auslegungsgrundlagen, elektrische Leistungen, thermodynamische Daten, Brennstoff- und Rauchgasmassenströme) in der Regel im Zuge der Genehmigungsbeantragung den zuständigen Behörden dargelegt. Fraglich ist, ob zu Altanlagen auch ausführliche Darlegungen getätigt worden sind.
- Umbauten an Hauptkomponenten der KWK-Anlage (z. B. Kessel oder Turbine) meistens durch eine Gesamtmessung dokumentiert werden. Dagegen sind kleinere Umbauten wie beispielsweise an den Vorwärmern oder einzelnen Aggregaten (z. B. Pumpen) teilweise nicht vollständig dokumentiert.
- sich abhängig von der Alterung und dem Verschmutzungszustand der Turbine, des Kessels und anderer Anlagenteile die Anlagenleistungs-Kennzahlen verändert haben.

Unterschiedliche Förderkriterien können gegebenenfalls dazu führen, dass KWK-Anlagen entsprechend den Förderkriterien optimiert eingesetzt werden. Es wird deshalb nur prinzipiell diskutiert, ob für die jeweiligen KWK-Anlagen die Möglichkeit besteht, Förderkriterien zu erfüllen oder nicht.

Der mögliche flexible Einsatz wird am deutlichsten beim exemplarisch betrachteten Verbundkraftwerk. Werden Anforderungen an den Jahresnutzungsgrad $> 70\%$ gestellt, kann dieser im Verbundbetrieb nicht erfüllt werden. Im Gegensatz dazu ist dieses Förderkriterium im Kesselbetrieb oder im Gasturbinenbetrieb erfüllbar. Da im Kesselbetrieb dieselbe Fernwärmeleistung bereitgestellt werden kann, wird diese eingesetzt, sofern keine Stromerzeugungsrestriktionen existieren. Bei geringer Wärmenachfrage wird Gasturbinenbetrieb gefahren.

Eine solche Flexibilität ist beim Müllheizkraftwerk nicht gegeben, es kann das Förderkriterium Jahresnutzungsgrad $> 70\%$ nicht erfüllen. Dagegen können das Steinkohleheizkraftwerk und die GuD-KWK-Anlage diesem Förderkriterium genügen (vgl. Tabelle 4–4).

Ein Förderkriterium Mindeststromkennzahl $> 0,4$ kann von allen betrachteten KWK-Anlagen erfüllt werden. Daher hat eine Kombination der Förderkriterien, bestehend aus Jahresnutzungsgrad $> 70\%$ und Mindeststromkennzahl $> 0,4$, die gleichen Auswirkungen wie das Kriterium Jahresnutzungsgrad $> 70\%$.

Die KWK-Strommenge kann für alle Anlagen in Abhängigkeit der AGFW Zertifizierungsvorschrift FW 308 bestimmt werden. Bei den betrachteten Heizkraftwerken mit Entnahmekondensationsturbine (Verbundkraftwerk, Müllheizkraftwerk und Steinkohleheizkraftwerk) hängt der KWK-Stromanteil davon ab, wieviel Strom im Kondensationsbetrieb erzeugt wurde. Da das GuD-Heizkraftwerk nur im Gegendruckbetrieb arbeitet, wird nur KWK-Strom erzeugt.

Der Zero-Stromanteil an der Gesamtstromerzeugung variiert in Abhängigkeit vom Jahresnutzungsgrad bzw. nimmt ab, je mehr Strom im Kondensationsbetrieb erzeugt wird. In Tabelle 4-4 ist der Zero-Stromanteil für die unterschiedlichen HKW bei vollständigem KWK-Betrieb aufgelistet. Für die Berechnung wurde ein Referenznutzungsgrad der getrennten Stromerzeugung von 38% und für die Wärmeerzeugung von 80% zugrunde gelegt.

Tabelle 4-4: Auswirkungen der Förderkriterien auf die KWK-Anlagen der öffentlichen Versorgung (Teil 1)

		Monats-/Jahres-nutzungsgrad > 70%		Mindest-Strom-kennzahl > 0,4	Nutzungs-grad > 70% und Strom-kennzahl > 0,4	AGFW-FW 308	Zero-Stromanteil an Gesamt-erzeugung
			möglicher Kond. Anteil				
Verbundkraftwerk	Verbundbetrieb	nicht erfüllt		erfüllbar	nicht erfüllt	möglich	66 %
	Hauptkesselbetrieb	erfüllbar	7	erfüllbar	erfüllbar	möglich	70 %
	Gasturbinenbetrieb	erfüllbar	27	erfüllbar	erfüllbar	möglich	130 %
Müllheizkraftwerk		nicht erfüllt		erfüllbar	nicht erfüllt	möglich	1 %
Steinkohle Heizkraftwerk		erfüllbar	32	erfüllbar	erfüllbar	möglich	176 %
GuD-KWK-Anlage		erfüllbar		erfüllbar	erfüllbar	möglich	158 %

Die Flexibilität des Brennstoffeinsatzes hat die größten Auswirkungen beim CO₂-Kriterium (vgl. Tabelle 4-5). Für die Berechnung des ΔCO₂-Kriteriums wurde als Referenzsystem für die Wärmeerzeugung ein Wärmemix mit 300 kg CO₂ /MWh_{end} und für den Strommix von 611 kg CO₂ /MWh_e verwendet. Ebenso wie beim Zero-Stromanteil und beim KWK-Wirkungsgrad hat der Kondensationsstromanteil Einfluss auf die Erfüllung des Förderkriteriums, daher wird auch hier nur der reine KWK-Betrieb betrachtet. Bei Anwendung des ΔCO₂-Kriteriums werden eindeutig die brennstoffspezifischen Auswirkungen sichtbar. Beim Einsatz von Erdgas oder Müll haben alle Heizkraftwerke geringere CO₂-Emissionen als die Referenzsysteme. Dagegen ergeben sich beim Einsatz des Brennstoffes Steinkohle im betrachteten Verbundkraftwerk und Müllheizkraftwerk Mehremissionen. Kann ein Teil des eingesetzten Brennstoffes Steinkohle durch eine Mischfeuerung ersetzt werden, so ergeben sich Minderemissionen im Vergleich zu den Referenzsystemen. Da in Abhängigkeit des eingesetzten Brennstoffes in den KWK-Anlagen auch die damit verbundene mögliche erzeugte Strom- und Wärmemenge variiert, hat ein CO₂-Kriterium direkte Auswirkungen auf die klimaschutzeffiziente KWK-Stromerzeugung.

Wie in Tabelle 4-4 und Tabelle 4-5 dargestellt, unterscheiden sich die Förderkriterien hinsichtlich der Auswirkungen auf die Fahrweise des Bestandes. So haben beispielsweise einige der hier untersuchten KWK-Anlagen Möglichkeiten, Kondensationsstrom zu erzeugen bei der Wahl eines Jahresnutzungsgrades > 70 %.

Tabelle 4-5: Auswirkungen der Förderkriterien auf die KWK-Anlagen der öffentlichen Versorgung (Teil 2)

		KWK-Wirkungsgrad (Tolle) KWK-Betrieb	ΔCO_2 -Kriterium – KWK-Betrieb			
			Steinkohle	Erdgas	Müll	Mischfeuerung
Verbundkraftwerk	Verbundbetrieb	63	1 %	-38 %		-22 %
	Hauptkesselbetrieb	65	3 %	-37 %		-17 %
	Gasturbinenbetrieb	88		-43 %		
Müllheizkraftwerk		49	39 %		-77 %	
Steinkohle Heizkraftwerk		96	-6 %	-42 %		-15 %
GuD-KWK-Anlage		98		-49 %		

4.5.2 Beispiele der industriellen KWK

Im Rahmen des Projektes wurden fünf industrielle KWK-Anlagen exemplarisch untersucht. Dabei handelt es sich um

- eine 1,5 MW_e-Gasturbinenanlage mit Abhitzeessel ohne Zufeuerung und mit weiterer Nutzung der Abgase in den Wäschetrocknern in einer Großwäscherei,
- eine 1,4 MW_e-Gasturbinenanlage mit Abhitzeessel und Zufeuerung und Absorptionskälteanlage in einem pharmazeutischen Unternehmen,
- eine 1,1 MW_e-Gasturbinenanlage mit Abhitzeessel ohne Zufeuerung und Ansaugluftkühlung sowie einer 275 kW_e-Gasentspannungsanlage in einer Brauerei,
- eine 4,7 MW_e-Gasturbinenanlage mit Abhitzeessel und Zufeuerung und eine 6,5 MW_e-Anzapf-Kondensations-Dampfturbinenanlage in GuD Schaltung in einer Papierfabrik und
- eine 5,7 MW_e-Entnahme-Gegendruckdampfturbinenanlage mit Hilfskondensator in einer Papierfabrik.

Aus der Analyse hat sich ergeben, dass in der industriellen KWK zum Teil andere Randbedingungen als in der öffentlichen KWK anzutreffen sind. Für eine Zertifizierung wesentliche Erkenntnisse sind:

- Die für die Bestimmung der KWK-Strommenge erforderlichen Messeinrichtungen sind häufig unzureichend oder zu ungenau, so dass für eine hinreichend genaue Erfassung der Energieströme Nachrüstungsbedarf erforderlich sein wird.
- Der Stromeigenbedarf wird bei keiner der analysierten Anlagen getrennt erfasst. Für eine Zertifizierung wird es als ausreichend erachtet, diesen Stromanteil abzuschätzen oder ggf. aus Datenblättern zu entnehmen.

- Bei den häufig anzutreffenden Direktantrieben mit Gegendruckdampfturbinen kann die Stromkennzahl plausibel aus dem Enthalpiegefälle des Dampfes abgeschätzt und die mechanische Arbeit über die Energiebilanz ermittelt werden. Im Falle konstanter, nachvollziehbarer Antriebsleistungen würde eine Aufzeichnung der Betriebsstunden ausreichen.
- Da industrielle KWK-Anlagen häufig mit schwankender Last betrieben werden, um die Erzeugung an die Bedürfnisse der Produktion anzupassen, kommt der Berücksichtigung des Teillastverhaltens eine hohe Bedeutung zu.
- Bei den vereinzelt anzutreffenden Gasturbinenanlagen mit Dampf-injektion ist auf eine sorgfältige Abgrenzung zwischen KWK und reiner Stromproduktion zu achten. Maßstab sollte die Stromkennzahl sein, die sich ohne Dampf-injektion ergibt.
- Technische Unterlagen für die Einschätzung von KWK-Komponenten sind häufig nicht mehr verfügbar oder die Dokumentation entspricht infolge von Umrüstungsmaßnahmen nicht dem aktuellen Anlagenzustand. Hier sind ggf. Abstriche an der Genauigkeit der Anlagendaten hinzunehmen.

Es ergeben sich also einige Besonderheiten bzw. Schwierigkeiten für die Einführung eines einheitlichen Zertifizierungssystems. Dabei ist darauf zu achten, dass sich die Anforderungen an dem erzielbaren Förderbetrag orientieren. So könnte eine Orientierung lauten, dass einmalig entstehende Kosten den jährlich erzielbaren Förderbetrag nicht übersteigen sollten.

Weiterhin ist bekannt, dass Gesamtnutzungsgrade der Industrie-KWK-Anlagen meist große Werte aufweisen, wobei eine direkte und vollständige Nutzung der Abgase mit $\zeta \approx 100\%$ ein Extrem ist. Je nach betriebsnotwendiger Auskopplungstemperatur schwanken die Stromkennzahlen der Anlagen jedoch in einem weiten Bereich. Es könnte in den Zertifizierungsgrundsätzen ein Anreiz verankert werden, Anlagen auf möglichst hohe Stromkennzahlen (zum Beispiel durch Topping Prozesse) hin zu optimieren.

Tabelle 4-6 zeigt, wie sich die in 4.5.1 für die öffentlichen KWK-Anlagen benutzten Kriterien hinsichtlich der Anwendbarkeit und der Ergebnisse auf die Zertifizierung der untersuchten industriellen KWK-Anlagen auswirken. Es zeigt sich, dass das Jahresnutzungsgradkriterium im Gegensatz zu den in Tabelle 4-5 dargestellten öffentlichen Anlagen in allen Fällen erfüllt und das Stromkennzahlkriterium nicht erfüllt wird. Der AGFW-Vorschlag ist in allen Fällen umsetzbar. Erwartungsgemäß führen die gasgefeuerten Anlagen zu einer CO₂-Einsparung und die kohlegefeuerten nicht.

Tabelle 4-6: Auswirkungen der Förderkriterien auf die betrachteten Industrie-KWK-Anlagen

	Monats-/ Jahresnutzungsgrad > 70 %	Mindest-Stromkennzahl $\sigma > 0,4$	Nutzungsgrad > 70 % und Stromkennzahl > 0,4	Definierter KWK-Strom (Gegendruckscheibe/ AGFW-Vorschlag)	Zero-Stromanteil an Gesamtzeugung ($\zeta_{ref,th}=0,8$; $\zeta_{ref,el}=0,38$)	KWK-Wirkungsgrad (Tolle) $> \zeta_{ref,el}=0,38$	ΔCO_2 Kriterium (WI) [%]
Großwäscherei (GT+AHK)	85 %	0,23	nein	möglich	68,5 %	119 %	-33,6
Arzneimittel (GT+AHK+ABS)	81 %	0,31 (0,25 mit Zufeuerung)	nein	möglich	45,2 % (ohne Berücksichtigung Zufeuerung 59,9 %)	86 %	-27,4
Brauerei (GT+AHK+ Gasexpansion)	78,6 %	0,4 (in einigen Monaten geringer)	ja, teilweise	möglich	49,6 %	75,4 %	-32,7
Pappe (GT+AHK/ZF+EK-DT)	82,7 %	0,31	nein	möglich	57,7 %	89,8 %	-36,5
Papier (EGD)	82,1 %	0,28	nein	möglich	58,0 %	90,5 %	+13,3

4.5.3 KWK-Anlagen mit regenerativen Energien

Auch erneuerbare Brennstoffe wie Holz, Stroh sowie Bio-, Deponie- und Klärgas lassen sich sowohl in KWK wie auch in getrennter Erzeugung von Strom und Wärme nutzen. Durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) wird nur die Stromerzeugung gefördert. Da bei zusätzlicher Abwärmenutzung (KWK-Betrieb) konventionell (fossil) erzeugte Wärme verdrängt und damit entsprechend CO_2 reduziert wird, ist es sinnvoll, auch regenerative KWK-Anlagen, die bereits nach dem EEG gefördert werden, in die KWK-Förderung einzubeziehen, um die Wärmenutzung attraktiv zu machen. Die Tabelle 4-7 gibt einen Überblick über die Eignung der vorgeschlagenen Zertifizierungskriterien. Es zeigt sich, dass die unterschiedlichen Zertifizierungskriterien – unter Berücksichtigung der erläuterten Besonderheiten – weitgehend anwendbar sind.

Tabelle 4-7: Anwendbarkeit der untersuchten Zertifizierungskriterien für KWK auf der Basis regenerativer Energien

	A	B	C	D	E	F	G	H
	Nutzungsgrad $\zeta > 70\%$	Stromkennzahl $\sigma > 1,0$	Nutzungsgrad ζ und Stromkennzahl σ	definierter KWK-Strom	Zero-Strom-Modell	Tollkriterium	CO ₂ -Kriterium (CO ₂ äquiv.)	Primärenergiekriterium $\square P$
Deponiegas	+	+	+	+ ³⁾	+ ³⁾	+ ³⁾	-100 % ⁵⁾	? ⁷⁾
Grubengas	+	+	+	+ ³⁾	+ ³⁾	+ ³⁾	-600 % ⁶⁾	? ⁷⁾
Biogas	- ¹⁾	+	- ¹⁾	+ ⁴⁾	+ ⁴⁾	+ ⁴⁾	-100 % ⁵⁾	? ^{1) 7)}
Klärgas ²⁾	+	+	+	+ ³⁾	+ ³⁾	+ ³⁾	-100 % ⁵⁾	? ⁷⁾
Biomasseverbrennung/-vergasung	+	+	+	+	+	+	-100 % ⁵⁾	? ⁷⁾
Solarthermisches HKW	-	+	-	+	+	+	-100 % ⁵⁾	? ⁷⁾
Geothermisches HKW	-	+	-	+	+	+	-100 % ⁵⁾	? ⁷⁾
+ kann angewendet werden - kann nicht angewendet werden ? Anwendung des Kriteriums ist fraglich								
1) Den Bioabfällen kann kein „Heizwert“ zugeordnet werden. 2) Gilt nur unter der Annahme, dass das Klärgas der regenerative Brennstoff ist, d. h., der Faulturn ist nicht Teil der Energieerzeugungsanlage. 3) Kennzahlen können direkt aus den Auslegungsdaten des BHKW entnommen werden. 4) Messung von Strom, erzeugter und genutzter Wärme notwendig. 5) Da in der Bilanz kein CO ₂ emittiert wird, beträgt die CO ₂ -Minderung immer 100 %. 6) Da Methan, 21-fach treibhauswirksamer ist als CO ₂ und als Grubengas permanent ausströmt, in KWK genutzt und zu CO ₂ umgesetzt wird, sinkt die Emission treibhauswirksamer Gase um 600 %. 7) Zu definieren bleibt, ob regenerative Energien Primärenergien darstellen.								

4.6 Überschlägige Ermittlung der KWK-Strommenge nach Zertifizierungskriterien

Die statistische Datenbasis ist für eine detaillierte und vollständige Erfassung der Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK-Anlagen) und der KWK-Stromerzeugung in Deutschland sehr unbefriedigend; eine entsprechende gesetzliche Erhebungsgrundlage existiert nicht.

Beispielsweise werden von der *amtlichen Statistik* für den Bereich der öffentlichen (allgemeinen) Stromversorgung zwar die Brennstoffeinsatzmengen für die Wärme- und Stromerzeugung sowie die Stromerzeugung getrennt erhoben, nicht aber die dazu „passende“ Wärmeerzeugung. Eine Differenzierung dieser Merkmale nach „reinen“ KWK-Anlagen fehlt ebenfalls.

Für den Bereich der *industriellen Stromerzeugung* werden zwar Angaben über die installierte Leistung und die Stromproduktion nach Art der Antriebsmaschinen gemacht, die auch mit den VIK-Erhebungen koordiniert werden; doch ist eine Auswertung nach den zugehörigen Brennstoffeinsatzmengen insgesamt oder nach Energieträgern oder nach den auf den reinen KWK-Teil entfallenden Merkmalen nicht möglich. Da überdies keine originären Angaben über die Wärmeerzeugung in KWK-Anlagen der Industrie und über die entsprechenden Brennstoffeinsatzmengen verfügbar sind, ist auch der industrielle KWK-Prozess mit den amtlichen Angaben nicht vollständig abzubilden.

Angesichts dieser unsicheren Situation bezüglich der statistischen Datenbasis ist es nicht verwunderlich, dass in verschiedenen Studien eine große Bandbreite bezüglich der Einschätzung der derzeitigen Stromerzeugung in KWK-Anlagen in Deutschland zu finden ist. Die Abschätzung bewegt sich zwischen 75 und 85 TWh, ohne klar zu stellen, welche Definition von KWK-Strom jeweils zugrunde liegt und ob es sich um die Brutto- oder um die Nettostromerzeugung handelt und auf welches statistische Jahr sich die Angaben beziehen. Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass zumeist eine Summation von unterschiedlichen statistischen Quellen vorgenommen wird, ohne zu prüfen, ob damit Doppelzählungen ausgeschlossen werden können. Derartige Doppelzählungen können ihr Ursache darin haben, daß auch öffentliche Unternehmen industrielle KWK-Anlagen betreiben.

Im Rahmen der vorliegenden Projektphase der Hauptstudie wurde versucht, getrennt für die industrielle KWK und die öffentliche KWK, die KWK-Strommenge entsprechend der AGFW-Abgrenzung (definitionsgemäßer KWK-Strom) zu ermitteln. Zusätzlich sind vorliegende Studien zur Potenzialabschätzung für die Kraft-Wärme-Kopplung verglichen und in eine Gesamtaussage überführt worden.

4.6.1 Strommenge nach dem AGFW-Vorschlag in der öffentlichen KWK

Die Notwendigkeit einer definitionsgemäßen Abgrenzung der KWK-Stromerzeugung hat die AGFW frühzeitig erkannt und bilanziert im „Hauptbericht der Fernwärmever-sorgung“ für die an der Statistik-Umfrage teilnehmenden Mitgliedsunternehmen nach KWK-Anlagen typisierte Leistungs- und Erzeugungsparameter (vgl. Tabelle 4-8). Dabei sollen die Entnahmekondensationsanlagen nur mit ihrer Gegendruckscheibe berücksichtigt werden. Ein derartiges einheitliches und auf die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme orientiertes Vorgehen ist damit bereits sehr konkret auf die zuvor erläuterten Ansätze zur Ermittlung von definitionsgemäßigem KWK-Strom ausgerichtet.

Tabelle 4-8: Daten zu den Heizkraftwerken der öffentlichen KWK aus dem Hauptbericht der Fernwärmeversorgung 1999 der AGFW

	Dampf- turbinen	Gas- tur- binen	GuD- Anla- gen	Verbr.- Moto- ren	Summe	Fremd- bezug	Summe
Anzahl	148	49	22	330	549		
Elektrische Leistung [MW]	7072	964	2194	444	10675	1976	12651
Durch. elektr. Leistung je Einheit [MW]	48	20	100	1	19		
El. Arbeit [GWh/a]	15832	1416	8996	1908	28152	5098	33250
Wärmearbeit [GWh/a]	44949	2680	10749	2916	61294	11228	72522
Durch. Stromkennzahl	0,35	0,53	0,84	0,65	0,46	0,45	0,46
Brennstoffeinsatz [GWh/a]							133918
Jahresnutzungsgrad							0,79
el. Nutzungsgrad							0,25
th. Nutzungsgrad							0,54

Zu beachten ist, daß bisher alle Zahlenangaben zum Umfang der KWK-Stromerzeugung eine freiwillige Leistung der Versorgungsunternehmen sind, die nicht zwingend nach Zertifizierungskriterien überprüft werden. Es liegt deshalb nahe, dass bei einem Teil der KWK-Anlagen auch Kond.-Stromanteile hinzugerechnet wurden. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, die Statistik unter Verwendung verbindlicher Zertifizierungskriterien zu überarbeiten.

Exemplarische Korrekturrechnungen führen zu der für die öffentliche KWK in 1999 in Tabelle 4–9 aufgezeigten Situation. Insgesamt wurden 28,3 TWh an definiertem KWK-Strom netto erzeugt.

Tabelle 4-9: Stromerzeugung im Bestand der öffentlichen KWK-Anlagen in Deutschland in 1999 gemäß dem AGFW-Vorschlag

	Dampf- turbinen	Gasturbinen	GuD- Anlagen	Verbr.- Motoren	Summe
Elektr. Arbeit [TWh/a]	13,21	2,02	7,50	5,84	28,57

Die Unterschiede zwischen den beiden Tabellen können zum einen durch die Notwendigkeit der Umbuchung eines Teils der AGFW-Angaben zur industriellen KWK, die alleinige Erfassung der Gegendruckscheibe für alle Anlagen sowie schließlich durch die Auflösung der Rubrik „Fremdbezug“ aus Tabelle 4–8 in einzelne Anlagen erklärt werden.

4.6.2 Strommenge nach dem AGFW-Vorschlag in der industriellen KWK

Um eine detaillierte Übersicht über die KWK-Stromerzeugung in der Industrie zu gewinnen, wurde im Rahmen des Projekts eine Umfrage unter Betreibern industrieller KWK-Anlagen durchgeführt. Insgesamt wurden bei der Umfrage 118 Standorte mit 298 Anlagen erfasst. Die erfasste Stromerzeugung in diesen Anlagen betrug 1999 28,9 TWh. Verglichen mit der VIK-Statistik zur industriellen Stromeigenerzeugung dürften damit etwa 80 % der industriellen KWK-Stromerzeugung abgedeckt sein (Tabelle 4–10).

Tabelle 4-10: Vergleich der erfassten Stromerzeugung mit der VIK-Statistik

	Stromerzeugung in industriellen Eigenanlagen 1999 nach der VIK-Statistik in GWh/a	In der Umfrage erfasste Stromerzeugung 1999 in GWh/a
(Entn.-) Gegendruckdampfturbinen	14110	9264 (66%)
Entnahmekondensationsturbinen	12119	12448 (100%)
Dampfkolbenmaschinen	161	
Gasturbinen	8655	7090 (82%)
Gasmaschinen (Otto-Motoren)	352	41 (12%)
Dieselmotoren	265	113 (42%)
Gesamt	35661	28956 (81%)

Neben Strom wurde in den Anlagen 49,9 TWh Wärme erzeugt, der gesamte Brennstoffeinsatz betrug 106,6 TWh. 80 % der Anlagen weisen einen jährlichen Gesamtnutzungsgrad von $> 0,7$ auf. Die GuD-Anlagen liegen alle über dieser Grenze, knapp 60 % sogar über 0,8. Elektrische Nutzungsgrade und Stromkennzahlen unterscheiden sich je nach Anlagenart deutlich. Zwei Drittel der Anlagen haben einen elektrischen Nutzungsgrad unter 25 %. Nur 37 % der Anlagen haben eine Stromkennzahl $> 0,4$.

In den Erhebungen zur KWK-Stromerzeugung ist auch die Teilmenge des Stromes enthalten, die im Kondensationsteil von Entnahmekondensationsturbinen erzeugt wird. Für eine Zertifizierung ist dieser Anteil nicht als KWK-Strom zu zählen und muss von der Gesamtstromerzeugung abgezogen werden. Beim Vergleich mit den Daten der amtlichen Statistik ergibt sich, dass die Stromerzeugung in den Dampfturbinen mit Kondensationsteil praktisch vollständig erfasst wurde, so dass eine Abschätzung und Hochrechnung auf die gesamte industrielle KWK-Erzeugung möglich ist.

Die Auswertung der Umfrage ergab, dass nur 21 % der in Entnahmekondensationsturbinen erzeugten Strommenge als KWK-Strom im Sinne der Zertifizierung zu zählen sind. Zusätzlich muss der Eigenbedarf der Anlagen berücksichtigt werden, der auf 5 % der jeweiligen Stromerzeugung geschätzt wird. Auf Basis der Umfrageergebnisse kann mit Hilfe der amtlichen Statistik daraus *eine zertifizierbare KWK-Nettostromerzeugung in industriellen Anlagen im Jahre 1999 von ca. 24,8 TWh* errechnet werden.

Bei einer vergleichenden Bewertung mit alternativer Erzeugung von Strom und Wärme in einem Referenzsystem hängen die Ergebnisse sehr stark von der Wahl eben dieses Systems ab, insbesondere hinsichtlich der getrennten Stromerzeugung. Für die Bewertung der Energieeinsparung durch die beschriebenen KWK-Anlagen wurden drei Referenzsysteme als Vergleich herangezogen:

1. Referenzsystem I: Stromerzeugung in einem modernen Braunkohlekraftwerk ($\eta = 44,5 \%$)($e_{\text{CO}_2,\text{el}} = 906,1 \text{ g CO}_2 \text{ je kWh}_{\text{el}}$)
2. Referenzsystem II: Stromerzeugung gemäß Stromerzeugungsmix 1999 ($\eta = 36,8 \%$)($e_{\text{CO}_2,\text{el}} = 609,3 \text{ g CO}_2 \text{ je kWh}_{\text{el}}$)
3. Referenzsystem III: Stromerzeugung in einem modernen Erdgas-GuD-Kraftwerk ($\eta = 57,5 \%$)($e_{\text{CO}_2,\text{el}} = 350,6 \text{ g CO}_2 \text{ je kWh}_{\text{el}}$)

Als Referenz für die Dampferzeugung wurden Heiz-/Dampfkessel mit einem Wirkungsgrad von 85 % und spezifischen CO₂-Emissionen von 300 g CO₂ je kWh_{therm} angenommen.

Bei der Bewertung der Energieeinsparung schneiden 91 % der Anlagen besser ab gegenüber einem Referenzsystem mit dem deutschen Stromerzeugungsmix. Diese Anlagen erzeugen 89 % der analysierten Strommenge. Praktisch alle analysierten Gasturbinen, GuD-Anlagen und BHKWs fallen in diese Kategorien. Eine schlechtere Bilanz weisen dabei insbesondere Entnahmekondensationsturbinen auf Steinkohlebasis auf. Wird nur der zertifizierbare Stromanteil betrachtet, werden nur 2 % der Strommenge in Anlagen mit einer ungünstigeren Energienutzung als in dem Referenzsystem mit dem deutschen Stromerzeugungsmix erzeugt (Kat. 1 bis 3 in Abbildung 4-3), 80 % weisen bessere Werte auf als eine vergleichbare Stromerzeugung in einem Erdgas-GuD-Kraftwerk (Kat. 1).

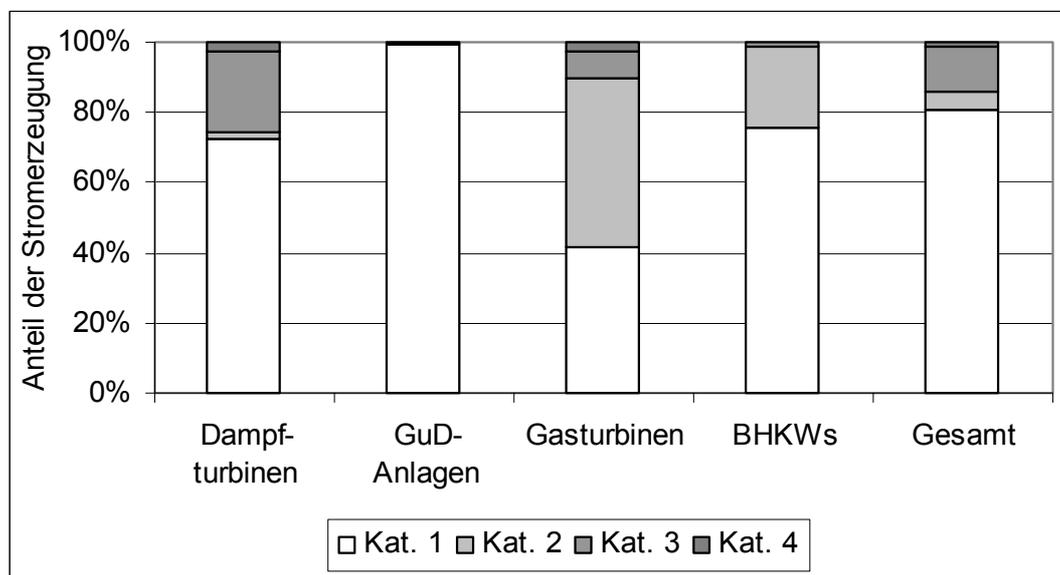


Abbildung 4-3: Einordnung der Anlagen nach Netto-Stromerzeugung bezüglich der Energieeinsparung gegenüber den Referenzsystemen – Stromerzeugung bereinigt um Kondensationsstromanteil (n=197)⁸

⁸ Aufteilung der Kategorien:
 Kat. 1 Energieeinsparung gegenüber allen Referenzsystemen
 Kat. 2 Energieeinsparung gegenüber Ref. I und II
 Kat. 3 Energieeinsparung gegenüber Ref. II
 Kat. 4 keine Energieeinsparung gegenüber allen Referenzsystemen

Bei der Bewertung der CO₂-Einsparung schneiden im Vergleich zu einer getrennten Stromerzeugung gemäß dem deutschen Kraftwerksmix 59 % der Anlagen besser ab, darunter alle BHKW, alle Gasturbinen und fast alle GuD-Anlagen sowie Gegen-druckdampfturbinen. Problematisch zeigen sich auch hier wieder die Entnahmekondensationsturbinen, bei denen dieses Kriterium nur auf 26 % der erzeugten Strommenge zutrifft. Da diese Anlagen häufig mit Stein- oder Braunkohle betrieben werden, können sie nicht mit der CO₂-freien Stromerzeugung in Kernkraftwerken konkurrieren, die einen Großteil des Kraftwerksmixes ausmachen. Bei dem zertifizierbaren Strom erhöht sich der Anteil der Anlagen mit einer CO₂-Einsparung gegenüber diesem Referenzsystem auf 89 % (Kat. 1 und 2 in Abbildung 4–4).

Mit der begründeten Annahme, dass die Erhebung ein repräsentatives Bild der industriellen KWK-Stromerzeugung darstellt, lassen sich die Ergebnisse auf die nicht erfassten Anlagen übertragen. Da die Ergebnisse vor allem Unterschiede hinsichtlich der Anlagenarten zeigen, erfolgt die Hochrechnung getrennt für jede Anlagenart. Im Vergleich zum deutschen Kraftwerksmix zeigen fast alle Anlagen mit Ausnahme der Entnahmekondensationsturbinen einen Vorteil beim Energieeinsatz, insgesamt ergibt sich daraus, dass etwa 91 % der industriellen Stromerzeugung energieeffizienter ist. Auch bei der CO₂-Bilanz schneiden alle Anlagen mit Ausnahme der Entnahmekondensationsturbinen günstiger ab, so dass sich insgesamt ein Vorteil für 68 % der industriellen Stromerzeugung ergibt.

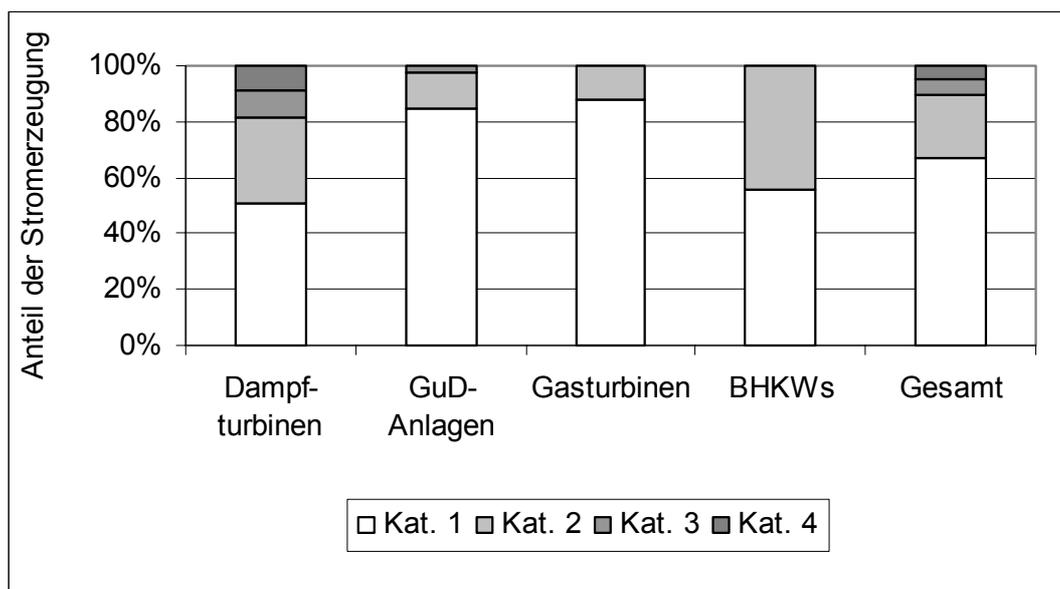


Abbildung 4-4: Einordnung der Anlagen nach Stromerzeugung bezüglich der CO₂-Einsparung gegenüber den Referenzsystemen – Stromerzeugung bereinigt um Kondensationsstromanteil (n=197)⁹

Würde die ermittelte Strom- und Wärmemenge der ausgewerteten KWK-Anlagen in Anlagen gemäß dem Referenzsystem II (d. h. Stromerzeugung gemäß Stromerzeugungsmix 1999) erzeugt, ergäben sich jährliche CO₂-Emissionen von insgesamt 26,6 Mio. t CO₂. Insgesamt beläuft sich die CO₂-Einsparung durch die Nutzung die-

⁹ Aufteilung der Kategorien:
 Kat. 1 CO₂-Einsparung gegenüber allen Referenzsystemen
 Kat. 2 CO₂-Einsparung gegenüber Ref. II und III
 Kat. 3 CO₂-Einsparung gegenüber Ref. III
 Kat. 4 CO₂-Einsparung gegenüber allen Referenzsystemen

ser KWK-Anlagen auf 11,1 % oder 2,9 Mio. Tonnen CO₂ pro Jahr (Tabelle 4–11). Die KWK-Nutzung durch Gegendruckdampfturbinen, GuD-Anlagen, Gasturbinen und Motoren-BHKW entspricht einem Anteil von 18,3 Mio. t CO₂-Emissionen. Die Strom- und Wärmeerzeugung in diesen Anlagen erfolgt hierbei mit 29 % weniger CO₂-Emissionen.

Tabelle 4-11: CO₂-Einsparungen durch den betrachteten KWK-Anlagenbestand gegenüber Referenzsystem II

1999	Gesamte Stromerzeugung berücksichtigt	Stromerzeugung in Gegendruck-DT, GuD-Anlagen, Gasturbinen und Motoren-BHKW
Anzahl berücksichtigter Anlagen	n=197	n=175
Netto-Stromerzeugung	22,5 TWh	11,3 TWh
Netto-Wärmeerzeugung	43,4 TWh	37,1 TWh
CO ₂ -Emissionen bei einer äquivalenten Erzeugung mittels Referenzsystem II:	26,6 Mio. t CO ₂	18,3 Mio. t CO ₂
CO ₂ -Einsparung durch KWK:	2,9 Mio. t CO ₂	5,3 Mio. t CO ₂
CO ₂ -Minderung durch KWK:	-11,1 %	-29,1 %

5 Beschreibung und Analyse der Quotenmodelle und des Zertifikathandels

5.1 Grundaussichtungen

Seit 1998 sind bereits mehrere Vorschläge zu einer Ausgestaltung einer Mindestanteilskaufpflicht für Stromerzeugung aus KWK-Anlagen (Quotenregelung) unterbreitet worden, die etliche Gemeinsamkeiten aufweisen, sich aber auch in zwei unterschiedliche Grundaussichtungen unterteilen lassen.

Gemeinsame Merkmale der Vorschläge sind:

- die Schaffung von langfristig verlässlichen Perspektiven für die KWK,
- von Jahr zu Jahr ansteigende Mindestanteile an KWK-Strom,
- klare Zielvorstellungen, welcher Anteil an KWK-Strom bis 2010 erreicht werden soll,
- eine Gewinnung von Fördermitteln innerhalb des Marktes,
- die Beschränkung der Rolle des Staates auf eine Festlegung von Rahmenbedingungen und auf die damit zusammenhängenden Überwachungsaufgaben und
- die Festlegung von Qualitätsansprüchen an Strom¹⁰, der zur Quotenerfüllung beitragen kann.

Die wesentlichen Unterschiede in der Grundaussichtung sind:

- a) einen separaten Markt für physischen KWK-Strom einzuführen, so dass der jährliche Nachweis der Quotenerfüllung durch Erklärungen zur KWK-Eigenerzeugung und durch Vorlage von Kaufbelegen erfolgt (KWK-Strommarktmodell),
- b) eine Trennung des Handels von Strom und Umwelteigenschaften, indem Umweltvorteile in Form von staatlich ausgestellten Zertifikaten vermarktet werden und ein Nachweis der Quotenerfüllung durch Vorlage entsprechender Zertifikatwerte erfolgt (Zertifikathandelsmodell).

Das KWK-Strommarktmodell weist den Vorteil auf, dass die Vermarktung von KWK-Strom laufend parallel zum Anlagenbetrieb erfolgt, so dass hierfür Strompreise entsprechend der Erlösanforderungen der KWK-Anlagen wahrscheinlich sind, während beim Zertifikathandelsmodell nur dann automatisch Zusatzerlöse für KWK-Strom zustande kommen, die den Fördererfordernissen der KWK-Anlagen entsprechen, wenn Zertifikate betriebsnah verkauft werden können.

Beim Zertifikathandelsmodell wird der Zertifikatspreis fast ausschließlich von der Einschätzung bestimmt, ob die Quotenpflicht allgemein bereits durch die vorhandene KWK-Erzeugung abgedeckt ist oder nicht. Außerdem bietet das KWK-Strommarktmodell juristisch gesehen weniger Angriffsfläche, weil sich aus einer Warenverkehrs-

¹⁰ In den meisten Vorschlägen wird die Stromerzeugung einer KWK-Anlage unter Berücksichtigung von Ansprüchen an den Gesamtnutzungsgrad einer Anlage als geeignete Zertifikateinheit betrachtet. In Abschnitt 4.3 ist herausgearbeitet worden, dass es sinnvoll und praktikabel ist, den definierten KWK-Strom ohne Berücksichtigung von weiteren Qualitätsansprüchen als Basis zu nehmen.

auflage zur Einhaltung von Umweltstandards (ohne staatlich ausgestellte Zertifikate) kein Beihilfe-Tatbestand herleiten lässt.

Dem steht der Nachteil entgegen, dass das KWK-Strommarktmodell mit zusätzlichem physischem Stromhandel verbunden ist (Such-/Informationskosten, Netznutzungskosten etc.). Denn die Erlöse des getrennten KWK-Strommarktes sind nur zugänglich, wenn die über die eigene Quotenerfüllung hinausgehende KWK-Strommenge vermarktet wird. Diese Handhabungsnachteile des KWK-Strommarktmodells haben dazu geführt, dass in den jüngsten Vorschlägen zur Ausgestaltung der KWK-Quotenregelung nur noch das Zertifikathandelsmodell weiterverfolgt wird.

5.2 Elemente einer optimalen Mindestanteilsregelung

Es ist nicht Aufgabe dieser Untersuchung, einen neuen Ausgestaltungsvorschlag für eine KWK-Quotenregelung zu unterbreiten. Stattdessen ist vorgesehen, Rückschlüsse aus den bisherigen Vorschlägen zu ziehen und dabei unter Beachtung der in Abschnitt 3.4.4 gewonnenen Erkenntnisse Orientierungen für einige Details zu bieten. Die Betrachtungen sollen auf das Zertifikathandelsmodell beschränkt bleiben, wobei insbesondere auf Aspekte der

- Verbindlichkeit der Vorgaben,
- Interventionsspielräume der Administration,
- Nachweisspielräume,
- Adressaten der Verpflichtung

eingegangen werden soll.

Die vorgeschlagene verbindliche Festlegung von Ausbauzielen in dem KWK-Ausbaugesetz und die damit verbundene *langfristige Planungssicherheit* stellt eine bedeutende Voraussetzung für einen stabilen KWK-Markt und Zertifikathandel dar. Wenngleich eine Mengenregelung unter den denkbaren Fördersystemen die günstigsten Voraussetzung für eine punktgenaue Zielerreichung bietet (siehe auch Abschnitt 6.2), ist es sinnvoll, durch Benennung eines Zielkorridors einen gewissen Spielraum zu bieten. Denn wie in Abschnitt 3.4.4 und 5.1 dargelegt, kommt es bei dem Zertifikathandelsmodell mangels direkter Mechanismen zur Übertragung der jeweiligen Förderbedürfnisse der KWK-Anlagen auf den Zertifikatpreis sehr darauf an, die Zertifikatpreise durch eine flexible jährliche Festlegung der Mindestquote zu steuern. Anstelle eines konstanten Anstieges, wie er z. B. in dem Beschluss der Bundesfraktion Bündnis 90/DIE GRÜNEN vom März 2000 gefordert wird, würde sich im Rahmen der flexiblen Gestaltung zunächst eher ein flacher Ausbauperlauf ergeben, der dann mit der Zeit steiler ansteigen wird. Dies würde auch dazu beitragen, dass KWK-Projekte nicht überstürzt realisiert werden, sondern dass hierfür ideale Zeitpunkte abgepasst werden.

Die *starke Abhängigkeit des Zertifikatpreises vom Ansatz der Mindestquote* spricht dafür, den Vorschlag von Traube (12/2000) aufzugreifen, demzufolge der koordinierenden Instanz sogar ein Spielraum für eine nachträgliche Korrekturmöglichkeit der Zielquotenvorgabe eingeräumt werden könnte:

- falls sich die Zertifikatpreise mehrere Monate auf niedrigem Niveau befinden sollten, die Zielquote im Nachhinein anzuheben,

- falls die Zertifikatpreise über mehrere Monate zu hoch sind, die zulässige Frist zur Erfüllung der Quotenpflicht zu verlängern.

In der Startphase wird es den KWK-Betreibern und -Investoren schwer fallen, die über den Zertifikathandel erhältlichen Deckungsbeiträge einzuplanen. Um dennoch eine hinreichende Orientierung bieten zu können, sollte entsprechend eines anderen Vorschlages von Traube (12/2000) übergangsweise ein Zertifikatmindestpreis festgelegt werden. Ein maximaler Preis wird sich automatisch in Höhe der festzulegenden Pönale ergeben (z. B. 6 Pf/kWh), die auf die Fehlmengen bezogen nach dem Stichtagdatum zu zahlen wäre.

Eine weitere Schwierigkeit der Startphase stellt die Festlegung einer angemessenen *Eingangquote* dar. Die bislang geführten Statistiken weisen, wie in Abschnitt 4.6 gezeigt, nicht die Qualität auf, dass sich hiermit unter Zugrundelegung von Zertifizierungskriterien KWK-Strommengen sicher bestimmen lassen. Jedoch ist mit den vorgeschlagenen Eingriffsmöglichkeiten eine Voraussetzung geschaffen, mit einer geschätzten Mindestquote zu starten (die z. B. geringfügig über dem Ergebnis der in 4.6 vorgenommenen Abschätzung liegt) und ggf. im weiteren Verlauf unter Berücksichtigung der sich einstellenden Zertifikatpreise eine Korrektur vorzunehmen.

Aus der theoretischen Analyse (Abschnitt 3.4.4) ist hervorgegangen, dass die *Preisausschläge* nach unten und oben um so heftiger ausfallen, je transparenter erkennbar ist, wie es allgemein um die Quotenerfüllung steht. Die Übersichtlichkeit wird sich für Betreiber und Investoren zwar bereits durch Bestandsänderungen und variablen Betrieb (z.B. aufgrund wechselnder Klimabedingungen) in Grenzen halten, jedoch ist es entschieden sicherer, diesem Problem durch eine zeitliche Flexibilität der Quotenerfüllung zu begegnen. Entsprechende Vorschläge lauten:

- Einräumen einer Karenzzeit für die Quotenerfüllung von z. B. 2 Jahren,
- ein dem Abrechnungsjahr nachgelagerter Stichtag (z. B. zum Ende des 1. Quartals des folgenden Jahres),
- ein Quotenaufschlag bei Erfüllung nach diesem Stichtag („Borrowing“) entsprechend der Einrechnung von Zinsen (z. B. 10 %/a),
- ein entsprechender Abschlag bei vorzeitiger Erfüllung („Banking“).

Hiermit sollen auch Anreize für einen kontinuierlichen Handel mit Zertifikaten geboten werden, weil von einem zyklischen Handel eher extreme Preistendenzen zu erwarten sind.

Obwohl letztlich den Verbrauchern die Verpflichtung zukommt, die mit der KWK-Quote verbundene Umweltauflage zu erfüllen, ist es aus Praktikabilitätsbetrachtungen sinnvoller, die Letztverkäufer von Elektrizität und die Stromeigenerzeuger zu einem Nachweis zu verpflichten. Einzig einem klar abgrenzbaren Anteil von Großkunden sollte es zugestanden werden, sich selbst um eine Erfüllung und Kostenminimierung zu bemühen.

Zur Erleichterung der Kontrollierbarkeit sollte darauf verzichtet werden, nebeneinander betriebene Nachweismöglichkeiten von Zertifikathandel und physischem KWK-Stromhandel zuzulassen. Das heisst, auch Eigenerzeuger würden ihre Quotenerfüllung über Zertifikate nachweisen.

Der Befürchtung, dass es mit der Einführung eines KWK-Quotenmodells vor allem zu einer Unterstützung existierender ausländischer KWK-Anlagen kommen würde, lässt sich durch eine entsprechende Ausgestaltung einer *Binnenmarktklausel* im Rahmen des KWK-Ausbaugesetzes entgegenreten. Der Inhalt dieser Klausel (die im übrigen auch den Reziprozitätsvorgaben der EU-Stromrichtlinie standhält) wäre, KWK-Strom nur für den deutschen Zertifikathandel zuzulassen, falls in den betreffenden Staaten vergleichbare KWK-Regelungen und Steigerungsraten existieren und sicher gestellt ist, dass nur der im Ausland zustande kommende *Zuwachs* in den Zertifikathandel einbezogen wird.

Elemente eines optimalen KWK-Zertifikathandelsmodells:

- Verbindlicher Zielkorridor im KWK-Ausbau-Gesetz
- Jährliche Anpassung der KWK-Mindestquote
- Spielraum für nachträgliche Korrekturen der KWK-Mindestquote
- Mindestzertifikatpreis in der Initialphase
- Zeitliche Flexibilität in der Erfüllung der Mindestquote
- Letztverkäufer und Eigenerzeuger als Verpflichtete
- Nachweis ausschließlich über Zertifikate
- Binnenmarktklausel, die Reziprozitätsvorgaben berücksichtigt

5.3 Erforderliche Infrastruktur

Der überwiegende Teil der für ein KWK-Zertifikathandelsmodell erforderlichen Infrastruktur wird durch das in Abschnitt 0 beschriebene Gütesicherungssystem geprägt. Zur Absicherung einer langfristigen Unterstützung der KWK wäre eine derartige Gütesicherung auch bei anderen Fördermodellen sinnvoll.¹¹

Die im Rahmen der Gütesicherung/Zertifizierung beteiligten Akteure sind (siehe auch 4.4.2)

- eine Kontroll- und Zertifizierungsinstanz,
- eine unabhängige technische Prüfungsgesellschaft,
- Gutachter, die eine Anlagenzertifizierung vornehmen, sowie
- die KWK-Anlagenbetreiber.

Der Kreis der beteiligten Akteure würde sich beim Zertifikathandelsmodell erweitern um

- diejenigen, die per Gesetz zur Erfüllung des KWK-Mindestanteiles verpflichtet werden, also gemäß Vorschlag um Letztverkäufer und Eigenerzeuger,
- Akteure eines Zertifikatmarktes und
- Zollämter, denen gegenüber der Nachweis der Quotenerfüllung zu erbringen ist.

¹¹ Lediglich beim Ausschreibungsverfahren würde sich eine hiervon abweichende Infrastruktur anbieten.

Kontroll- und Zertifizierungsinstanz

Die Aufgabe der Kontroll- und Zertifizierungsinstanz würde sich gegenüber einem reinen Gütesicherungssystem insbesondere dadurch erweitern, dass sie Grundlagen

- für eine Festlegung der jeweiligen Mindestquote,
- einer Pönale bei Unterschreiten der Mindest-KWK-Strommengen,
- für zeitliche Flexibilitäten der Quotenerfüllung und damit einhergehender Zinsregelungen

erarbeitet und für eine Registratur der einbezogenen KWK-Anlagen sowie der gemeldeten KWK-Strom-/Zertifikatmengen zuständig ist. Zur Erfüllung dieser Aufgabe hat sie den Zertifikatmarkt und das KWK-Ausbaugeschehen zu beobachten. Die zentrale Erfassung der Zertifikate und Einordnung in Konten und der damit verbundene Datenaustausch würde in vollem Umfang auf elektronischem Wege erfolgen.

Zertifikathandel

Es ist wohl davon auszugehen, dass Zertifikate, um den Transaktionsaufwand zu begrenzen, jeweils für große Erzeugungsintervalle erlangt werden, so dass je Anlage jährlich nur wenige Male Zertifikate zu vermarkten sind. Andererseits spricht auch einiges dafür, über Eigenzertifizierung zu einer kontinuierlichen Vermarktung und damit möglicherweise zu stabileren Preisen zu kommen. Im Rahmen der KWK-erzeugenden Versorgungsunternehmen wird hiervon wahrscheinlich ein großer Teil bilateral gehandelt, um Handelsspannen bzw. Aufwendungen für Gebühren zu begrenzen.¹² Für Kleinbetreiber wäre dagegen eher ein Börsenhandel (z.B. Angliederung an die Leipziger Strombörse oder Internetbörse) interessant, wobei sich zudem ausgleichende Effekte durch Handel mit Futures ausnutzen lassen.

¹² Der direkte Handel wäre durchaus von Vorteil, weil die hiermit verbundene reduzierte Transparenz des Zertifikathandels und der allgemeinen Quotenerfüllung extreme Zertifikatpreise vermeiden hilft.

Kontroll- und Zertifizierungsinstanz: Aufgaben im Zusammenhang mit der Steuerung der Quotenregelung:

- Überwachung der Zielerreichung,
- Erteilung eines Vorschlags zur Festlegung der jeweiligen Jahresquote (Festlegung durch zuständiges Ministerium/Bundesbehörde),
- Monitoring:
 - elektronische Erfassung eingelöster Zertifikate (Zuordnung zu Anlagenkonten, auch Erfassung der Zertifikatpreise),
Die Nachricht der Erfüllung der Quotenpflicht wird von Zollämtern übermittelt, bei denen die Quotenpflichtigen den Nachweis zu führen haben (der Nachweis geht mit der Entwertung einher), Zuordnung zu jeweiligen Zollämtern über Firmensitz des Quotenpflichtigen (ausländische Quotenpflichtige entsprechend der Zollbezirke der Kundschaft).
 - Beobachtung des Zertifikathandels,
 - Evtl. Korrektur der festgelegten Quote (Anhebung bei zu niedrigen Zertifikatpreisen), evtl. Ausdehnung der zur Erfüllung gegebenen Frist (bei zu hohen Zertifikatpreisen),
- Vorschläge für grundsätzliche Festlegungen von Pönalen sowie zu Banking und Borrowing

Zollämter

Die Steuerbefreiung für KWK-Anlagen im Rahmen des Mineralölsteuergesetzes wird bereits über die Hauptzollämter abgewickelt. So ist es sinnvoll, den Nachweis der Quotenerfüllung ebenfalls über diese Stelle abzuwickeln. Sie wäre dann auch für das Eintreiben einer Pönale bei fehlender Quotenerfüllung zuständig. Die eingereichten Zertifikate sowie die mit Pönalen belegten Fehlmengen wären dann automatisch der Kontroll- und Zertifizierungsinstanz zu melden. Schließlich werden die eingereichten Zertifikate entwertet (in der Kontoführung der Kontroll- und Zertifizierungsinstanz gelöscht).

6 Analyse und vergleichende Bewertung von Fördermaßnahmen

In diesem Abschnitt erfolgt zunächst eine Konkretisierung der in Abschnitt 3.4 erläuterten prinzipiellen Förderinstrumente hinsichtlich der KWK-Förderung:

- Bonusregelung bzw. Einspeisevergütungsregelung,
- Beihilfen via Ausschreibung sowie
- die globalen Instrumente CO₂-Zertifikate und CO₂-Steuer

analysiert und unter Einbeziehung der in Abschnitt 5 erläuterten Quotenregelung verglichen.

6.1 Konkretisierung der Instrumente

Bonusregelung bzw. Einspeisevergütungsregelung

Die Bonusregelung und die Einspeisevergütungsregelung stellen grundverschiedene Fördermodelle dar. Bei einer Bonusregelung geht es um eine laufende Zahlung von Beihilfen, z .B. je kWh KWK-Strom. Der Grundsockel des Erlöses wird im gewöhnlichen Strommarkt erwirtschaftet. Allerdings ist es gemäß deutschem Finanzverfassungsrecht erforderlich, dass diese Zahlung entweder direkt aus dem öffentlichen Haushalt oder mit Hilfe von Steuererstattungen bestritten wird. Da gegenwärtig nur umlagefinanzierte Modelle politisch umsetzbar sind, mündeten ursprünglich in Richtung Bonussystem gehende Überlegungen stets in Vorschlägen oder Umsetzungen, die in Richtung Einspeisevergütungsregelung gehen (Beispiel: KWK-Gesetz). Der Belastungsausgleich würde dem des EEG entsprechen, das vorsieht, dass jedes Versorgungsunternehmen (Letztverkäufer) den gleichen Anteil an Strom aus erneuerbaren Energien übernehmen muss (Realquote).

Beihilfen via Ausschreibung

Hierbei wird ein aus dem Bundesetat gespeister Fördertopf mit Hilfe von Ausschreibungen verteilt. Das System eignet sich primär zur Förderung von Neuanlagen, soll sich aber auch auf vorhandene Anlagen übertragen lassen. Die Bieter haben die geplante Anlage detailliert darzustellen und den Bedarf an Beihilfen pro kWh_e zu kennzeichnen. Den Zuschlag für entsprechende Betriebskostenzuschüsse erhalten schließlich die Anlagen, die den geringsten spezifischen Förderbedarf pro kWh_e aufweisen. Die Kontrolle soll stichprobenartig im Rahmen der in Betrieb gegangenen Anlagen erfolgen.

CO₂-Zertifikate

Unter Berücksichtigung von Vorgaben zur CO₂-Minderung wird es der Entscheidung des Verantwortlichen überlassen, diese Reduktion, z. B. im eigenen Betrieb, vorzunehmen oder der Verpflichtung analog zum KWK-Zertifikathandelsmodell durch Ankauf von Zertifikaten nachzukommen. Ein besonderer Anreiz dieses Systems liegt darin, die Deckung der Zertifikate im gesamten nationalen und internationalen Rahmen zu betreiben und damit auszunutzen, dass sich eine kostenminimale Zusammensetzung der CO₂-Minderungsmaßnahmen im In- und Ausland ergibt.

CO₂-Steuer

Es wird eine Steuer eingeführt, deren Bemessungsgrundlage die Freisetzung von CO₂-Emissionen ist. Der Anreiz liegt darin, dass sich die Steuer durch rationelle Energienutzung und -umwandlung, unter denen die KWK nur eine Möglichkeit darstellt, senken lässt bzw. indem CO₂-Minderungsmaßnahmen sogar überproportional mit Steuererminderungen belohnt werden.

6.2 Bewertung

Die Frage ist, ob eine der genannten Alternativen gegenüber dem für das KWK-Ausbaugesetz anvisierten Zertifikathandelsmodell (Quotenregelung) besser geeignet wäre. Das KWK-Ausbaugesetz wird laut Beschluss des Bundeskabinetts vom 26.07.2000 mit dem Ziel verbunden, durch einen zusätzlichen Ausbau der KWK-Erzeugung bis 2010 weitere 23 Mio. t CO₂/a einzusparen. Daneben soll der Bestand an KWK-Anlagen, soweit er zu einer CO₂-Minderung beiträgt, gesichert werden. Zur Beantwortung der gestellten Frage werden die folgenden Beurteilungskriterien berücksichtigt:

- a) Zielerreichungsgrad
- b) Effizienz
- c) Wettbewerbskonformität
- d) Rechtskonformität
- e) Kompatibilität mit dem EU-Binnenmarkt
- f) Transaktions-/Kontrollaufwand
- g) Akzeptanz.

a) Zielerreichungsgrad

Die Zielvorgabe lautet, ein bestimmtes Maß an zusätzlicher CO₂-Minderung durch einen Ausbau der KWK zu erreichen und den CO₂-mindernden Bestand zu sichern. Die mit dem Quotenmodell vollzogene *Mengenregelung* bietet voraussichtlich gute Voraussetzungen, dieses Ziel zu erreichen, weil sich die mit dem Ausbauziel verbundene klare Perspektive positiv auf die Langfristplanung in den Unternehmen auswirken würde. Zur Eigendynamik könnte beitragen, dass vor allem Stromversorger daran interessiert sein könnten, ihre Kostensituation selbst beeinflussbar zu halten, indem sie ihrer Verpflichtung durch eigene KWK-Anlagen nachkommen. Für die Zielerreichung auf der Basis des Quotenmodells ist es allerdings wichtig, dass sich der Trend zu gasbetriebenen KWK-Anlagen fortsetzen wird. Andernfalls wären Förderungssysteme, die ausschließlich CO₂-Minderungen honorieren, bezüglich ihrer Lenkungswirkung zu bevorzugen. Mit der zu erwartenden stromorientierten Förderung wird jedoch die Errichtung gasbetriebener Anlagen aufgrund ihrer höheren elektrischen Nutzungsgrade und Stromkennzahlen begünstigt.

Die Zielerreichung wird bei der Bonus-/Einspeisevergütungsregelung sowie bei dem Ausschreibungsverfahren weniger und bei den beiden globalen Instrumenten nur gering planbar sein. Falls, wie beim Bonusmodell und beim Ausschreibungsverfahren üblich, eine Finanzierung mit Haushaltsmitteln vorgesehen ist, die von jährlich erneu-

ter Etatisierung abhängig ist, könnte dies von den jeweiligen Akteuren als Beeinträchtigung der Langfristplanung empfunden werden.

Bei den globalen CO₂-Zertifikaten und der CO₂-Steuer würde sich das Aktionsfeld zur CO₂-Minderung aufweiten, so dass die KWK nur eine Minderungsstrategie unter vielen darstellen würde. In welchem Maße tatsächlich von ihr Gebrauch gemacht werden würde, um CO₂-Minderungsverpflichtungen zu erfüllen bzw. die Steuerlast zu senken, hängt nicht allein von Kostenrangfolgen ab, sondern orientiert sich z. B. an Gelegenheiten wie anstehender Erneuerungsbedarf etc. So ist es trotz der zielorientierten Lenkungswirkung fraglich, ob hiermit das genannte, auf die KWK bezogene Minderungsziel tatsächlich erreicht werden würde.

b) Effizienz

Sowohl bei der Quotenregelung als auch beim Bonus-/Einspeisevergütungsmodell sind Mitnahmeeffekte zu erwarten, die sich nur durch eine differenzierte Förderung und häufige Anpassung der Förderhöhe (bzw. Variation des Quotenanstieges beim Zertifikathandelsmodell) vermindern lassen. Eine zu erwartende stromorientierte Förderung wird allerdings die Ausrichtung in Richtung gasaffiner Systeme mit hohem elektrischen Nutzungsgrad und hoher Stromkennzahl fördern, so dass sich das Kostenfeld (auch unter Berücksichtigung der nach Netzebenen gestaffelten Netzgutschriften) einengen und damit Mitnahmeeffekte abnehmen werden. Dieser Effekt könnte allerdings bei einer Ausgestaltung des Quotenmodells als Zertifikathandelsmodell teilweise wieder aufgehoben werden, indem sich z. B. durch gezieltes Leerkaufen des Zertifikatmarktes Verteuerungseffekte ergeben. Beim Quotenmodell wird voraussichtlich die Errichtung kostengünstiger Anlagen aufgrund der Konkurrenzsituation im KWK-Erzeugungsmarktsegment und der günstigen langfristigen Planbarkeit stärker als bei den anderen Fördermodellen unterstützt.

Das Ausschreibungsverfahren sorgt dafür, dass die wirtschaftlichsten Anlagen zum Zuge kommen.

Für die globalen Instrumente CO₂-Zertifikate und CO₂-Steuer ist von vornherein eine hohe Effizienz zu erwarten, weil die kostengünstigsten Maßnahmen in einem breit angelegten Aktionsfeld ausgewählt werden können.

c) Wettbewerbskonformität

Bei dem auf einem Zertifikathandel basierenden Quotenmodell werden Zusatzerlöse entsprechend den existierenden Deckungslücken angestrebt. Falls die hierfür vorgesehenen Einregulierungsmechanismen weitgehend funktionieren, ist für den *KWK-Erzeugungsmarkt* eine besser entwickelte Wettbewerbssituation als bei den anderen Fördermodellen zu erwarten. Außerdem ist beim Quotenmodell eine Unterbietungsstrategie, die eine Errichtung von KWK-Anlagen bislang an vielen Orten verhindert hat, unwahrscheinlich, weil sich durch das Abdrängen von KWK-Anlagen die Preise zu einer Erfüllung der Quotenpflicht allgemein erhöhen würden.

Ein Bonussystem weist diesen Vorzug nicht auf. Dafür bietet es von vornherein gut einkalkulierbare Gutschriften, die auch eine Orientierung für die laufende Einsatzplanung bieten. Falls der Bonus oder die Einspeisevergütung in engen zeitlichen Abständen den jeweiligen Marktbedingungen angepasst und auf differenzierte Förde-

rungen verzichtet wird, dann ist ansonsten von ähnlichen Konkurrenzbedingungen der KWK-Anlagen wie beim Quotensystem auszugehen. Ein fairer Wettbewerb unter KWK-Betreibern wird beim Ausschreibungsmodell davon abhängen, dass die erheblichen Planungsvorleistungen, die für eine Beteiligung an einer Ausschreibung erforderlich sind, erfolglosen Teilnehmern ersetzt werden, sonst wäre z. B. keine Chancengleichheit zwischen kleinen und großen Unternehmen gegeben und die Hemmschwelle für eine Teilnahme für viele zu hoch.

Der *Wettbewerb im Strommarkt* wird durch die auf öffentlichen Geldern basierenden Bonus- und Ausschreibungsmodelle sowie durch die globalen Instrumente CO₂-Zertifikate und CO₂-Steuer weniger beeinträchtigt als beim Quotenmodell und beim umlagefinanzierten Einspeisevergütungsmodell. Letzteres stellt, bedingt durch die damit verbundene Abnahmepflicht, den intensivsten Eingriff dar. Vermutlich stellen CO₂-Zertifikate- und CO₂-Steuermodell einen geringeren Eingriff als Bonus- und Ausschreibungsmodelle dar, weil das gesamte Energiesystem entsprechenden Anforderungen zur CO₂-Minderung ausgesetzt ist.

Die globalen Instrumente CO₂-Steuer und CO₂-Zertifikate weisen hinsichtlich des allgemeinen *internationalen Wettbewerbs* Nachteile auf, so dass sie sich schwerlich im nationalen Alleingang realisieren lassen. Vor dem Hintergrund des oben genannten KWK-Ausbauziels ergibt sich gegenüber den anderen Fördermodellen eine höhere Belastung, weil das Aktionsvolumen mit einem Bündel vieler CO₂-Minderungsmaßnahmen weit über das des KWK-Ausbaus hinausgeht.

d) Rechtskonformität

Wenn bezüglich der Bonusregelung und des Ausschreibungsverfahrens beachtet wird, dass die hierfür erforderlichen Mittel direkt oder indirekt aus dem öffentlichen Haushalt stammen sollen, sind die genannten Modelle offenbar unter Beachtung einiger Ausgestaltungsdetails mit dem deutschen Recht vereinbar. Beim Zertifikathandelsmodell und der Einführung globaler CO₂-Zertifikate, die vom juristischen Standpunkt eine gewisse Ähnlichkeit aufweisen, ergeben sich Aspekte, die bislang noch uneinheitlich juristisch eingeschätzt werden, zumal hier nicht in dem Maße auf Erfahrungen ähnlich gelagerter Bereiche verwiesen werden kann.

e) Kompatibilität mit dem EU-Binnenmarkt

Gemäß Gemeinschaftsrahmen für staatliche Umweltschutzbeihilfen vom 03.02.2001 können Beihilfen auch für länger als fünf Jahre genehmigt werden. Finanzierungen ohne Beihilfecharakter müssen den Grundsätzen der Warenverkehrsfreiheit genügen.

Im Falle einer Quotenregelung muss einerseits ein uneingeschränkter Binnenmarkt gewährleistet und andererseits verhindert werden, dass die Quotenerfüllung mit Hilfe von im Ausland befindlichen evtl. bereits geförderten KWK-Anlagen geschieht. Entsprechend muss das der Quotenregelung zugrundeliegende Gesetz eine mit der EU-Stromrichtlinie von 1996 konforme Binnenmarktklausel (Reziprozitätsregelung) enthalten, die nur Betreiber neuer Anlagen der Länder Zutritt bietet, für die gleichartige Regelungen bestehen.

Bezogen auf CO₂-Zertifikate ergibt sich der Vorteil, dass die EU-Kommission ohnehin die Absicht hat, 2005 einen derartigen Zertifikathandel einzuführen.

f) Transaktions-/Kontrollaufwand

Bei der Quotenregelung, beim Bonus-/Einspeisevergütungsmodell und beim CO₂-Zertifikatmodell ist ein großer Teil des damit verbundenen Aufwandes mit der Abgrenzung und dem Nachweis der förderfähigen KWK-Stromerzeugung verbunden. Die erforderliche Kontenführung und Vermarktung von Zertifikaten bewirken aber, dass die Quotenregelung und entsprechend auch das CO₂-Zertifikatmodell insgesamt umständlicher zu handhaben sind als die Bonusregelung. Beim Einspeisevergütungssystem haben Netzbetreiber einen großen Aufwand, den Ausgleichsmechanismus umzusetzen, wobei allerdings die gleichartige parallele Abwicklung des EEG Synergismen bietet. Der Aufwand für die Gesamtsteuerung des Systems dürfte in den drei genannten Modellen ähnlich sein.

Beim Ausschreibungsverfahren ist der Aufwand der für die Organisation zuständigen Stelle entschieden von dem eingebrachten Kontrollaufwand abhängig. Der Spielraum für missbräuchliche Inanspruchnahme von Fördermitteln ist relativ groß, weil zwischen Planungs- und Betriebsdaten von vornherein Diskrepanzen zu erwarten sind und ein Nachweis je nach Gerechtigkeitsanspruch von einer technischen, insbesondere aber aufwendigen wirtschaftlichen Analyse abhängig ist.

Die CO₂-Steuer ist als uniforme Besteuerung von Energieträgern mit sehr geringem Transaktionsaufwand verbunden. Falls eine Förderung von KWK mit Hilfe dieses Steueraufkommens erwogen wird, sind Ausschreibungsverfahren, Förderprogramme zur Technologieentwicklung oder anders geartete steuerfinanzierte Förderprogramme vorstellbar.

g) Akzeptanz

Die Fördersysteme, bei denen Einheiten an Umweltvorteilen (CO₂-Minderung, verminderter Energieeinsatz etc.) honoriert werden, weisen in jedem Fall eine höhere gesellschaftliche Akzeptanz auf als staatliche Subventionen für eine nicht voll konkurrenzfähige Technik. Ebenso ist davon auszugehen, dass eine Finanzierung über den Markt von der Gesellschaft eher akzeptiert wird als die Erhebung zusätzlicher Steuern oder die Finanzierung aus Steuermitteln. Dies beides spricht für das Zertifikathandelsmodell sowie für die globalen CO₂-Zertifikate. Von der Wirtschaft werden dagegen eher die steuerfinanzierten Instrumente und Instrumente bevorzugt, die sonstige Handlungsspielräume wenig einengen. Diesen Vorstellungen kommen das steuerfinanzierte Bonussystem sowie das Ausschreibungsverfahren entgegen.

Resümee

Die vergleichende Bewertung ergibt kein eindeutiges Bild dafür, welches Fördermodell zu bevorzugen wäre. Je nach Sicht der Beteiligten ergeben sich bereits innerhalb eines Kriteriums gegensätzliche Beurteilungen. Ebenso fällt es schwer, die Kriterien untereinander zu gewichten und damit zu quantitativ belegbaren Einschätzungen zu kommen. Die in Tabelle 6–1 vorgenommene Beurteilung kann daher nicht als allgemeingültig betrachtet werden.

Tabelle 6-1: Bewertung von KWK-Fördermodellen

	Quote	Bonus (aus Steuern)	Einspei- sung	Aus- schreibung	CO ₂ - Zertifikate	CO ₂ - Steuer
Zielerreichung	+	0	0	0	-	-
Effizienz	+	0	0	+	++	++
Wettbewerb	+	+	-	0	-	-
Recht	0	+	+	+	+	+
EU	+	+	+	+	++	+
Transaktion (Start)	-	0	0	+	0	+
(Betrieb)	0	+	-	-	0	++
Akzeptanz (Betreiber)	0	+	-	0	+	+
(Gesellschaft)	+	-	+	-	+	-

7 Zusammenfassung

Die im vorliegenden Band 1 unter dem Titel „Grundlagen der Kraft-Wärme-Kopplung, Zertifizierungsverfahren und Fördermodelle“ vorgestellten Ergebnisse sollen der Begleitung der anstehenden KWK-Gesetzgebung in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht dienen. Das derzeitige KWK-(Vorschalt-)Gesetz, welches durch ein neues mit klareren Kriterien verbundenes Gesetz ersetzt werden soll, ist in mehrfacher Hinsicht problematisch, da es Regelungen zum Auffangen von Stranded Investments mit Regelungen zur Förderung von KWK vermischt, keine klare Definition von KWK enthält, industrielle KWK ausgegrenzt und durch die intransparente Förderstruktur das Mittelaufkommen und die Mittelverwendung nicht nachvollziehbar macht.

Bereits in der gleichnamigen Vorstudie ist aufgezeigt worden, dass dem Ausbau der gekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme im Rahmen einer volkswirtschaftlich effizienten Erfüllung der von Deutschland zugesagten CO₂-Minderungsziele eine hohe Bedeutung zukommt. KWK bietet die Möglichkeiten, die Energieeffizienz und damit die CO₂-Effizienz zu verbessern, indem zum Heizen eingesetztes Erdgas zusätzlich zur Stromerzeugung beiträgt, und trotz Klimarestriktion im Stromsektor weiterhin Kohle einzusetzen, was aus Diversifikationsgründen (Risikomischung) geboten ist. Diese Strategie wird vor dem Hintergrund rückläufiger Kernenergie und damit einhergehendem steigendem Anteil des Einsatzes fossiler Energien zukünftig an Bedeutung gewinnen.

Wie ebenfalls in der Vorstudie deutlich geworden ist, wird sich ein KWK-Ausbau in der gegenwärtigen Situation des Strommarktes nur auf der Basis einer Förderung entwickeln können. Obwohl neue KWK-Anlagen im Vergleich zu neuen Anlagen der ungekoppelten Erzeugung unter Vollkostenbedingungen meist günstiger abschneiden, benötigen sie vor dem Hintergrund des aktuell auf dem Niveau kurzfristiger Grenzkosten geführten Preiskampfes zusätzliche Deckungsbeiträge.

Unabhängig vom Förderverfahren ist als Voraussetzung für jegliche zielorientierte, transparente und allgemein akzeptierte Förderung von KWK eine Grundlage für die Zertifizierung des erwünschten Produktes zu schaffen. Die Analyse der Vielzahl vorgeschlagener Zertifizierungskriterien hat ergeben, dass definierter KWK-Strom eine geeignete Messgröße darstellt. Dabei handelt es sich ausschließlich um den Strom, der physikalisch begründet als Co-Produkt von für Nutzenanwendungen bereitgestellter Wärme erzeugt wird. Jeder so erzeugte KWK-Strom leistet unabhängig vom Umwandlungsverfahren einen ähnlich hohen Beitrag zur Primärenergieeinsparung und sollte gleichermaßen gefördert werden.

Ausführliche Analysen zeigen, dass die Bestimmung dieses Stromanteils mit Hilfe einer einmaligen Anlagenzertifizierung relativ unproblematisch ist. Eine weitere Differenzierung des so definierten KWK-Stroms, z. B. hinsichtlich der CO₂-Effizienz, birgt dagegen die Gefahr so krasser Fördergegensätze zwischen alten und neuen Anlagen sowie zwischen gas- und kohlegefeuerten Anlagen, dass dadurch vorhandene, für zukünftige Anwendungen prädestinierte Standorte verloren gehen könnten und die sinnvolle Auskopplung großer Wärmemengen aus Steinkohlekraftwerken unterbleibt.

Die o. g. Anlagen- und Produktzertifizierung erfordert die Einrichtung einer Kontroll- und Zertifizierungsinstanz, welche darüber hinaus den Gesamtprozess steuert und

überwacht sowie durch unabhängige Gutachter und eine technische Prüfgesellschaft unterstützt wird.

Die vergleichende, eine Vielzahl von Kriterien berücksichtigende Bewertung verschiedener Fördermodelle ergibt kein eindeutiges Bild, welches Fördermodell zu bevorzugen wäre. Andererseits zeigt sich, dass sich aus allen Bausteinen von Förderinstrumenten ein sinnvoller Instrumentenmix konstruieren lässt.

Quellen

AGFW: Vorstudie: Strategien und Technologien einer pluralistischen Fern- und Nahwärmeversorgung in einem liberalisierten Energiemarkt unter besonderer Berücksichtigung der Kraft-Wärme-Kopplung und erneuerbarer Energien. Arbeitsgemeinschaft Fernwärme (AGFW), Frankfurt, 2000.

AGFW: „Zertifizierung von KWK-Strom“, Sachstandsbericht zum Stand der Arbeiten an der FW 308 von September 2000

AGFW: Arbeitsblatt FW 308 – Entwurf vom 06.12.2000

AGFW/VDEW: „Zertifizierung von KWK-Strom“

AGFW: Hauptbericht der Fernwärmeversorgung 1999

Apfelstedt: „Elemente eines Gesetzes zur Entlastung von energiebedingten Umweltbelastungen“, Sonderveröffentlichung zu Euroheat & Power – Fernwärme international 6/1999 (Mindestanteilskaufpflicht für Umweltdienstleistungen als Antwort auf die Liberalisierung der Energiemärkte (Quotenregelung)

Bündnis 90/DIE GRÜNEN: Beschluss der Bundesfraktion Bündnis 90/DIE GRÜNEN zu einem Eckpunktepapier „Das Zertifikats-Handelsmodell – ein modernes Instrument zur effizienten Nutzung von Kohle, Gas und Öl“ vom 21.03.2000

Bündnis 90/DIE GRÜNEN: Beschluss der Bundesfraktion Bündnis 90/DIE GRÜNEN zu einem Eckpunktepapier „Das Zertifikats-Handelsmodell – ein modernes Instrument zur effizienten Nutzung von Kohle, Gas und Öl“ vom 21.03.2000

Dittmann: „KWK-Förderung nach dem Vergleichsmarktprinzip“ (Modell Brennstoffbewertung über Vergleichsmärkte)

DIW: Arbeitspapier zum 10.11.2000: „Elemente eines Quotenmodells zur Förderung des Ausbaus ökologisch effizienter Kraft-Wärme-Kopplung“

Länder Schleswig-Holstein und Berlin: Bundesratsantrag der Bundesländer Schleswig-Holstein und Berlin: Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Gesetzes über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz) von November 1999: Änderungsvorschlag für die Einführung einer KWK-Quote

Land Hessen: Bundesratsantrag des Bundeslandes Hessen: Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Gesetzes über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz) vom 19.11.1999

Land Hessen: Entwurf des Landes Hessen eines Gesetzes zur Einführung von Wettbewerb bei der verstärkten Nutzung von Energie aus rationeller Gewinnung und zur schrittweisen Integration erneuerbarer Energiequellen in die Energiemärkte vom 08.03.2000

Traube: Arbeitspapier „Zur Ausgestaltung eines Quoten-/Zertifikatssystems zum Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung“, Dezember 2000

Traube/Riedel: Quoten-/Zertifikatsmodell zur Förderung des Ausbaus der Elektrizitätserzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung“, Entwurf eines Gesetzes sowie einer Verordnung: Gesetz „Elektrizitätserzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung“, Verordnung über die Elektrizitätserzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung, Juni 1998

Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V. (VIK): Statistik der Energiewirtschaft 1999/2000, Essen 2001

VKU: „Gesetz zum Ausbau der gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung mittels handelbarer Zertifikate (KWK-Ausbau-Gesetz) vom 27.06.2000

Wuppertal Institut, bremer energie institut, Dr. Tolle Consulting, BET Aachen: Instrumente zum Klimaschutz in einem liberalisierten Energiemarkt unter besonderer Berücksichtigung der KWK, Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes, August 2000