

Gutachten

**Entwicklung eines
Effizienzkriteriums für eine
klimaschutzorientierte
KWK-Förderung**

**M. Blesl, N. Dicke, U. Fahl,
A. Voß, C. Weber**

erstellt im Auftrag des
Ministeriums für Umwelt und Verkehr
Baden-Württemberg

Dezember 2000

Kurzfassung

Ein Effizienzkriterium für eine klimaschutzorientierte Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) basiert auf der Ermittlung der CO₂-Einsparungen durch KWK-Anlagen im Vergleich zu einem Referenzsystem. Gemäß der ermittelten CO₂-Einsparungen werden den KWK-Anlagenbetreibern Klimaschutzzertifikate zugesprochen, welche an einem vom Strommarkt getrennten Markt gehandelt werden können. Dabei sollte das Ziel der CO₂-Reduktion nicht dadurch außer Kraft gesetzt werden, dass versucht wird, mit dem selben Förderinstrument gleichzeitig andere energiepolitische Ziele, z. B. des KWK-Bestandsschutzes oder der Versorgungssicherheit durch einen Einsatz von heimischen Kohlen, zu verwirklichen.

Das klimaschutzorientierte Effizienzkriterium kann bei verschiedenen Modellen der Förderung von KWK angewandt werden. Wird ein Modell der Quotierungspflicht für das Halten von CO₂-Vermeidungszertifikaten gewählt, so wären für eine Umsetzung in einem Gesetz zur Förderung von KWK-Anlagen in Deutschland unter anderem folgende Aspekte zu regeln:

➤ ***Zielgröße der CO₂-Vermeidung durch KWK***

Der Beschluss der Bundesregierung, durch den Ausbau der KWK bis 2010 eine CO₂-Minderung um 23 Mio. t zu erreichen, gibt das Ziel für die neuen KWK-Anlagen vor. Werden die bestehenden KWK-Anlagen mit in das Fördermodell aufgenommen, so ist das Ziel für 2010 um 5 Mio. t zu erhöhen.

➤ ***Ermittlung der CO₂-Einsparungen durch KWK-Anlagen***

Es werden die CO₂-Einsparungen durch den Betrieb der KWK-Anlagen gegenüber einem Referenzsystem der getrennten Strom- und Wärmeerzeugung ermittelt. Der KWK-Betreiber erhält dann entsprechende Klimaschutzzertifikate / KWK-Bons in der Höhe der vermiedenen CO₂-Emissionen ΔCO_2 . Eine alternative Meßgröße stellt die Zero-CO₂-Strommenge der KWK-Anlagen dar.

➤ ***Referenzsystem für die Ermittlung der CO₂-Minderung***

Da der KWK-Ausbau durch das Fördermodell unterstützt werden soll, ist auch das Referenzsystem zukunftsorientiert anzulegen, indem entweder neue Kraftwerke und Heizkessel berücksichtigt werden oder Zielwerte aus den Kyoto-Verpflichtungen abgeleitet werden. Eine Orientierung an den derzeitigen Verhältnissen scheidet bei einer Zukunftsorientierung aus.

➤ ***Akkreditierung/Zulassung von KWK-Anlagen zur Zertifikatsausgabe***

Hierbei ist vor allem zu bestimmen, welche Anlagen unter den Begriff der Kraft-Wärme-Kopplung fallen. Hier wird dafür plädiert, sich an dem Ansatz der AGFW zur Abgrenzung von KWK-Strom zu orientieren. Dabei sollte das Akkreditierungs- und Zertifizierungssystem möglichst weitgehend auf vorhandene Institutionen zurückgreifen, wie z. B. die technischen Prüfgesellschaften.

- ***Quotenermittlung und Quotenverpflichtete***

Die Höhe der vorzugebenden Quote ergibt sich aus der Zielgröße der CO₂-Vermeidung dividiert durch die erwartete inländische Stromabgabe an Endverbraucher. Unternehmen, die Strom an Endverbraucher abgeben, sind zu verpflichten, den Besitz von Zertifikaten entsprechend der vorgegebenen Quote nachzuweisen.
- ***Bilanzierungszeitraum***

Als Bilanzierungszeitraum für den Nachweis der Quotenerfüllung wird jeweils ein Kalenderjahr vorgeschlagen.
- ***Ausgabe von Zertifikaten durch KWK-Anlagenbetreiber***

Zur einfacheren Umsetzung des Fördermodells sollten die Zertifikate durch die KWK-Anlagenbetreiber fortlaufend selbst ausgegeben werden. Nach Ablauf eines Jahres wird von der Zertifizierungsinstanz geprüft, ob die Anzahl der vom Betreiber ausgegebenen KWK-Bons mit der Menge der vermiedenen CO₂-Emissionen übereinstimmt.
- ***Einrichtung eines Handelsplatzes für CO₂-Vermeidungszertifikate***

Der Handel mit Klimaschutzzertifikaten kann bilateral zwischen den KWK-Betreibern und den Verpflichteten erfolgen. Um eine größere Markttransparenz zu erzielen, empfiehlt es sich jedoch, an einer der deutschen Strombörsen einen börsennotierten Zertifikatshandel einzuführen.
- ***Höhe der bei Nichtquotenerfüllung zu zahlenden Pönale***

Für den Fall der Nichterfüllung der Quote ist eine Pönale vorzusehen, die zugleich als Preisobergrenze für die Zertifikate wirkt. Die Höhe der Pönale ist eine politische Entscheidung, die jedoch die Verhältnismäßigkeit der KWK-Förderung gegenüber anderen Klimaschutzmaßnahmen berücksichtigen sollte. Dabei kann eine Orientierung an vorliegenden wissenschaftlichen Untersuchungen zu Klimaschutzstrategien in Deutschland erfolgen. Ein Mindestpreis ist nicht vorgesehen, da die Zertifikate für die Quotenverpflichteten ein notwendiges Gut darstellen, so dass eine positive Zahlungsbereitschaft und damit ein Preis über Null zustande kommt.
- ***Verwendung der aus Pönalen stammenden Mittel***

Die aus den ggfs. auftretenden Einnahmen aus Pönalzahlungen entstehenden Mittel können entweder in den allgemeinen Staatshaushalt überführt werden (Ordnungsgeld) oder den Grundstock für ein nationalen Klimaschutzfonds darstellen, über den weitere Klimaschutzmaßnahmen finanziert werden können.
- ***Behandlung von Importstrom aus KWK-Anlagen***

Ein noch offener Punkt bei einem solchen Handelsmodell mit Vermeidungszertifikaten ist die Berücksichtigung von ausländischen KWK-Betreibern. Es bedarf einer rechtlichen Klärung, ob die nationale Vermeidung von CO₂-Mengen durch KWK-Anlagen als Begründung ausreicht, nur Betreiber von KWK-Anlagen in Deutschland für den Zertifikatshandel zu zulassen.

➤ ***Vermeidung einer Doppelförderung***

Die Konsistenz mit anderen Fördermaßnahmen muss gegeben sein und eine Doppelförderung sollte vermieden werden.

Der Vorteil einer solchen Regelung liegt darin, dass besonders CO₂-effiziente KWK-Anlagen, also solche mit einer hohen CO₂-Einsparung auch besonders von einem mit den KWK-Bons verbundenen Zertifikatshandel profitieren. Hierdurch wird ein hoher Anreiz gegeben, Anlagen – sowohl bestehende, als auch Neuanlagen – zu verbessern sowie bei Neuanlagen auf einen hohen technischen Stand zu achten.

Des Weiteren können durch ein so ausgestaltetes Zertifikatshandelsmodell für KWK-Bons bereits Erfahrungen gesammelt werden, welche für die Einführung eines allgemeinen CO₂-Zertifikatehandelsmodells nützlich sind. Weiterhin bereitet die Einführung eines Modells von KWK-Klimaschutzzertifikaten auf eine EU-weite Einführung eines CO₂-Zertifikatehandels vor. Zwischen der Einführung der KWK-Bons für die vermiedenen CO₂-Emissionen und dem allgemeinen CO₂-Zertifikatehandel sind auch mehrere Zwischenstufen denkbar.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Zielsetzung der KWK-Förderung	2
3	Fördermodell für Klimaschutz und KWK	2
3.1	Anforderungen an ein Fördermodell.....	3
3.2	Quotenhandelsmodell.....	4
4	Technische Charakteristika von KWK	5
4.1	Systemvarianten von KWK-Anlagen.....	6
4.2	Bilanzgrenzen von KWK-Anlagen	8
4.3	Ansätze zur Abgrenzung der Stromerzeugung aus KWK-Anlagen.....	10
4.4	Überblick über den KWK-Bestand in Deutschland.....	12
4.5	Referenzsysteme	15
5	Klimaschutzorientierte Ausgestaltung eines Fördermodells für die Kraft-Wärme-Kopplung	20
5.1	Prinzip eines klimaschutzorientierten Zertifikatshandelsmodells.....	21
5.2	Anwendungsbeispiele	24
5.3	Ausgestaltung des Handels und Preisbildung der Zertifikate	27
5.4	Preisgrenzen und Quotenflexibilisierung.....	29
6	Varianten und mögliche Ausweitungen des Fördermodells	30
6.1	Überführung in einen allgemeinen CO ₂ -Zertifikatehandel.....	30
6.2	Alternative Messgröße: Übergang zu Zero-CO ₂ -Strom.....	32
6.3	Anwendbarkeit bei Preissteuerung.....	34
7	Schlussbetrachtung	36
	Literaturverzeichnis	41
	Tabellenanhang	43

1 Einleitung

Mit der Verabschiedung des Energiewirtschaftsgesetzes und der Liberalisierung des Strommarktes haben sich die Bedingungen für den Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK) grundlegend geändert. Gleichzeitig wird in Deutschland eine weitere Reduktion der energiebedingten CO₂-Emissionen angestrebt. In diesem Zusammenhang wird von einem weiteren Ausbau der KWK ein wesentlicher Zielerreichungsbeitrag erwartet. Das Bundeskabinett geht hier bis 2010 von einer CO₂-Minderung durch KWK in Höhe von 23 Mio. t aus, für 2005 ist ein Zwischenziel „in der Größenordnung von 10 Mio. t CO₂“ vorgesehen. Diese Zielorientierung findet sich auch im Nationalen Klimaschutzprogramm.

Des Weiteren hat der EU-Ministerrat in seiner Entschließung vom 8. Dezember 1999 bezüglich einer "Gemeinschaftsstrategie zur Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung" EU-weit eine Verdopplung des Anteils der KWK an der Stromerzeugung gefordert und dabei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Hauptverantwortung für die Umsetzung auf nationaler Ebene liegt. Bezüglich der geeigneten Instrumente hat die EU ausdrücklich ihre Präferenz für ein Zertifikats-Handelsmodell geäußert. So wird im Kommissionsbericht KOM (98)167 vom 16.03.98 "Gemeinsame Vorschriften für den Elektrizitätsbinnenmarkt" das System der "grünen Zertifikate" im Vergleich der verschiedenen Fördermodelle als besonders effizient hervorgehoben. Die EU erwägt darüber hinaus einen Zertifikatshandel für CO₂-Emissionen einzuführen.

Unter den Rahmenbedingungen des liberalisierten Strommarktes und angesichts der derzeit im Strommarkt vorhandenen Kapazitäten erscheint der CO₂-Minderungsbeitrag durch KWK ohne ein entsprechendes Förderinstrument nicht erreichbar. Als mögliches Förderinstrument zum KWK-Ausbau wird insbesondere ein Quoten-(handels-)modell für Strom aus KWK-Anlagen diskutiert. Damit wird es notwendig, Zertifizierungskriterien festzulegen, die die Einbeziehung der unterschiedlichen KWK-Techniken regeln, sowohl der im Anlagenbestand als auch beim Neubau. Die bislang vorgeschlagenen Kriterien (vgl. etwa /Traube, Riedel 1998; Apfelstedt 1999; Wuppertal Institut u. a. 2000; DIW 2000/) sind jedoch als nur begrenzt zielführend im Hinblick auf das oben genannte Ziel der CO₂-Minderung einzustufen, da sie die aus der Kraft-Wärme-Kopplung resultierende CO₂-Minderung nicht oder nur teilweise explizit berücksichtigen.

Vor diesem Hintergrund wird im Folgenden ein Effizienzkriterium für Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen entwickelt und formuliert, das den Effekt bezüglich des Klimaschutzbeitrags in den Mittelpunkt stellt. Dazu wird zunächst die Zielsetzung der geplanten KWK-Förderung näher betrachtet (Abschnitt 2), dann werden in Abschnitt 3 Fördermodelle für Klimaschutz und KWK aus theoretischer Sicht behandelt. Neben einer Betrachtung der möglichen Förderalternativen ist auch eine Betrachtung der technischen Systeme, die Gegenstand der Förderung sein sollen, erforderlich, um zu einer adäquaten Ausgestaltung eines Förderinstrumentes zu gelangen. Dies erfolgt in Abschnitt 4. In Abschnitt 5 wird dann

ein Modell zur CO₂-effizienten Gestaltung einer KWK-Förderung vorgestellt und hinsichtlich verschiedener Aspekte wie Ausgestaltung des Quotenhandels, Festlegung von Preisgrenzen u. ä. diskutiert. Schließlich erfolgt in Abschnitt 6 eine Diskussion von Varianten bzw. möglichen Ausweitungen des KWK-Fördermodells.

2 Zielsetzung der KWK-Förderung

Wie eingangs erwähnt, legitimiert sich die geplante KWK-Förderung aus Sicht der Bundesregierung dadurch, dass durch einen Ausbau der KWK ein quantifizierbarer **Beitrag zum Klimaschutz** geleistet wird. Daneben werden aber in der politischen Diskussion mit einer Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung verschiedentlich auch andere Ziele verknüpft.

Insbesondere handelt es sich hier um einen Bestandsschutz für bestehende KWK-Anlagen, der für deren Betreiber die Härten des Wettbewerbs auf dem Strommarkt abmildern soll. Damit verbunden ist gelegentlich auch die Zielsetzung, durch Eingriffe in den Strommarkt den Absatz der heimischen Steinkohle sicherzustellen. Inwiefern diese Ziele sinnvoll sind, soll an dieser Stelle nicht erörtert werden. Jedoch ist hier, wie in vielen anderen Fällen auch, davon auszugehen, dass die Verwendung spezifischer Instrumente zur Erreichung spezifischer Ziele zu besseren Ergebnissen führt als der Versuch, ein Instrument gleichzeitig zur Erreichung mehrerer Ziele einzusetzen (vgl. /Tinbergen 1968/). Konkret heißt dies, dass die Autoren empfehlen, das KWK-Vorschalt-Gesetz fortzuführen, wenn das politische Ziel des Bestandsschutzes weiterverfolgt werden soll. Eine Fördermodell zur Erreichung eines CO₂-Minderungszieles mit Hilfe der Kraft-Wärme-Kopplung sollte hingegen nicht gleichzeitig für das Ziel des Bestandsschutzes instrumentalisiert werden.

3 Fördermodell für Klimaschutz und KWK

Für die Entwicklung von geeigneten Förderinstrumente ist es zunächst unerlässlich, einige Kriterien festzulegen, anhand derer man unterschiedliche Förderansätze klassifizieren und bewerten kann (vgl. Abschnitt 3.1). Prinzipiell sind eine Vielzahl von Modellen zur Förderung von Klimaschutz und/oder KWK denkbar. Dabei stellt sich grundsätzlich die Frage, inwiefern die politische Vorgabe eines CO₂-Minderungszieles für eine spezifische Technologie angemessen ist, oder ob nicht eher politische Instrumente angewandt werden sollten, die den Klimaschutz generell fördern ohne eine Vorgabe vorab, welche Technologien zur Zielerreichung einzusetzen sind. Diese prinzipielle Frage soll hier nicht näher erörtert werden (vgl. /Blesl u. a. 2000a/). Vielmehr fokussiert die Darstellung in Abschnitt 3.2 auf das in der derzeitigen Diskussion präferierte Quotenhandelsmodell.

3.1 Anforderungen an ein Fördermodell

Für die Auswahl eines geeigneten Förderkonzeptes sind neben der Frage, ob ein Förderkonzept das gesetzte Ziel überhaupt erreichen kann, die Aspekte der Fördereffizienz von besonderer Bedeutung. Weitere Kriterien, die zu prüfen sind, betreffen die Marktkonformität, die Verträglichkeit mit dem bestehenden Rechtsrahmen sowie die Umsetzbarkeit des Förderinstrumentariums in die Praxis. Im einzelnen erscheinen folgende Anforderungen relevant:

- Zielangemessenheit und Zielerreichung
- Fördermitteleffizienz
- Kosteneffizienz (statische oder ökonomische Effizienz)
- Zweck- Mittelaufwand
 - Vermeidung von Mitnahmeeffekten
 - Geringe Transaktionskosten
- Dynamische Effizienz
 - Innovationseffizienz, Induktion von technischem Fortschritt
 - Anreizwirkung zur Kostensenkung
- Konformität mit dem marktwirtschaftlichen Ordnungs- und dem Rechtsrahmen
- Praktikabilität
 - Administrativer Aufwand
 - Regulierungs- und Kontrollbedarf
 - Flexibilität und Anpassungsfähigkeit

Der wesentliche Punkt, an dem sich jedes Fördermodell zunächst messen lassen muss, ist die Zielangemessenheit und die Zielerreichung. Bezüglich der Zielerreichung ist in dem hier diskutierten Zusammenhang vor allem zu prüfen, inwieweit ein vorgeschlagenes Modell das Ziel der zusätzlichen CO₂-Minderung um 23 Mio. Tonnen erfüllen kann.

Unter die Fördermitteleffizienz fallen die Kosteneffizienz sowie die dynamische Effizienz sowie gegebenenfalls die technologische Treffsicherheit, wenn die Förderung einer bestimmten Technologie nicht per se Ziel der Förderung ist. Die Kosteneffizienz bezeichnet die Mittelaufwendung zur Zielerreichung. Ein Modell, welches mit hohen Kosten der Förderung verbunden ist, ist als ineffizienter zu beurteilen als ein Instrument, welches das gleiche Ziel mit einem geringeren Mittelaufwand erreichen kann. Kosten für die Förderung stellen dabei nicht nur staatliche Zuwendungen dar, sondern können auch direkt bei den Verbrauchern und Unternehmen, z. B. in Form einer Abgabe oder durch erhöhte Preise und Aufwendungen entstehen. Kosten können dabei auch durch Mitnahmeeffekte und Transaktionskosten verursacht sein. Zusätzliche Kosten entstehen auch, wenn sich das Instrumentarium als nicht treffgenau erweist.

Die dynamische Effizienz beschreibt die Eignung des Fördermodells, Anreize zur technologischen Weiterentwicklung und somit zur Kostensenkung zu setzen. Die Stärke dieser Anreizwirkung ist maßgebend für die dynamische Effizienz. Hier, ebenso wie bei der Kosten-

effizienz sollen qualitative Betrachtungen die untersuchten Fördermodelle bewertend einordnen.

Das Kriterium „Konformität mit dem marktwirtschaftlichen Ordnungsrahmen“ bewertet die Förderinstrumente vor dem Hintergrund eines marktwirtschaftlichen Ordnungsrahmens. Von Bedeutung ist hier insbesondere, inwieweit und in welchem Ausmaß Eingriffe in die Marktmechanismen erfolgen, die den Wettbewerb verzerren oder auch den freien Warenverkehr beeinträchtigen. Eng verknüpft damit sind auch rechtliche Aspekte z. B. im Hinblick auf die Vereinbarkeit mit dem europäischen Wettbewerbsrecht. Unter dem Kriterium „Konformität mit dem bestehenden Rechtsrahmen“ fallen des weiteren noch verfassungsrechtliche Anforderungen.

Zuletzt ist noch das Kriterium der Praktikabilität zu nennen, wobei hier zu prüfen ist, wie hoch der Regulierungs- und Kontrollbedarf des gewählten Instrumentes ist, wie flexibel es sich an veränderte Rahmenbedingungen anpassen lässt und wie hoch der jeweilige Organisations- bzw. Verwaltungsaufwand ist.

3.2 Quotenhandelsmodell

Prinzipiell sind eine Vielzahl von Modellen zur Förderung von Klimaschutz und/oder KWK denkbar. Im weiteren wird lediglich das Quotenhandelsmodell dargestellt, da in der politischen Diskussion zur Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung derzeit zumeist ein solches diskutiert wird. So schlagen z. B. /Traube, Riedel 1998/ eine Ausgabe von Zertifikaten für KWK-Anlagen mit einem Jahresnutzungsgrad von mehr als 70 % in Höhe der Nettostromerzeugung und für KWK-Anlagen mit einem Jahresnutzungsgrad von weniger als 70 % in Höhe des Produktes aus Stromkennzahl und der Wärmenetzeinspeisung zur energetischen Nutzung vor. Vorgesehen ist dann eine Zertifizierung des in diesen KWK-Anlagen erzeugten Stromes und die Vorgabe einer Quotenverpflichtung für den Stromvertrieb an Endkunden, einen bestimmten Anteil des Stromabsatzes aus diesen zertifizierten KWK-Anlagen zu decken. Dabei ist es nicht notwendig, diesen vorgegebenen Anteil an KWK-Strom auch tatsächlich zu beziehen. Die Quote gilt als erfüllt, wenn der Quotenverpflichtete entsprechend seiner Stromabgabe anteilig ausreichend Zertifikate nachweisen kann, welche er an einem Handelsplatz für diese KWK-Stromzertifikate zum Zwecke der Quotenerfüllung erwerben kann. Dieser Handelsplatz für die ausgegebenen Zertifikate sorgt für eine Entkoppelung von Stromhandel und Zertifikatshandel, welcher das Modell der reinen Quote weitaus praktikabler macht. Weiterhin erhöht ein solcher Handel mit KWK-Stromzertifikaten die Informationssicherheit der Marktakteure und hilft so, den Preis für die Zertifikate niedriger zu halten.¹

Das Problem bei diesem Vorschlag besteht darin, dass für eine klimaschutzorientierte Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung eine Zertifikatsausteilung gemäß der Stromabgabe der KWK-Anlagen nicht ausreichend ist. Vernachlässigt wird durch einen solchen Austeilungs-

¹ Bei hoher Marktunsicherheit erhöht sich tendenziell der Preis.

modus, dass es bezüglich der CO₂-Emissionen – und somit auch des Klimaschutzzieles – wichtig ist, bevorzugt solche Anlagen mit Zertifikaten zu bedenken, welche über eine hohe CO₂-Effizienz sowohl in der Strom- als auch in der Wärmeerzeugung verfügen. Insofern wäre es für die Ausgabe von Zertifikaten für KWK-Anlagen sinnvoll, nicht nach dem Jahresnutzungsgrad und der abgegebenen Strommenge zu differenzieren, sondern die Ausgabe der Zertifikate an der CO₂-Effizienz der Anlagen zu orientieren.

Bevor die Ausgestaltung eines CO₂-effizienten Fördermodells für KWK näher betrachtet wird, soll im folgenden Abschnitt ein kurzer Überblick über technische Charakteristika und Verbreitung von KWK-Anlagen gegeben werden, weil diese für ein Verständnis der zu erwartenden Wirkungen eines Quotenmodells wesentlich sind.

4 Technische Charakteristika von KWK

Unter dem Begriff Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) wird die gleichzeitige Gewinnung von nutzbarer Wärme und mechanischer bzw. elektrischer Arbeit in einer Anlage verstanden. Neben der eigentlichen KWK-Anlage gehören zum kompletten Energieversorgungssystem als weitere Komponenten zumeist ein Spitzenwärmeerzeuger sowie gegebenenfalls ein Wärmeverteilungsnetz und die elektrische Einbindung in das Netz der Stromversorgung. Die KWK-Anlagen lassen sich nach unterschiedlichen Kriterien klassifizieren:

- Systemvarianten (Anlagenspezifikation),
- Jahresnutzungsgrad,
- Stromkennzahl (leistungsbezogen / arbeitsbezogen),
- elektrische Nettoleistung,
- Energiemehrbedarfszahl bzw. Brennstoffeinsparung,
- Strom- bzw. Wärmeabgabe,
- CO₂-Emissionen bzw. eingesparte CO₂-Emissionen.

Im Folgenden sollen zunächst die verschiedenen, in der Praxis relevanten KWK-Systeme diskutiert werden (Abschnitt 4.1), dann soll auf die Problematik der Bilanzgrenzen von KWK-Anlagen und der Abgrenzung von KWK-Strom in Abschnitt 4.2 bzw. Abschnitt 4.3 eingegangen werden. Abschnitt 4.4 gibt einen Überblick über die Verbreitung von KWK in Deutschland und in Abschnitt 4.5 wird auf die Auswahl geeigneter Referenzsysteme eingegangen, um die CO₂-Vermeidung durch KWK-Anlagen beurteilen zu können.

4.1 Systemvarianten von KWK-Anlagen

KWK-Anlagen können prinzipiell in Anlagen mit Kondensationsstromerzeugung (*Entnahme-Kondensations-Anlagen mit Entnahmeturbine oder Anzapfturbine*) bzw. ohne eine solche Erzeugung (*Gegendruck-Anlagen*) unterteilt werden. Bei Entnahme-Kondensations-Betrieb wird bei der Entnahmeturbine an verschiedenen Entnahmestellen der Turbine mit Hilfe von Regelventilen ein Teil des Dampfstroms zur Wärmenutzung entnommen. Bei Anzapfturbinen fehlen die Regelventile so dass die Auskopplung der Dampfmengen entsprechend des Auslegungsfall erfolgt. Die Auskopplung des Dampfes hat eine Minderung der erzeugten elektrischen Arbeit gegenüber dem reinen Kondensationsbetrieb zur Folge. Die Höhe der Einbuße hängt von der ausgekoppelten Dampfmenge, der Höhe der Vor- und Rücklauftemperatur der Fernwärme sowie von der Anzahl und der Anordnung der Entnahmestufen ab. Die Stromverlustkennziffer² beträgt zwischen 0,1 und 0,25. Beim Gegendruck-Betrieb wird erst hinter der Turbine Heißwasser in einem Heizkondensator erzeugt. Der Dampfturbinenwirkungsgrad, besonders der Gegendruckturbine, sinkt im Teillastbereich stark ab. In Abbildung 1 sind unterschiedliche Varianten von KWK-Anlagen mit Dampferzeugern dargestellt.

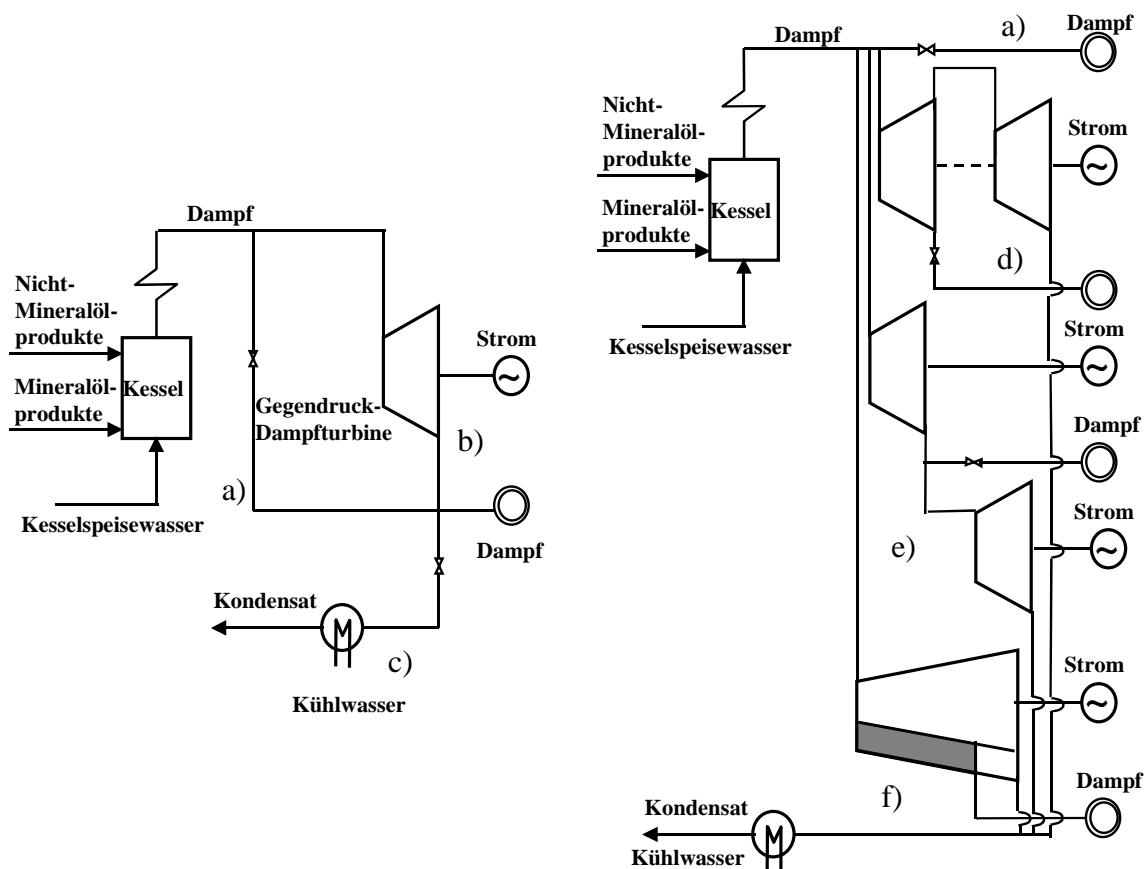


Abbildung 1: Varianten von KWK-Anlagen mit Dampferzeugern

² Die (leistungsbezogene) Stromverlustkennziffer einer KWK-Anlage ist der Quotient aus der elektrischen Netto-Leistungseinbuße und der Netto Heizleistung.

Die linke Hälfte der Abbildung 1 enthält die einfache Variante der KWK-Anlage auf Basis eines Dampferzeugers und einer Gegendruckdampfturbine. Parallel zur Dampfturbine (b) ist bei KWK-Anlagen meistens eine Dampfreduzierstation (a) eingerichtet, um bei Ausfall der Turbine eine sichere Wärmeversorgung zu gewährleisten (Heizumleitbetrieb). Teilweise verfügen Heizkraftwerke über Hilfskühler. Diese sind entweder direkt als Hilfskühltürme (c) in das Kraftwerk oder indirekt in den Vor- oder Rücklauf der Fernwärmeversorgung integriert. Das Heizkraftwerk kann dadurch auch als Spitzenlastkraftwerk betrieben werden.

In Abbildung 1 rechte Hälfte sind unterschiedliche Varianten mit Entnahmekondensationsturbinen dargestellt. Im Fall d) sind eine Gegendruck- und eine Kondensationsturbine auf einer Welle angeordnet, dagegen ist bei e) die Kondensationsturbine unabhängig nachgeschaltet. Bei f) handelt es sich um eine Anzapf- oder Entnahmekondensationsturbinenanlage. Die Aufteilung in Kondensations- und Gegendruckscheibe (siehe Abschnitt 4.3) ist durch die schraffierte Fläche grafisch dargestellt.

Die Variantenvielfalt erhöht sich weiterhin dadurch, dass in manchen Fällen die Dampfturbine mit einer Gasturbine, die nur Strom erzeugt, kombiniert wird. Hier kann eine analoge Unterscheidung zwischen verschiedenen Varianten getroffen werden. Die unterschiedlichen Varianten zeigt Abbildung 2. Die einfachste Form der KWK-Anlage ergibt sich durch Kombination mit einem Abhitzeessel, der Dampf des Abhitzeessels kann direkt oder mit Hilfe von Gegendruck-, Entnahme- oder Kondensationsturbinen genutzt werden. Die Dampfparameter des Abhitzeessels können mit einer Zusatzfeuerung beeinflusst werden. Die rechte Hälfte entspricht der Variantenvielfalt aus Abbildung 1.

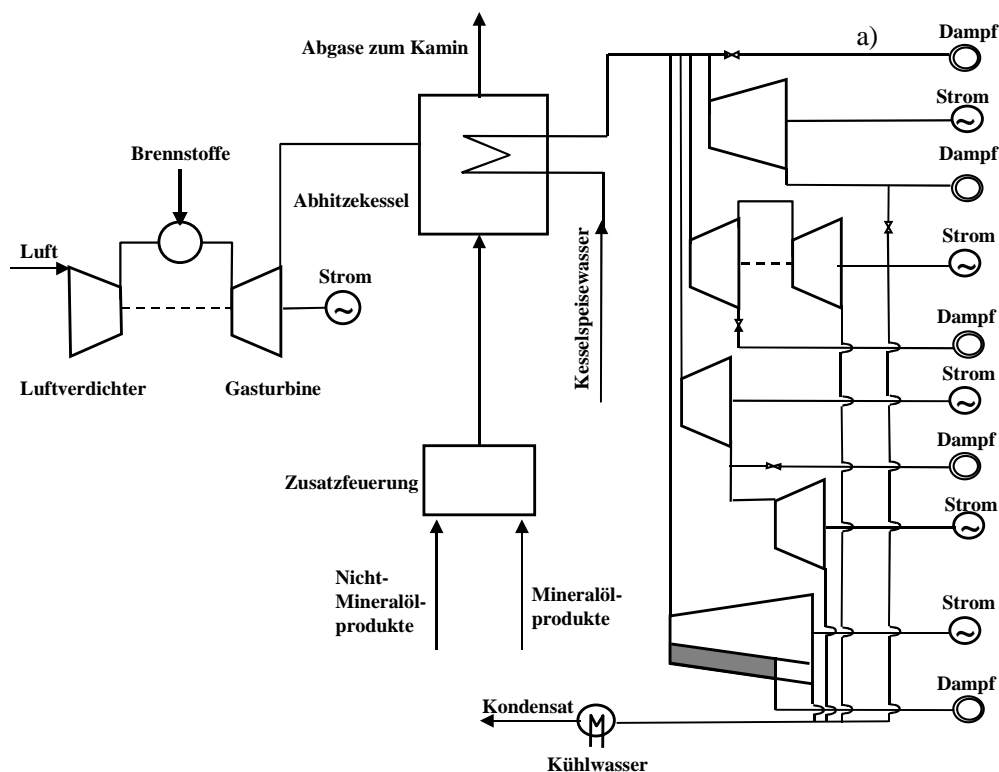


Abbildung 2: Varianten von KWK-Anlagen mit Gas- und Dampfturbinen

Für die Gestaltung eines KWK-Fördermodells ist die in der Realität auftretende Variantenvielfalt von KWK-Anlagen mit von Bedeutung. Wesentlich ist die Differenzierung zwischen Anlagen mit Gegendruckcharakter und Anlagen mit Anzapf- bzw. Entnahme-Kondensations-schaltungen.

4.2 Bilanzgrenzen von KWK-Anlagen

Bereits bei der Kombination mehrerer Turbinen ist notwendigerweise ein Bilanzkreis zu definieren. Wenn der Bilanzkreis, als räumliche Abgrenzung der klassifikationsrelevanten Komponenten, wie bei der Mineralölsteuerbefreiung von Gas- und Dampf- (GuD-) und sonstigen Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung nicht definiert ist, sind unterschiedliche Bilanzgrenzen in Abhängigkeit der Anlagenfahrweise bzw. der Kombination der Anlagenkomponenten möglich. Wird für die Definition von KWK-Strom eine Leistungscharakteristik (z. B. Jahresnutzungsgrad oder Stromkennzahl) verwendet, so ist ein definierter Bilanzraum notwendig, da sonst die KWK-Strommenge nicht eindeutig festgelegt ist. Im Folgenden wird aufgezeigt, welche Auswirkungen unterschiedliche Bilanzkreise haben.

Ein kleiner Bilanzkreis könnte beispielsweise aus einer Gasturbine und einem Abhitzeessel oder aus einem Dampferzeuger und einer Gegendruckturbine bestehen. Die nachfolgende Nutzung des Dampfes direkt als Prozesswärme oder in kombinierter Form direkt als Prozesswärme und indirekt in einer Kondensationsturbine würden in diesem Fall nicht bewertet werden, obwohl der Brennstoffnutzungsgrad differiert. Werden bei einer Klassifikation keine Anforderungen an den Bilanzkreis aber an die Stromkennzahl gestellt, würde eine nachfolgende Kondensationsturbine in den Bilanzkreis aufgenommen.

Die Problematik des variablen Bilanzkreises verstärkt sich noch, wenn beispielsweise eine Vielzahl von Wärmeerzeugungssystemen, wie es bei industriellen Fertigungsprozessen der Fall sein kann, in ein Dampfnetz einspeisen. In Abbildung 3 sind für eine solche industrielle KWK-Anlage unterschiedliche mögliche Bilanzierungsräume durch gepunktete und gestrichelte Linien angedeutet.

Bei mehrstufigen Dampfnetzen ist es schwierig, einen geeigneten Bilanzraum festzulegen. In dem Beispiel der Abbildung 3 wird das 100-bar Dampfnetz ausschließlich durch Kessel gespeist. In die anderen Dampfnetze speisen sowohl Kessel als auch Gasturbinen (GT) mit Abhitzeessel, Gegendruckturbinen und Entnahmekondensationsturbinen. Im Fall einer Kopplung von zwei Dampfnetzen mit Gegendruck- oder Entnahmekondensationsturbine ist die energetische Beurteilung und Bilanzierung der vorgelagerten Dampferzeugung ohne detaillierte Protokollierung der thermodynamischen Zustände aller Komponenten nicht möglich.

Für die Festlegung der erzeugten KWK-Strommenge würde bei einer getrennter Bilanzierung der Komponenten die Kondensationsturbine, die in diesem Fall die Druckreglung des Dampfnetzes übernimmt, nicht berücksichtigt. Bei den vorher dargestellten Varianten von

KWK-Anlagen mit Entnahmekondensationsturbine war jedoch teilweise die Kondensations-turbine im Kondensationsteil der Entnahmekondensationsturbine enthalten. Für die Bewertung des KWK-Stroms ist es daher prinzipiell notwendig, den Kondensationsanteil der KWK-Stromerzeugung zu bestimmen und ihn von der erzeugten Gesamtstrommenge zu subtrahieren.

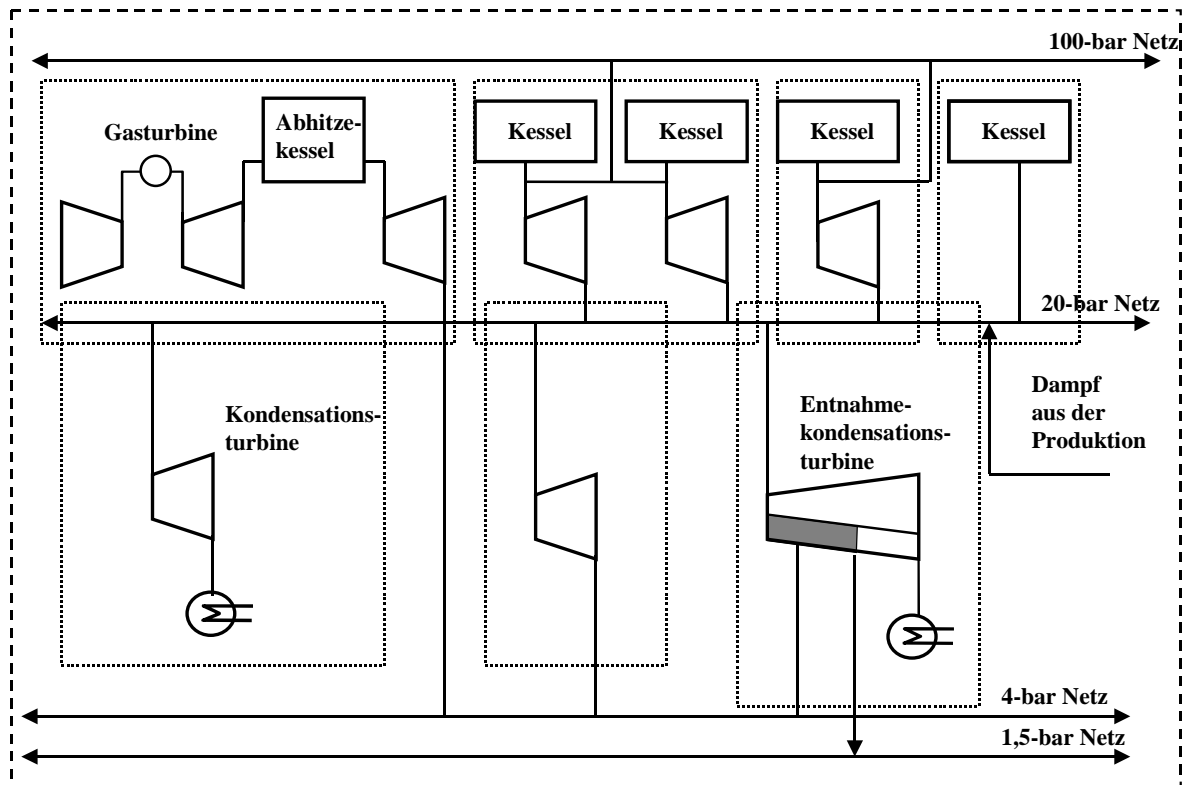


Abbildung 3: KWK-Anlagen in der Industrie

Da in ein Dampfnetz mehrere Erzeugungseinheiten einspeisen und in der Regel mehrere kraftwerksunabhängige Verbraucher Nutzwärme entnehmen, ist bei einem mehrstufigen Netz die Aufteilung der eingesetzten Brennstoffmenge nur möglich, wenn zu jedem Zeitpunkt alle Betriebsparameter bekannt sind.

Bei industriellen Prozessen ist im weiteren die eingesetzte Brennstoffmenge teilweise schwer zu bestimmen, wenn Abgase von Industrieöfen in nachgeschalteten Dampferzeugern genutzt werden, um anschließend in Gegendruck- oder Entnahmekondensationsturbinen Elektrizität und Wärme mit anderem Temperatur- und Druckniveau zu erzeugen.

Im Bereich der Siedlungs-KWK bzw. der öffentlichen Versorgung sind Dampfnetze im geringeren Maße vorhanden. In Abbildung 4 ist eine KWK-Anlage der öffentlichen Versorgung exemplarisch abgebildet. Der Bilanzierungsraum ist aufgrund der Sammelschienen nicht eindeutig. (Ein Kessel und eine GT speisen Dampf in eine Entnahmekondensationsturbine bzw. zwei Gegendruckturbinen). Die Integration von Speichern ermöglicht eine flexible

Fahrweise des Erzeugungssystems (hier der GT mit Abhitzekeessel). Durch die Kombination der unterschiedlichen Komponenten wird einerseits die Versorgungssicherheit gewährleistet, andererseits die Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems beeinflusst.

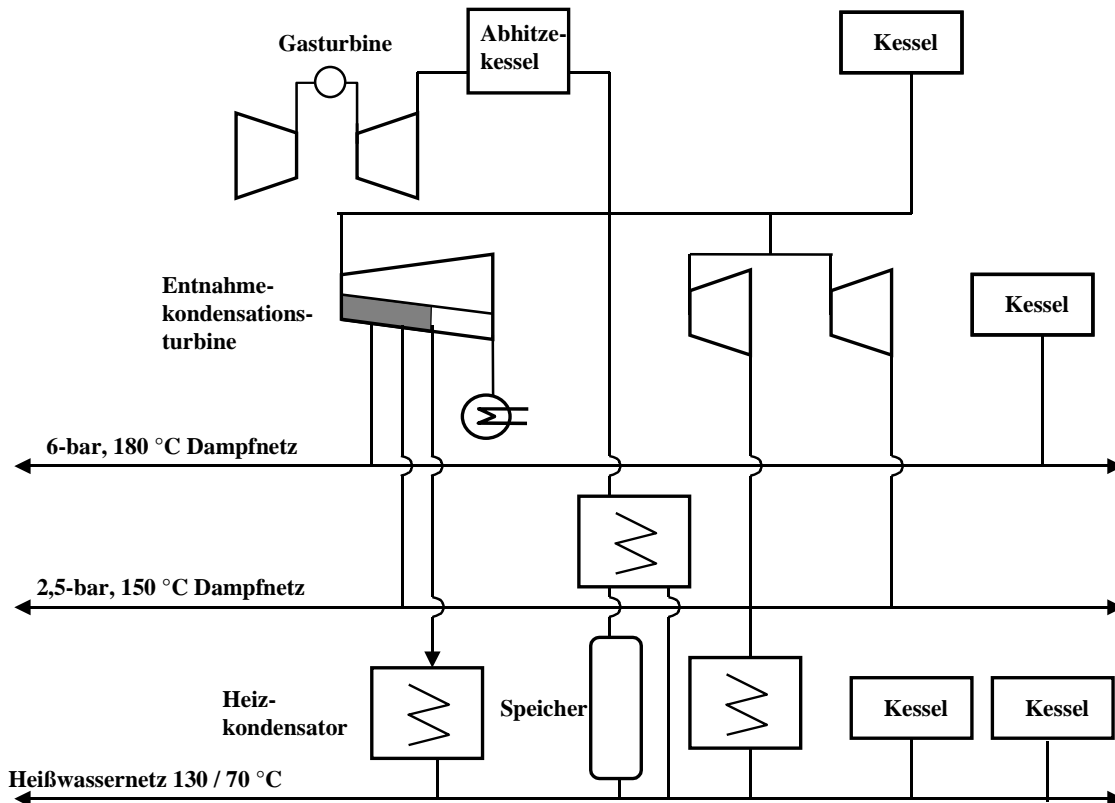


Abbildung 4: KWK-Anlagen in der öffentlichen Versorgung

Die für das KWK-Fördermodell festzulegende Bilanzgrenze sollte die KWK-Gesamtanlage umfassen. Durch die Abgrenzung der KWK-Stromerzeugung entsprechend dem AGFW-Modell (vgl. Abschnitt 4.3) wird die Kondensationsstromerzeugung getrennt bilanziert. Demgegenüber hat die in Kesseln erzeugte zusätzliche Wärme kaum Einflüsse bei der Bilanzierung der Umweltvorteile von KWK-Anlagen, so dass hier auf eine genauere Festlegung des Bilanzkreises verzichtet werden kann.

4.3 Ansätze zur Abgrenzung der Stromerzeugung aus KWK-Anlagen

In einer sehr weiten Fassung des KWK-Begriffes wird unterstellt, dass jede Stromerzeugung in einer KWK-fähigen Anlage auch als KWK-Strom bezeichnet werden kann. Neben der Problematik der Festlegung der Bilanzgrenzen der KWK-Anlage (vgl. Abschnitt 4.2) stellt sich die Frage, inwiefern es angebracht ist, den im Kondensationsbetrieb erzeugten Strom einer Entnahme-Kondensations-Anlage als KWK-Strom zu bezeichnen. Daher wird bei den Defini-

tionen der /Arbeitsgruppe KWK 2000/ bzw. der /AGFW 2000b/ eine Eingrenzung des KWK-Stroms versucht, der den durch Kondensationsbetrieb in Entnahme-Kondensations-Anlagen erzeugten Strom möglichst unberücksichtigt lässt.

Nach dem Modell der Arbeitsgruppe KWK (AG KWK-Modell), das auch der vorgeschlagenen Vorgehensweise im Gesetzentwurf des VKU vom 27.6.2000 entspricht, gilt als in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugte Elektrizität

- (1) die Netto-Elektrizitätserzeugung der Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, deren jährliche Netto-Netzeinspeisung von elektrischer Energie und von zur energetischen Nutzung bestimmten Wärmeenergie mindestens 70 vom Hundert jährlich eingesetzten Brennstoffenergie (unterer Heizwert) beträgt oder
- (2) bei Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen mit einer jährlichen Brennstoffausnutzung unter 70 vom Hundert das Produkt aus der zur energetischen Nutzung bestimmten Wärmenetzeinspeisung und der Stromkennzahl; die Stromkennzahl ist das Verhältnis der Erzeugung von elektrischer Energie zu Nutzwärme bei Vollast und bei der anlagenspezifisch maximal möglichen Wärmeauskopplung.

Nach Überlegungen der Arbeitsgemeinschaft Fernwärme e. V. (AGFW) werden demgegenüber wärmeauskoppelnde Stromerzeugungsanlagen in Gegendruck- und Kondensationsscheiben aufgeteilt. Diese Unterscheidung wird vorgenommen, um zwischen KWK-Anlagen auf Basis von Gegendruckanlagen und von Entnahmekondensationsanlagen zu differenzieren. Bei den Anlagenarten mit Gegendruckcharakter (Gegendruckanlagen, Entnahme-Gegendruckanlagen, Gasturbinen mit Abwärmenutzung, BHKW) kann die KWK-Stromerzeugung direkt für den Gegendruckfall bestimmt werden – auch wenn vereinzelt Auspuffbetrieb oder Hilfskondensation möglich ist. Bei Anzapf- bzw. Entnahmekondensationsanlagen kann der Anteil der Gegendruckscheibe an der Nettostromerzeugung durch Vergleich zweier Betriebszustände ermittelt werden. Erforderlich ist die einmalige Betriebsmessung der Kondensationsstromerzeugung oder die Entnahme der Daten aus vorhandenen Abnahmeprotokollen (Zertifizierung des Referenzbetriebes). Im Vergleich hierzu müssen dann im laufenden (Entnahme-)Betrieb die Nettostromerzeugung, Nettowärmeerzeugung und Kondensationsabwärme bekannt sein (vgl. Abbildung 5). Hier kann über Annahmen zum Nutzungsgrad im Kondensations- und im Gegendruckbetrieb eine Vereinfachung erreicht werden, in dem damit eine Kennlinie gebildet wird, die die Stromkennzahl der Anlage im Gegendruckbetrieb darstellt, woraus sich relativ einfach die KWK-Strommenge ermitteln lässt, so dass auf umfangreiche Messungen verzichtet werden kann.

Der AGFW-Vorschlag ist unabhängig von der Anlagenkonfiguration am besten geeignet – z. B. im Vergleich mit dem AG KWK-Modell –, um die KWK-Strommenge zu bestimmen. Diese KWK-Abgrenzung wird daher im Folgenden als Grundlage für die KWK-Förderung verwendet.

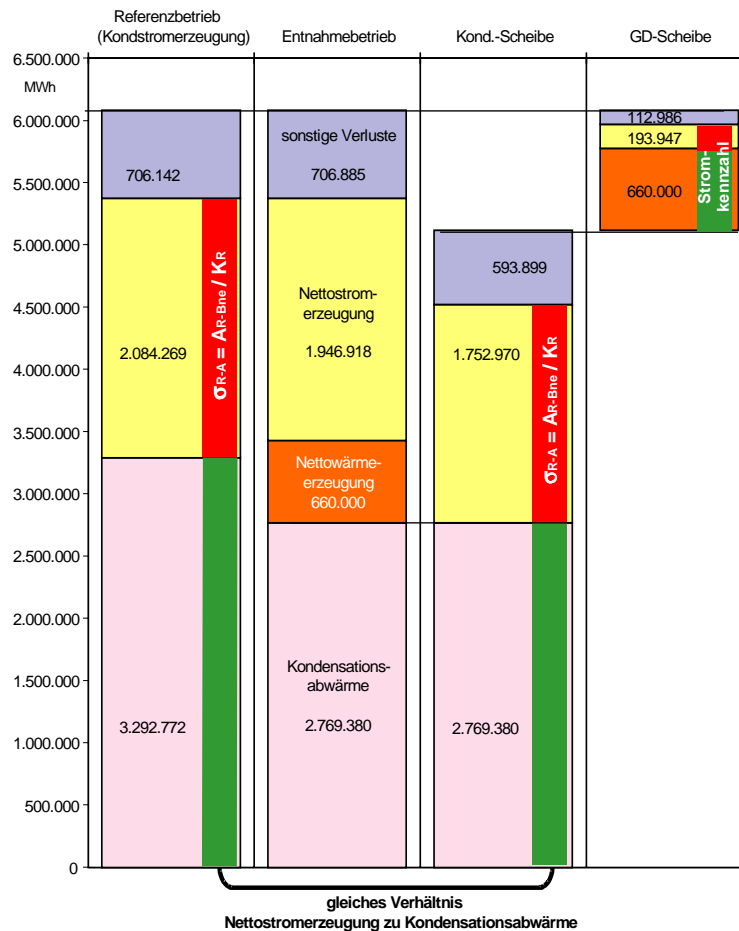


Abbildung 5: Aufteilung der Energieströme einer Entnahmekondensationsanlage in Kondensations- und Gegendruck-Scheibe (Quelle: /AGFW 2000b/)

4.4 Überblick über den KWK-Bestand in Deutschland

Der heute in Deutschland vorhandene Bestand an KWK-Anlagen wurde in der Vergangenheit vor dem Hintergrund der Gewährleistung der Versorgungssicherheit angesichts zweier Ölpreiskrisen sowie einer Sicherung von Absatzchancen für die heimischen Kohlen errichtet. Angesichts der Ausrichtung der KWK-Förderung auf den Klimaschutz ist auch zu fragen, inwieweit der KWK-Bestand klimaschutzorientierten Förderkriterien Genüge leisten kann. Eine Auswertung der insgesamt in Deutschland installierten Kraftwerkskapazität hinsichtlich der gleichzeitigen Strom- und Wärmeerzeugung in den Anlagen ergibt, dass in den 5721 KWK-Anlagen in Deutschland nach einer AGFW-nahen Definition³ im Jahr 1999 insgesamt

³

Da die für das AGFW-Modell notwendigen Informationen (vgl. Abschnitt 4.3) aus den vorliegenden Statistiken und Unternehmensinformationen nicht vollständig verfügbar sind, sondern über eine anlagenscharfe Erfassung zu beschaffen wären, muß für die hier vorliegende Abschätzung ein Näherungsverfahren verwendet werden, das auf der Nutzung von typischen Kennlinien beruht. Deshalb wird hier der Begriff „AGFW-nahe Definition“ verwendet.

rund 50 TWh erzeugt wurden /Blesl u. a. 2000b/. Bezogen auf die gesamte Nettostromerzeugung in Deutschland im Jahre 1999 von 510 TWh/a sind das knapp 10 %. Mit fast 5000 Anlagen oder 86,9 % stellen die BHKW den Großteil der Anlagen, die aber an der gesamten KWK-Stromerzeugung nur zu reichlich 1/5 beteiligt sind. Dagegen entfällt auf die 544 Dampfturbinenanlagen ein Stromerzeugungsanteil von 52,3 %. Die 32 GuD-Anlagen tragen mit 15,2 % und die Gasturbinenanlagen mit 12,0 % zur gesamten Stromerzeugung in KWK-Anlagen bei.

Mit der Strom- und Wärmeerzeugung in KWK-Anlagen ist in der Abgrenzung des AGFW-nahen Modells in 1999 ein Energieeinsatz von rund 300 TWh bzw. 1100 PJ sowie eine CO₂-Emission von ca. 82 Mio. t verbunden. Dies sind rund 8 % des Primärenergieverbrauchs in Deutschland und ca. 10 % der energiebedingten CO₂-Emissionen. Damit weisen die bestehenden KWK-Anlagen in Deutschland im Jahr 1999 bei einer arbeitsbezogenen Stromkennziffer von 0,27 einen mittleren Jahresnutzungsgrad von 78 % auf. Die auf den Brennstoffeinsatz bezogenen CO₂-Emissionen der KWK-Anlagen beliefen sich in 1999 auf 74,7 g CO₂ je MJ.

Die Energieeinsparung und CO₂-Vermeidung durch KWK hängt von dem jeweils gewählten Referenzsystem der ungekoppelten Erzeugung ab. Gegenüber der Referenz „Stromerzeugungsmix 1998⁴ / Wärmeerzeugungsmix 1999“ sind derzeit rund 33 TWh/a KWK-Strom, d. h. 66,7 %, in fast 5200 Anlagen als CO₂-einsparend (mindern 15 Mio. t CO₂) anzusehen, davon ca. 31 TWh/a als gleichzeitig energie- und CO₂-sparend. Diese Reduktion wurde jedoch durch die emissionssteigernden Wirkungen von 530 Anlagen mit einer KWK-Stromerzeugung von 16,5 TWh und einer um nahezu 16 Mio. t höheren Emission mehr als ausgeglichen. Per saldo hätten demnach die KWK-Anlagen des heutigen Bestandes gegenüber der getrennten Strom- und Wärmeerzeugung mit dem heutigen Anlagenmix eine Erhöhung der CO₂-Emissionen um 0,8 Mio. t bewirkt. An der Emissionserhöhung sind fast ausschließlich Dampfturbinenanlagen und Gasturbinenanlagen beteiligt, während alle GuD-Anlagen und die BHKW nahezu vollständig zur CO₂-Vermeidung beitragen. Aber auch ein Teil der Dampfturbinenanlagen trägt mit 6,3 Mio. t zur Emissionsminderung bei. In Bezug auf die CO₂-Minderung ist der eingesetzte Brennstoff von besonderer Bedeutung. Hinsichtlich des Energieeinsatzes fällt der Vergleich wesentlich günstiger für die KWK aus. Hier würden im Jahr 1999 bei Verwendung des Referenzsystems „Stromerzeugungsmix/Wärmeerzeugungsmix“ durch den Betrieb der KWK-Anlagen rechnerisch rund 42 TWh an Brennstoff eingespart.

Wird stromseitig ein energieträgerspezifisches Referenzsystem gewählt und wärmeseitig der Wärmemix 1999, so sind 39 TWh/a aus KWK auch CO₂-einsparend mit einer Minderung von 14 Mio. t CO₂. Dieser CO₂-Minderung steht in den übrigen Anlagen bei der Betriebsweise des Jahres 1999 ein Mehremission von rund 13,2 Mio. t gegenüber, so dass sich

⁴ Der Stromerzeugungsmix 1998 setzt sich zusammen aus 4,3 % Strom aus Wasserkraft, 29,4 % aus Kernenergie, 24,6 % aus Braunkohle, 26,9 % aus Steinkohle, 0,9 % aus Heizöl, 10,6 % aus Erdgas, 2,0 % aus sonstigen Gasen und 1,3 % aus übrigen Brennstoffen (siehe Anhang).

im Vergleich zu diesem Referenzsystem insgesamt eine Reduktion der CO₂-Emissionen um 0,8 Mio. t durch den KWK-Betrieb in 1999 ergeben würde. Auch hier liegt die Energieeinsparung durch den Betrieb der KWK-Anlagen im Jahr 1999 bei rund 40 TWh.

Unter wirtschaftlichen Aspekten zeigt sich, dass bei einem beispielhaft gewählten anlegbaren Strompreis von rund 6 Pf/kWh nach der AGFW-nahen Definition reichlich 19 TWh KWK-Strom wettbewerbsfähig (ohne Berücksichtigung der Kapitalkosten) angeboten werden können (vgl. Abbildung 6). Bei einer Einspeisevergütung nach dem derzeit geltenden KWK-Vorschalt-Gesetz von 9 Pf/kWh wären es knapp 30 TWh, also etwa 60 % der gesamten KWK-Stromerzeugung. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die anlegbaren Strompreise bzw. Einspeisevergütungen nur eine Orientierung für die ökonomische Einordnung der KWK-Anlagen darstellen. So können z. T. die Anlagenbetreiber mit höheren Stromerlösen rechnen, wenn gegenüber dem Fremdstrombezug kalkuliert werden kann. Gemessen an der KWK-Stromerzeugung von rund 33 TWh, die zur CO₂-Minderung beiträgt, sind gegenüber dem anlegbaren Strompreis von 6 Pf/kWh etwa 15 TWh oder 45,4 % konkurrenzfähig. Die übrigen 18 TWh sind dagegen mit höheren Kosten verbunden. Bei gut 12 TWh fallen sie um mehr als 75 % höher aus als der anlegbare Preis. Reichlich 3,6 TWh sind zwar wettbewerbsfähig, tragen aber nicht zur CO₂-Vermeidung bei. Weitere knapp 13 TWh, die ebenfalls zu einer CO₂-Erhöhung führen, sind gleichzeitig nicht konkurrenzfähig.

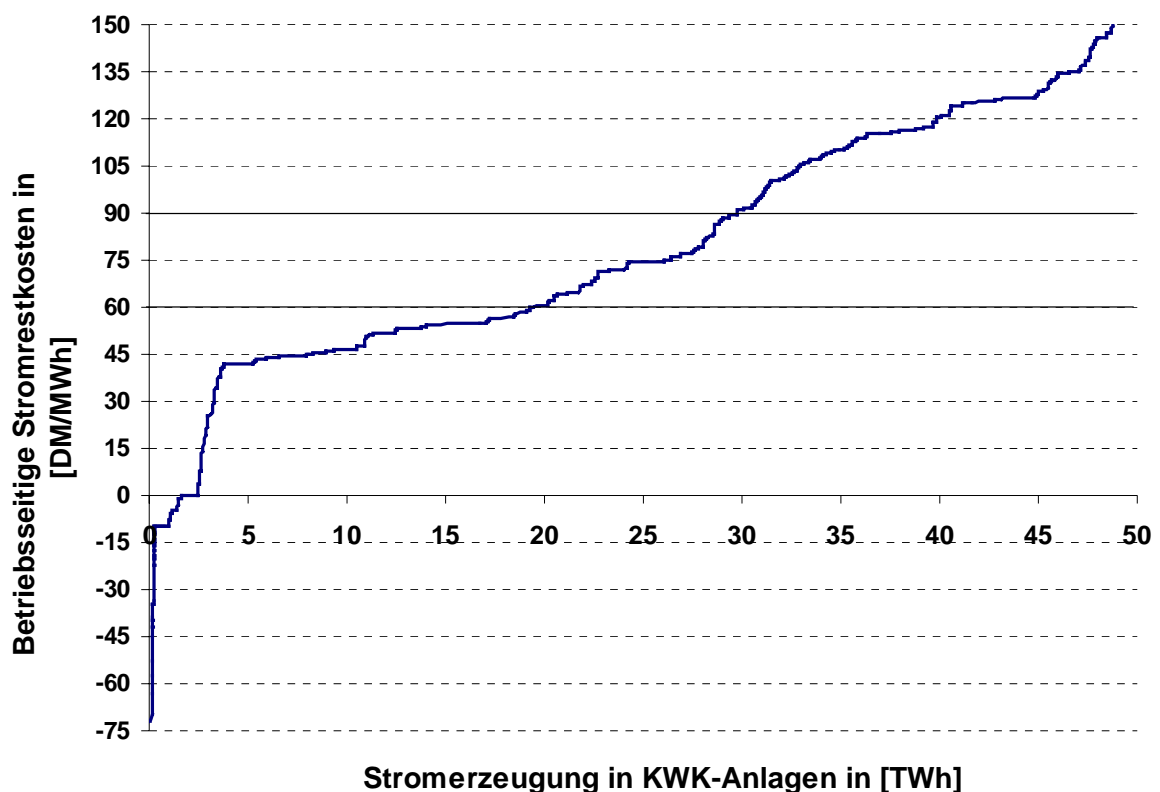


Abbildung 6: Merit Order des KWK-Anlagenbestandes nach der AGFW-nahen Definition bezüglich der betriebsseitigen Stromrestkosten (ohne Kapitalkosten) nach Wärmegutschrift

Hinsichtlich der Erfordernisse des Klimaschutzes bedarf der in Deutschland derzeit installierte KWK-Anlagenbestand einer differenzierten Betrachtungsweise. Ausgangspunkt ist dabei die in der Vergangenheit vorgenommene Orientierung an den energiepolitischen Zielen Versorgungssicherheit und Ressourcenschonung. Beim Klimaschutz ist nun zusätzlich die CO₂-Intensität des eingesetzten Brennstoffs von Bedeutung.

4.5 Referenzsysteme

Will man die bei der Nutzung von KWK-Anlagen auftretenden CO₂- bzw. Energieeinsparungen ermitteln, so muss man die CO₂-Emissionen bzw. den damit einhergehenden Energieeinsatz mit dem CO₂-Ausstoß bzw. dem Energieeinsatz vergleichen, die sich ergeben, wenn man die gleichen Strom- und Wärmemengen in getrennten Erzeugungssystemen, einem sogenannten Referenzsystem, bereitstellt. Dabei stößt man auf das Problem, dass sich mit der jeweils betrachteten Erzeugungstechnologie auch der jeweilige zum Einsatz kommende Brennstoff ändern kann. Vergleicht man bspw. die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme in KWK-Anlagen mit der getrennten Stromerzeugung in einem Kondensationskraftwerk (Stromerzeugung) und in einem Heizwerk (Wärmeerzeugung) hinsichtlich ihrer Nutzungsgrade, so ergibt sich in vielen Fällen ein höherer Gesamtnutzungsgrad und damit eine Energieeinsparung für die KWK-Anlage (Technologieeffekt). Daraus folgt jedoch noch nicht zwangsläufig, dass mit der Energieumwandlung mittels KWK ein niedrigerer CO₂-Ausstoß verbunden ist. Dafür ist der Kohlenstoffgehalt der eingesetzten Brennstoffe eine entscheidende Größe (Brennstoffeffekt). Somit ist die Festlegung der Referenzsysteme entscheidend, um die CO₂-Effizienz der KWK beurteilen zu können. Dies betrifft sowohl die Strom- als auch die Wärmeerzeugung.

Für die Festlegung des Referenzsystems gibt es kein objektives Kriterium, sondern allenfalls eine fachlich begründete politische Festlegung. Zur Orientierung ist für die Festlegung der Referenzsysteme – sowohl für den Strom- als auch für den Wärmemarkt – zu unterscheiden, ob es sich um ein statisches oder ein dynamisches Ausrichtung handelt, und ob sich das Kriterium auf den Anlagenbestand und somit einen statistischen Wert, auf die verfügbaren konkurrierenden Neuanlagen oder auf einen abgeleiteten Zielwert bezieht.

Ein statisches Kriterium bedeutet, dass für jede Anlage bei der Inbetriebnahme bzw. Genehmigung der Anlage das Referenzsystem festgelegt wird und dieses Referenzsystem über die Nutzungsdauer der Anlage hinweg konstant bleibt. Demgegenüber verändern sich bei einem dynamischen Kriterium im Laufe der Zeit die Referenzwerte, das Referenzsystem wird an den jeweiligen Entwicklungsstand (der Technik bzw. der notwendigen Zielerreichung) angepasst.

Eine Ausrichtung an Bestandswerten bringt zum Ausdruck, dass die KWK-Anlage in ein bestehendes System integriert wird, das damit verbessert werden soll. Orientiert sich das

Referenzsystem an Neuanlagen, so bedeutet dies, dass die Frage im Mittelpunkt steht, ob eine Neuinvestition, sei es als Ersatz oder als Ausbau, in Kraft-Wärme-Kopplung oder in getrennter Erzeugung erfolgen soll. Durch die Einbettung der KWK-Förderung in das nationale Klimaschutzprogramm kann es auch sinnvoll sein, über die Vorgabe von Zielwerten eine Ausrichtung der Fördermaßnahme an einem Grenzwert anzusetzen, wie z. B. an der Kyoto-Vereinbarung bezüglich der Klimagasreduktion und der damit eingegangenen Verpflichtung der Bundesrepublik im Rahmen des EU Burden Sharing. (Reduktion der Klimagase im Durchschnitt der Jahre 2008 und 2012 um 21 % gegenüber 1990). Insgesamt sind somit sechs Arten von Referenzsystemen möglich (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Typologie der Referenzsysteme für KWK-Anlagen

	Bestand / Statistik	Neuanlage	Zielwert
Statisch			
Dynamisch			

Ein statisches Kriterium bietet hier Planungssicherheit für den KWK-Anlagenbetreiber bzgl. der anrechenbaren CO₂-Einsparung, in Folge des unsicheren Zertifikatspreises sind allerdings die Erlöse aus dem Zertifikathandel nicht vorab bekannt. Auch ein dynamisches Kriterium bietet Planungssicherheit, wenn von vorneherein die Entwicklung – zum Beispiel für die nächsten 10 oder 15 Jahre – festgelegt wird. Aber auch hier führt der vorab nicht bekannte Zertifikatspreis zu Unsicherheit, so dass in Bezug auf die Planungssicherheit ein statisches Kriterium gegenüber einem dynamischen, aber planbaren, keinen Unterschied aufweist. Für das dynamische Kriterium spricht jedoch, dass damit ein Anreiz gegeben wird, bereits heute die voraussehbare Veränderung der Rahmenbedingungen in der Zukunft in die Kalkulation mit einzubeziehen. Zusätzlich wird damit ein Anreiz für technischen Fortschritt und für Innovationen gegeben.

Bezüglich der Frage, ob sich das Kriterium am Bestand oder an den Neuanlagen oder an einem Zielwert orientieren soll, zeigt Abbildung 7 die Entwicklung der spezifischen CO₂-Emissionen des bundesdeutschen Kraftwerksmixes seit 1990 sowohl für den gesamten Kraftwerkspark (Kraftwerke insgesamt) als auch für den fossilen Anteil (Fossile Kraftwerke) und für den Kraftwerkmix von Steinkohle-, Heizöl- und Erdgaskraftwerken (Sk, Hö, Eg-Kraftwerke).⁵

Den Werten für 1999 aus dieser Entwicklung ist in Tabelle 2 die jeweilige Kenngröße gegenübergestellt, die sich ergibt, wenn im Jahr 1999 von Neuanlagen auszugehen wäre, so dass bei der im Jahr 1999 vorzufindenden Stromerzeugungsstruktur neue Steinkohle-, Braunkohle-, Gas- und Ölkraftwerke in die Kalkulation eingehen. Schließlich ist auch dargestellt,

⁵ siehe auch Anhang

welcher Zielwert notwendig wäre, wenn die Stromerzeugung in 1999 eine um 21 % niedrigere Gesamt-CO₂-Emissionsmenge gegenüber 1990 aufweisen hätte müssen (Kyoto 1⁶).

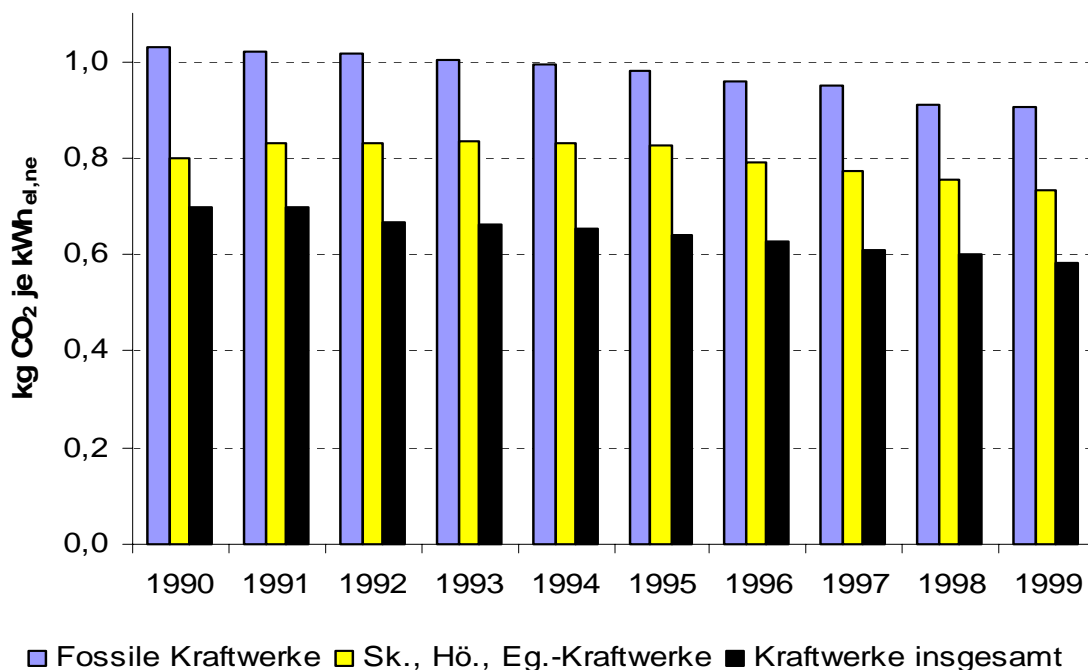


Abbildung 7: Entwicklung der auf die Nettostromerzeugung bezogenen CO₂-Emissionen in Deutschland

Tabelle 2: Energie- und CO₂-Kennwerte für den Anlagenbestand, für Neuanlagen sowie für Kyoto-Zielwerte

	Jahresnutzungsgrad [%]		Spezifische CO ₂ -Emissionen [kg/kWh _{el,ne}]			
	Bestand 99	Neuanlagen	Bestand 99	Neuanlagen	Kyoto 1	Kyoto 2
Braunkohle	33,6	42,0	1,191	0,951		
Steinkohle (Sk)	37,2	44,0	0,890	0,753		
Heizöl (Hö)	38,6	50,0	0,708	0,547		
Erdgas (Eg)	52,8	56,0	0,381	0,360		
Gesamt	35,8	39,5 ¹⁾	0,582	0,485 ¹⁾	0,541	0,511
Fossile KW	37,7	45,0 ¹⁾	0,906	0,756 ¹⁾	0,843	0,583 ²⁾
Sk, Hö, Eg	40,9	47,2 ¹⁾	0,734	0,631 ¹⁾	0,626	

1) Unter Beibehaltung der Stromerzeugungsstruktur des Jahres 1999
2) Gesamter Kraftwerkspark ohne erneuerbare Energien

Darüber hinaus kann ein Zielwert auch über gesamtsystemare Szenarioanalysen abgeleitet werden. Hierzu wird auf die aktuelle Untersuchung der Prognos AG im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie aufgesetzt⁷ und analysiert, welche spezi-

⁶ Zur Vereinfachung der Darstellung werden im Folgenden nur die CO₂-Emissionen betrachtet, obwohl sich die Kyoto-Zielvorgaben auf sechs Treibhausgase (CO₂, CH₄, N₂O, SF₆, HFC sowie PFC, C₂F₆ u. a.) beziehen. Eine entsprechende Erweiterung der Betrachtung ist jedoch prinzipiell möglich.

⁷ vgl. /Prognos, EWI 1999/.

fischen CO₂-Emissionen die Stromerzeugung und die Wärmeerzeugung aufweisen darf, um die Kyoto-Zielwerte für Deutschland insgesamt erfüllen zu können (Kyoto 2), wenn sich gleichzeitig der Beitrag der übrigen Emittenten (Verkehr, Hochtemperaturanwendungen der Industrie, übrige Energieumwandlung, nichtenergiebedingte Emissionen) an der Entwicklung im Szenario „Politik“ der Studie „Energiewende 2020“ des Öko-Institutes /Matthes, Cames 2000/ orientiert.

Die Entwicklung der spezifischen CO₂-Emissionen für den Kraftwerksbestand in den letzten zehn Jahren (von 0,696 kg CO₂ je kWh_{el,ne} in 1990 auf 0,582 kg CO₂ je kWh_{el,ne} in 1999 im Mix) und die Feststellung, dass die abgeleiteten Kyoto-Zielwerte und die Werte für Neuanlagen⁸ sehr nahe beieinander liegen, legen es nahe, keine aktuellen Bestandswerte als Referenzwerte für die nächsten zehn Jahre zu verwenden. Bei dem Bezug auf Neuanlagen stellt sich die Frage, welche Anteile die einzelnen Typen einnehmen sollen und welcher Stand der Technik herangezogen werden kann, so dass die Orientierung an Zielwerten vorteilhaft erscheint, um diese Problematik zu umgehen.

Als eine weitere Dimension bei der Festlegung des Referenzsystems gilt es noch die Zusammensetzung des Kollektivs der zu betrachtenden Technologien zu berücksichtigen. So kann z. B. der gesamte Kraftwerksmix, der fossile Kraftwerksmix, der Kraftwerksmix der KWK-nahen Brennstoffe (Steinkohle, Öl, Erdgas) oder der Mix des jeweiligen Brennstoffes, der in der KWK-Anlage verwendet werden soll, als Referenzsystem gewählt werden. Hier können gegen die Verwendung des jeweiligen Brennstoffs, der in der KWK-Anlage zum Einsatz kommt, drei Argumente angeführt werden. Zum einen würde ein Vergleich eines Steinkohle-Heizkraftwerkes mit einer Steinkohle-Kondensationsanlage und einer Kohleheizung unterstellen, dass auf der Wärmeseite eine solche Alternative überhaupt noch in Betracht gezogen wird.⁹ Zum zweiten bedeutet dies für ein Biomasse-Heizkraftwerk einen Vergleich mit einem Biomasse-Kondensationskraftwerk und einer Holzheizung. In diesem Falle würde somit im Vergleich durch die KWK-Anlage keine CO₂-Minderung erreicht. Schließlich wird drittens bei einer brennstoffdifferenzierten Betrachtung lediglich der Technologie- bzw. Struktureffekt der KWK berücksichtigt, der Brennstoff- bzw. Niveaueffekt bleibt dann außen vor. Eine solche brennstoffspezifische Komponente bei der Festlegung des Referenzsystems scheidet somit aus.

⁸ Wird für die Neuanlagen eine Mischung aus 50 % neuen Steinkohlekraftwerke und 50 % neuen Erdgaskraftwerken unterstellt, ergibt sich bei einem durchschnittlichen Jahresnutzungsgrad von 50 % ein CO₂-Koeffizient von 0,556 kg CO₂ je kWh_{el,ne}

⁹ Oftmals wird argumentiert, dass auf dem Wärmemarkt mit dem Wärmemix bilanziert werden soll, bei der Stromerzeugung jedoch mit dem Energieträger, der auch in der KWK-Anlage zum Einsatz kommt. Begründet wird dies damit, dass zumeist zunächst festgelegt würde, welcher Energieträger zur Stromerzeugung Verwendung finden soll, und dann erst der Anlagentyp. Diese Argumentation ist nicht nachvollziehbar, wenn die CO₂-Vermeidung ein wesentliches Ziel ist. In diesem Fall hat die Wahl des Energieträgers einen wesentlichen Einfluß auf die möglichen Minderungseffekte. Somit steht der Energieträger von vorneherein nicht mehr fest. Zur Bedeutung des Brennstoffeffektes für die CO₂-Minderung durch KWK vgl. auch die Ergebnisse der AGFW-Vorstudie „Pluralistische Wärmeversorgung – Zeithorizont 2005 –“ /AGFW 2000a, S. 516/.

Auch gegen den Vergleich mit dem Mix der Brennstoffe Steinkohle, Öl und Erdgas oder dem Mix des fossilen Kraftwerksparks sind einige Argumente anzuführen. Gesetzt den Fall, dass der Anteil der fossilen Kraftwerke oder der Steinkohle-, Öl- und Erdgaskraftwerke an der gesamten Stromerzeugung nur noch 20 % betragen würde, gleichzeitig jedoch ein Anteil des KWK-Stroms an der Stromerzeugung in der gleichen Höhe gefordert würde, so könnte durch KWK kein fossiler Strom verdrängt werden. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass im Zuge der Liberalisierung des Strommarktes die Unternehmen die bestehenden Chancen nutzen werden, den durch KWK-Strom verdrängten Strom anderweitig im europäischen Strommarkt abzusetzen. Dies bedeutet in letzter Konsequenz, dass der KWK-Strom in Deutschland mit dem Stromerzeugungsmix des europäischen Strommarktes bewertet werden müßte. Nach /UNIPEDA 1998/ betragen die durchschnittlichen CO₂-Emissionen der europäischen Kraftwerke – inkl. Wasserkraft und Kernenergie – in 1996 ca. 0,390 kg CO₂ je kWh_{el,ne} und könnten bis 2010 auf rund 0,273 kg CO₂ je kWh_{el,ne} sinken.

Da jedoch der CO₂-Minderungszielbeitrag der Kraft-Wärme-Kopplung für Deutschland zunächst im Vordergrund steht, könnte der Kyoto-Zielwert des Kraftwerksmixes aus Tabelle 2 (Kyoto 2) zur Bewertung der KWK im Jahr 2010 herangezogen werden.¹⁰ Ein entsprechender Wert für die Wärmeseite könnte für den Raumwärme- und Warmwasserbereich bei 0,225 kg CO₂ je kWh_{th} liegen (bezogen auf die Wärmeerzeugung in KWK und nicht bezogen auf die Nutzwärme) und für den Niedertemperatur-Prozeßwärmebereich bei 0,245 kg CO₂ je kWh_{th}. Eine mögliche zeitliche Entwicklung (Dynamisierung) der Referenzwerte, die im Folgenden als Referenz K bezeichnet wird, zeigt Tabelle 3.

Tabelle 3: Vorschlag für die zeitliche Entwicklung der Referenzsysteme für die CO₂-seitige Bewertung der Kraft-Wärme-Kopplung gemäß Kyoto-Zielwerte (Referenz K)

	1999	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Nettostrom g/kWh _{el}	582	569	563	556	550	543	537	530	524	517	511	504	498
Wärme f. RW¹⁾ g/kWh _{th}	269	261	257	253	249	245	241	237	233	229	225	221	217
Wärme f. PW²⁾ g/kWh _{th}	269	265	263	260	258	256	254	252	249	247	245	243	241

1) Raumwärme 2) Prozeßwärme

Die dynamische Anpassung der Referenzwerte weist jedoch das Problem auf, dass dadurch das System an sich sehr unhandlich und schwer durchschaubar wird. Deshalb könnte alternativ für das Referenzsystem ein Mix aus jeweiligen heutigen Neuanlagen definiert werden, der für die Übergangszeit der speziellen KWK-Förderung Gültigkeit behalten könnte. Im Kraftwerkssystem könnte eine Mischung aus 50 % neuen Steinkohlekraftwerken und 50 % neuen Erdgas-GuD-Kraftwerken gewählt werden, so dass sich spezifische CO₂-Emissionen von 556 g je kWh_{el} ergeben (vgl. Tabelle 2). Unter den Annahmen des in Tabelle 4 dokumen-

¹⁰ Für der Verwendung des Kraftwerksmixes spricht zusätzlich, dass diese Vorgehensweise bereits seit mehreren Jahren im Rahmen des CO₂-Monitoring der freiwilligen Selbstverpflichtungserklärung der deutschen Industrie zum Klimaschutz zur Anwendung kommt, so dass er die gängige Praxis wiedergibt.

tierten Mix für den Raumwärmebereich ergeben sich bezogen auf die Wärmeerzeugung in KWK-Anlagen ca. 225 g je kWh_{th}. Eine entsprechende Abschätzung für den Bereich der Prozesswärme führt zu 245 g je kWh_{th}. Diese Kombination wird im Folgenden als Referenz N bezeichnet. Dieses statische Referenzsystem N ist somit für die Wärmeseite deckungsgleich mit dem beim dynamischen Referenzsystem K für das Jahr 2010 abgeleiteten Zielwert und weist auf der Stromseite Anforderungen auf, wie sie bei der Referenz K für das Jahr 2003 angesetzt sind. Die Unterschiede zwischen den beiden hier vorgestellten Referenzsystemen sind somit nur gering. Falls jedoch das statische Kriterium gewählt würde, so müßte zumindest eine entsprechende Klausel in der Gesetzesformulierung enthalten sein, die bei Bedarf eine Anpassung ermöglicht.

Tabelle 4: Annahmen für den Mix an Neuanlagen im Raumwärmebereich (Mischung aus 40 % Heizöl (HEL) und 60 % Erdgas)

	Nutzungsgrad %	Brennstoffeinsatz		spez. CO ₂ -Emissionen		
		kWh	kJ	t CO ₂ /TJ	g CO ₂ / kWh _{output}	g CO ₂ / kWh _{Erzeug.} ¹⁾
Heizölkessel	92	1,09	3,91	74,0	290	268
Erdgaskessel	95	1,05	3,79	56,0	212	196
Mix Heizöl-/Erdgaskessel	94	1,07	3,84	63,2	243	225
1) unter Berücksichtigung von 7,5 % Wärmetransport- und -verteilungsverlusten						

Da der KWK-Ausbau durch das Fördermodell unterstützt werden soll, ist das Referenzsystem zukunftsorientiert anzulegen, indem entweder neue Kraftwerke und Heizkessel berücksichtigt werden oder aufgrund der Kyoto-Verpflichtungen Zielwerte hergeleitet werden. Eine Orientierung an den derzeitigen Verhältnissen scheidet bei einer Zukunftsorientierung aus.

5 Klimaschutzorientierte Ausgestaltung eines Fördermodells für die Kraft-Wärme-Kopplung

Wesentliches Ziel der KWK-Förderung und deren Legitimation ist nach den Vorstellungen der Bundesregierung, wie in Abschnitt 2 dargestellt, dass die Kraft-Wärme-Kopplung einen effektiven Beitrag zum Klimaschutz leistet. Eine klimaschutzorientierte Ausgestaltung eines Fördermodells erfordert dann, dass die relativen CO₂-Einsparungen der KWK im Vergleich zum Referenzsystem als Kriterium für die Förderung herangezogen werden. Aufgrund der Tatsache, dass insbesondere ein Quotenhandelsmodell für KWK in der Diskussion steht und von vielen Seiten favorisiert wird, widmet sich der Grossteil des folgenden Kapitels einer effizienten Ausgestaltung eines solchen Fördermodells für KWK, das gleichzeitig Handlungsmöglichkeiten bietet. Das Prinzip einer solchen Regelung wird in Abschnitt 5.1 dargestellt und in Abschnitt 5.2 anhand von Beispielen verdeutlicht. In den darauf folgenden Abschnitten wer-

den wesentliche Aspekte eines solchen Fördermodells diskutiert, die Ausgestaltung des Handels (Abschnitt 5.3) sowie die Preisgrenzen der Zertifikate (Abschnitt 5.4).

5.1 Prinzip eines klimaschutzorientierten Zertifikatshandelsmodells

In einem Zertifikatsmodell wird für eine Gesamtmenge ein verpflichtender Anteil (Quote) an Zertifikaten vorgegeben. Im Fall der in der Öffentlichkeit zumeist diskutierten KWK-Stromquote heißt dies, dass ein bestimmter Anteil der gesamten abgegebenen Strommenge aus KWK-Anlagen kommen soll. Im Sinne einer klimaschutzorientierten Ausgestaltung sollte jedoch von allen Stromanbietern als Verpflichteten verlangt werden, dass sie mit Zertifikaten eine CO₂-Vermeidung durch KWK nachweisen. Dabei richtet sich die von den Verpflichteten nachzuweisende Menge an Zertifikaten nach ihrer Gesamtstromabgabe an Endkunden. Den Stromverteilungsunternehmen obliegt es dann, einen vorgegebenen Anteil zur CO₂-Vermeidung im jeweiligen Jahr durch den Besitz von CO₂-Vermeidungszertifikaten nachzuweisen. Dabei können diese Zertifikate aus dem Betrieb von Eigenanlagen stammen oder von Fremdbetreibern erworben werden. Die CO₂-Vermeidungszertifikate, welche an Anlagen ausgegeben werden, die im Sinne von Abschnitt 4.3 der Kraft-Wärme-Kopplung zugerechnet werden, werden an einem Markt gehandelt, der von dem Strommarkt getrennt ist. Der Nachweis der Erfüllung der entsprechenden Zertifikatspflicht kann dann gegenüber einer Kontrollinstanz von den Verpflichteten über den Besitz der Zertifikate geführt werden. Können die Verpflichteten den Zertifikatswert nicht nachweisen, so fällt eine Strafzahlung – auch Pönale genannt – an. Diese kann so bemessen sein, dass für die Verpflichteten ein (hoher) Anreiz besteht, den Zertifikatswert zu erfüllen, wenn das vorgegebene Ziel unbedingt erreicht werden soll.

Eine schematische Darstellung des Handelsmodells von Klimaschutzzertifikaten durch Kraft-Wärme-Kopplung zeigt Abbildung 8. Der wesentliche Punkt bei der Ausgestaltung eines solchen Handelsmodells von CO₂-Vermeidungszertifikaten ist das Verfahren, nach dem die handelbaren Zertifikate ausgegeben werden. Im Folgenden wird daher näher auf das Ausgabeverfahren der Zertifikate eingegangen und eine Rechenvorschrift entwickelt.

Der Beitrag einer KWK-Anlage zum Klimaschutz entspricht den durch Betrieb der KWK-Anlage im Vergleich zur getrennten Bereitstellung von Strom und Wärme vermiedenen CO₂-Emissionen. Dieser Beitrag ist zu errechnen aus den CO₂-Emissionen durch den Brennstoffeinsatz in der KWK-Anlage abzüglich der Summe der CO₂-Emissionen von Strom- und Wärmeproduktion bei getrennter Erzeugung in einem Referenzsystem (vgl. Abschnitt 4.5). Ist dieser Wert kleiner als Null, so ergibt sich eine CO₂-Einsparung durch die gekoppelte Produktion von Wärme und Strom. Diese CO₂-Einsparung wird durch die Ausgabe einer entsprechenden Anzahl KWK-Klimaschutzzertifikate oder –bons, kurz KWK-Bons, bescheinigt.

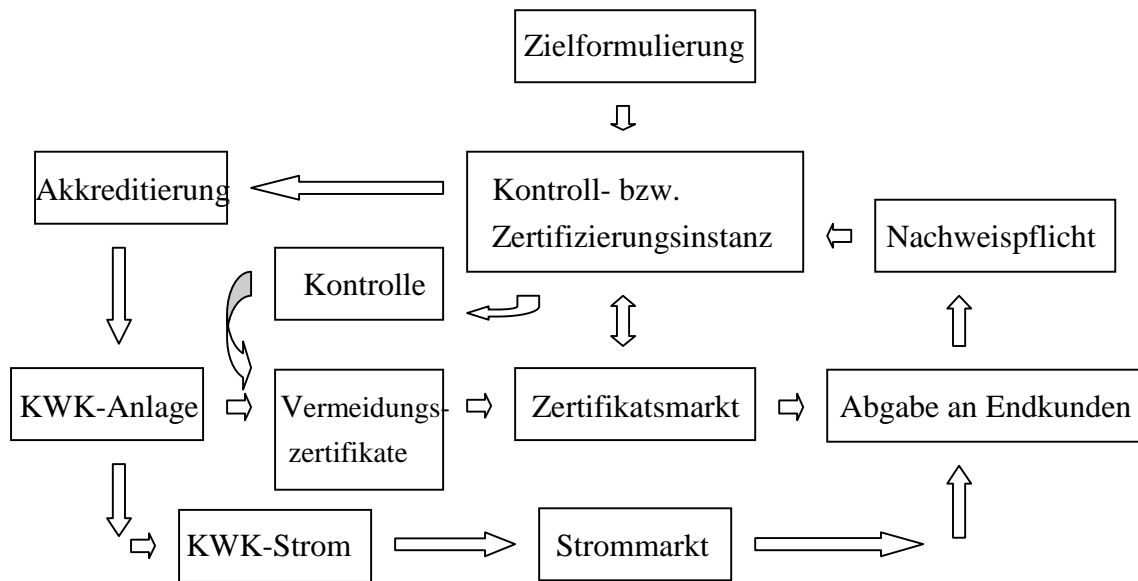


Abbildung 8: Schematische Darstellung des Quotenhandelsmodells

Für jede KWK-Anlage ist hierbei entsprechend der Abgrenzung in Abschnitt 4.2 bzw. 4.3 zu erfassen:

- Netto-Stromerzeugung (der Gegendruckscheibe) $A_{\text{Bne,KWK}}$
- Wärmeerzeugung in KWK Q_{KWK}
- Brennstoffeinsatz (der Gegendruckscheibe) W_{B}
- CO_2 -Emissionen $\text{CO}_{2,\text{KWK}}$

Damit ergeben sich die vermiedenen CO_2 -Emissionen durch die KWK-Anlage gegenüber der getrennten Strom- und Wärmeerzeugung im Referenzsystem wie folgt:

$$\Delta\text{CO}_2 = (A_{\text{Bne,KWK}} * \text{CO}_{2,\text{el}} + Q_{\text{KWK}} * \text{CO}_{2,\text{th}}) - \text{CO}_{2,\text{KWK}} \quad (5.1)$$

- mit
- ΔCO_2 = Durch das KWK-System vermiedene CO_2 -Emissionen = *KWK-Bons*
 - $A_{\text{Bne,KWK}}$ = Nettostromerzeugung der KWK (Gegendruckscheibe)
 - $\text{CO}_{2,\text{el}}$ = CO_2 -Koeffizient der Referenz-Stromerzeugung
 - Q_{KWK} = Wärmeerzeugung in KWK
 - $\text{CO}_{2,\text{th}}$ = CO_2 -Koeffizient der Referenz-Wärmeerzeugung
 - $\text{CO}_{2,\text{KWK}}$ = CO_2 -Emissionen der KWK-Anlage (Gegendruckscheibe)

Der KWK-Betreiber erhält dann entsprechende KWK-Bons in der Höhe der vermiedenen CO_2 -Emissionen ΔCO_2 (und nicht entsprechend der prozentualen CO_2 -Minderung wie bei /Wuppertal Institut u. a. 2000/ vorgeschlagen). Das Referenzsystem kann dabei entsprechend der Ausführungen in Abschnitt 4.5 sich entweder an Neuanlagen ausrichten (Referenz N) oder zielorientiert formuliert werden (Referenz K). Letztendlich ist dies eine politische Festlegung.

Die Gesamtmenge an Zertifikaten, die in einem Jahr auszugeben sind, entspricht dem (ebenfalls politisch) festgelegten Ziel der CO₂-Minderung durch KWK-Einsatz, also z. B. 23 Mio. t + x für das Jahr 2010. Die Größe x entspricht dem Beitrag von bereits existierenden Anlagen (KWK-Bestand) (vgl. Abschnitt 4.4), der nach dem Verständnis der Autoren nicht in den von der Bundesregierung als Zielvorgabe genannten zusätzlichen 23 Mio. t enthalten sind. Wenn also auch Altanlagen an einer Zertifizierung teilnehmen, führt dies dazu, dass das Mengenziel der Reduktion nach oben korrigiert werden muss. Durch CO₂-mindernde KWK-Anlagen werden entsprechend der KWK-Abgrenzung der AGFW derzeit rund 15 Mio. t CO₂ vermieden (vgl. Abschnitt 4.4). Bei einer mittleren Restlaufzeit der KWK-Anlagen von 15 Jahren vermindert sich dieser Beitrag um ca. 1 Mio. t/a. Somit könnten im Jahr 2010 noch 5 Mio. t als Minderungsbeitrag zu den 23 Mio. t hinzukommen. Betreiber von Altanlagen können sich dann entscheiden, ob sie an dem Zertifizierungsmodell teilnehmen wollen oder weiter in der bisherigen KWK-Förderung durch das KWK-Vorschalt-Gesetz bleiben wollen. Bei einer Bonifizierung der CO₂-Einsparungen von KWK-Anlagen muss dann entsprechend bei Partizipation von Altanlagen der Quotenanteil an Zertifikaten heraufgesetzt werden, um das Mengenziel der zusätzlichen CO₂-Einsparung zu erreichen.

Im Sinne des Bestandsschutzes für die im Zuge der Liberalisierung des Strommarktes wirtschaftliche Probleme aufweisenden KWK-Anlagen wird vorgeschlagen, das Zertifikats-handelsmodell mit KWK-Klimaschutzbons durch eine Novellierung des in Kraft befindlichen KWK-Vorschalt-Gesetzes zu ergänzen. Das KWK-Vorschalt-Gesetz sollte ursprünglich nach Inkrafttreten einer neuen Regelung zum KWK-Ausbau auslaufen. Da jedoch der Bestandsschutz einer gesonderten Regelung bedarf, sollte die notwendige Novellierung des KWK-Vorschalt-Gesetzes zusätzlich dazu genutzt werden, die bislang erkannten Probleme (Nichteinbeziehung der industriellen KWK, Notwendigkeit einer KWK-Definition) zu beheben.

Wird die neue KWK-Förderung über KWK-Bons, wie zumeist vorgeschlagen, an den Stromabsatz gekoppelt, so ist bei jeder Stromabgabe an Endverbraucher¹¹ die Mindestmenge für das erwünschte Produkt, die vermiedene CO₂-Emission, zu erfüllen, die der vorgegebenen Gesamtmenge an Zertifikaten geteilt durch die gesamte Stromabgabe im Bundesgebiet entspricht. Bei einer vorgegebenen Menge an KWK-Bons von 23 Mio. t und einer möglichen Stromabgabe nach /Prognos, EWI 1999/ von 532 TWh würde sich damit ein Quotient für KWK-Bons von 0,043 kg/kWh ergeben. Bei einer Einbeziehung der Altanlagen ist der Wert entsprechend auf 0,053 kg/kWh zu erhöhen.

Der Vorteil einer solchen Regelung liegt darin, dass besonders CO₂-effiziente KWK-Anlagen, also solche mit einer hohen CO₂-Einsparung, auch besonders von einem mit den KWK-Bons verbundenen Zertifikatshandel profitieren. Hierdurch wird ein hoher Anreiz gegeben, Anlagen – sowohl bestehende, als auch Neuanlagen – zu verbessern sowie bei Neuanlagen auf einen hohen technischen Stand zu achten.

¹¹ Eventuell wäre auch ein Zertifikatswert für Erzeuger, d. h. bei der Einspeisung in das Versorgungsnetz, denkbar.

Grundsätzlich ist festzustellen, dass mit dem Zertifikatshandelsmodell der Versuch unternommen werden soll, ein bestimmtes quantitativ festgelegtes CO₂-Reduktionsziel zu erreichen. Im Hinblick auf das verfolgte Klimaschutzziel ist demnach die Effizienz des Modells danach zu beurteilen, ob und inwieweit das Ziel der CO₂-Mengenreduzierung erreicht wird. Durch eine Erteilung von Zertifikaten für eingesparte CO₂-Mengen in Verbindung mit einer Verpflichtung der Stromlieferanten, entsprechende Zertifikate aus KWK für ihre Stromlieferungen nachzuweisen, kann dieses Ziel relativ gut erreicht werden. Die alleinige Vorgabe, eine bestimmte Menge der gesamten Stromlieferungen aus KWK-Anlagen zu decken, lässt ein CO₂-Mengenziel nicht erreichen, da Unsicherheiten bestehen über die Art der Anlagen, welche für die Erfüllung der KWK-Quote eingesetzt werden. Je nach Art der Anlagen können sich unterschiedliche vermiedene CO₂-Emissionen ergeben. Insofern ist eine Zertifikatsausgabe für in KWK-Anlagen erzeugten Strom alleine nicht ausreichend für die Zielerfüllung, sondern eine differenzierte Vergabe entsprechend der Mengen eingesparter CO₂-Emissionen sinnvoll.

Es wird ein Handelsmodell mit Klimaschutzzertifikaten für die CO₂-Minderemissionen der KWK-Anlagen im Vergleich zu einem Referenzsystem vorgeschlagen. Die Quotenpflicht bestimmt sich aus dem für das jeweilige Jahr definierte Minderungsziel und entspricht in der Höhe dem Anteil der in Deutschland an Endkunden abgegebenen Strommenge des jeweiligen Quotenverpflichteten.

5.2 Anwendungsbeispiele

Um die Konsequenzen des vorgeschlagenen Zertifikatshandelsmodells von KWK-Bons für unterschiedliche KWK-Anlagen abschätzen zu können, wird im Folgenden beispielhaft dargestellt, wie sich KWK-Modellanlagen gegenüber den Referenzsystemen N und K aus Abschnitt 4.5 einordnen lassen. Zunächst wird jedoch das in Abschnitt 4.3 gewählte Beispiel zur Erläuterung des AGFW-Modells näher betrachtet.

Bei dem Beispiel der Abbildung 5 ist zu berücksichtigen, dass die CO₂-Intensität des verwendeten Energieträgers das Ergebnis des CO₂-Vergleichs maßgeblich mit beeinflusst. Die dargestellte KWK-Anlage könnte mit den fossilen Energieträgern Erdgas, Heizöl EL, Steinkohle oder Braunkohle aber auch mit der CO₂-neutralen Biomasse befeuert werden. Entsprechend ergeben sich CO₂-Emissionen für die gesamte KWK-Anlage aus dem AGFW-Beispiel zwischen 195 und 390 t/a bei den fossilen Energieträgern und von 0 t/a bei der Biomasse (vgl. Tabelle 5). Gegenüber den im Abschnitt 4.5 definierten Referenzsystemen N und K für die Stromerzeugung und dem Referenzsystem für die Raumwärmeseite, resultiert bei einer Erdgasfeuerung damit eine Verbesserung der CO₂-Emissionssituation durch die KWK-Anlage. Die Minderung beläuft sich auf 61 bzw. 53 kt. Bei einer Nutzung von Heizöl

EL wären hier gegenüber beiden Referenzsystemen schon Mehremissionen durch die KWK-Anlage verbunden. Beim Steinkohleeinsatz resultieren, trotz einer sehr effizienten KWK-Anlage mit einem Jahresnutzungsgrad der Gegendruckscheibe von 88,3 % und einer Stromkennzahl von 0,29, gegenüber den Referenzsystemen Mehremissionen der KWK-Anlage von 64 bzw. 73 kt. Schließlich wäre auch eine Braunkohleverwendung in der KWK-Anlage mit Mehremissionen gegenüber den Referenzsystemen verbunden. Demgegenüber würden bei einem Biomasseeinsatz 100 % der CO₂-Emissionen gegenüber der getrennten Erzeugung in den Referenzsystemen vermieden werden können.

Tabelle 5: CO₂-Emissionsbewertung der KWK-Anlage aus Abschnitt 4.3 in Abhängigkeit vom eingesetzten Energieträger gegenüber dem Referenzsystem von Neuanlagen (Referenz N) und dem Kyoto-Zielwert-Referenzsystem für 2010 (Referenz K)

	KWK-Anlage	CO ₂ -Emissionen des Referenzsystems	
		N	K
	Energieeinsatz		
Wärmeerzeugung	660,0 GWh	148,50 kt	148,50 kt
Stromerzeugung	193,9 GWh	107,81 kt	99,08 kt
Sonstige Verluste	113,0 GWh		
Brennstoffeinsatz	966,9 GWh	256,31 kt	247,58 kt
	CO ₂ -Emissionen	CO ₂ -Einsparung durch KWK gegenüber dem Referenzsystem	
CO₂ mit Biomasse	0,00 kt	256,31 kt	247,58 kt
CO₂ mit Erdgas	194,93 kt	61,38 kt	52,65 kt
CO₂ mit Heizöl EL	257,59 kt	-1,28 kt	-10,01 kt
CO₂ mit Steinkohle	320,25 kt	-63,94 kt	-72,67 kt
CO₂ mit Braunkohle	389,87 kt	-133,56 kt	-142,29 kt

In Tabelle 6 sind weitere Beispiele für KWK-Anlagen sowohl für den Anlagenbestand als auch für typische Neuanlagen inkl. deren zugehörigen CO₂-Einsparungen im Vergleich zu den beiden Referenzsystemen dargestellt. Insgesamt würde sich durch die in Tabelle 6 aufgeführten KWK-Anlagen gegenüber dem Kyoto-Zielwert-Referenzsystem eine CO₂-Einsparung von 0,523 Mio. t bei einer Nettostromerzeugung in KWK (nach AGFW-Definition) von 1,927 TWh ergeben. Um beispielsweise eine zusätzliche Minderung um 23 Mio. t zu erreichen, würde es bei dieser Mischung von KWK-Anlagen entsprechend einer zusätzlichen Nettostromerzeugung von 84,7 TWh bedürfen. Die zusätzliche Wärmeerzeugung müsste rund 355 PJ betragen (zum Vergleich: Die Wärmeerzeugung aus KWK-Anlagen in Deutschland beläuft sich in 1999 auf rund 674 PJ). Diese Strom- und Wärmemengen fallen entsprechend geringer aus, wenn die Anforderungen durch eine veränderte Wahl des Referenzsystems der Strom- und Wärmeerzeugung „sanfter“ formuliert werden, wie der Vergleich mit dem Referenzsystem N zeigt. Hier führt die selbe Nettostromerzeugung in KWK von 1,927 TWh zu einer CO₂-Einsparung von 0,611 Mio. t.

Tabelle 6: Ermittlung der CO₂-Einsparung durch Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen gegenüber dem Kyoto-Zielwert-Referenzsystem (K) und dem Referenzsystem der Neuanlagen (N)

Modell-anlagen	Strom-erzeugung	Wärme-erzeugung	Nutzungsgrad der GD-Scheibe	Brennstoff-Einsatz	Zugehörige CO ₂ -Emissionen	CO ₂ -Einsparung durch KWK gg.	
	[GWh]	[GWh]	[%]	[GWh]	[kt]	Ref. K ¹⁾	Ref. N ²⁾
BHKW 1³⁾	10,0	12,8	86,0	26,5	5,34	2,64	3,10
BHKW 2⁴⁾	5,6	8,0	82,4	16,5	4,40	0,26	0,51
GT 1⁵⁾	104,4	186,4	75,5	385,2	77,66	17,58	22,32
GT 2⁵⁾	84,0	146,3	82,3	280,0	56,44	19,38	23,19
GuD 1⁶⁾	121,2	166,0	62,3	461,0	92,94	6,29	11,79
GuD 2⁶⁾	435,0	435,0	87,1	998,7	201,34	118,65	138,40
GuD-EK^{7) 13)}	1156,8	1250,0	92,0	2615,8	527,35	344,54	397,06
Bio-HKW⁸⁾	10,0	40,0	80,0	62,5	0,00	14,11	14,56
BK-HKW⁹⁾	319,6	544,4	70,7	1222,8	493,02	0,00	0,00
BK-EK^{10) 13)}	50,0	425,0	80,8	588,2	237,18	0,00	0,00
SK-HKW1¹¹⁾	211,8	512,7	62,9	1151,4	385,50	0,00	0,00
SK-HKW2¹¹⁾	948,0	1354,3	82,3	2798,3	936,87	0,00	0,00
SK-EK^{12) 13)}	796,0	1125,0	91,8	2093,2	700,81	0,00	0,00
1) Annahmen zur ungekoppelten Erzeugung: CO ₂ -Koeffizient der Stromerzeugung (in kg je kWh _{el,ne}) 0,511 CO ₂ -Koeffizient der Wärmeerzeugung (in kg je kWh _{th}) 0,225 2) Annahmen zur ungekoppelten Erzeugung: CO ₂ -Koeffizient der Stromerzeugung (in kg je kWh _{el,ne}) 0,556 CO ₂ -Koeffizient der Wärmeerzeugung (in kg je kWh _{th}) 0,225 3) Erdgas-Blockheizkraftwerk 4) Blockheizkraftwerk mit Heizöl EL 5) Gasturbine mit Erdgas 6) Erdgas-GuD-Gegendruck-Heizkraftwerk 7) Erdgas-GuD-Entnahmekondensationskraftwerk 8) Biomasse-Heizkraftwerk 9) Braunkohle-Gegendruck-Heizkraftwerk 10) Braunkohle-Entnahmekondensationskraftwerk 11) Steinkohle-Gegendruck-Heizkraftwerk 12) Steinkohle-Entnahmekondensationskraftwerk 13) nur Gegendruckscheibe (AGFW-Modell)							

Diesen Zusammenhang zeigt auch Abbildung 9. Hieraus wird auch ersichtlich, dass mit der Variation des CO₂-Koeffizienten der Referenzstromerzeugung Sprünge in der Funktion auftreten können, da dann weitere KWK-Anlagen mit in den Zertifikatsmarkt aufgenommen werden würden. Um das CO₂-Minderungsziel von 23 Mio. t erreichen zu können, würde bei der alleinigen Betrachtung der Gegendruckscheibe der Anlage „GuD-EK“ aus Tabelle 6, einer sehr CO₂-günstigen fossilen KWK-Anlage, entsprechend bei dem Kyoto-Referenzwert von 0,511 kg CO₂ je kWh eine Nettostromerzeugung in KWK von 77,2 TWh notwendig, bei alleiniger Nutzung eines CO₂-freien KWK-Systems, wie z. B. dem „Bio-HKW“ aus Tabelle 6, wäre eine Nettostromerzeugung von 16,3 TWh erforderlich. Im Extremfall, der alleinigen Betrachtung der heizölgefeuerten KWK-Anlage „BHKW 2“ aus Tabelle 6 würde die notwendige Stromerzeugungsmenge 495,4 TWh steigen. Diese Betrachtungen zeigen, mit welcher Bedeutung die CO₂-Emissionen der fossilen KWK-Anlagen in die Effekte des Zertifikatshandelsmodells eingehen.

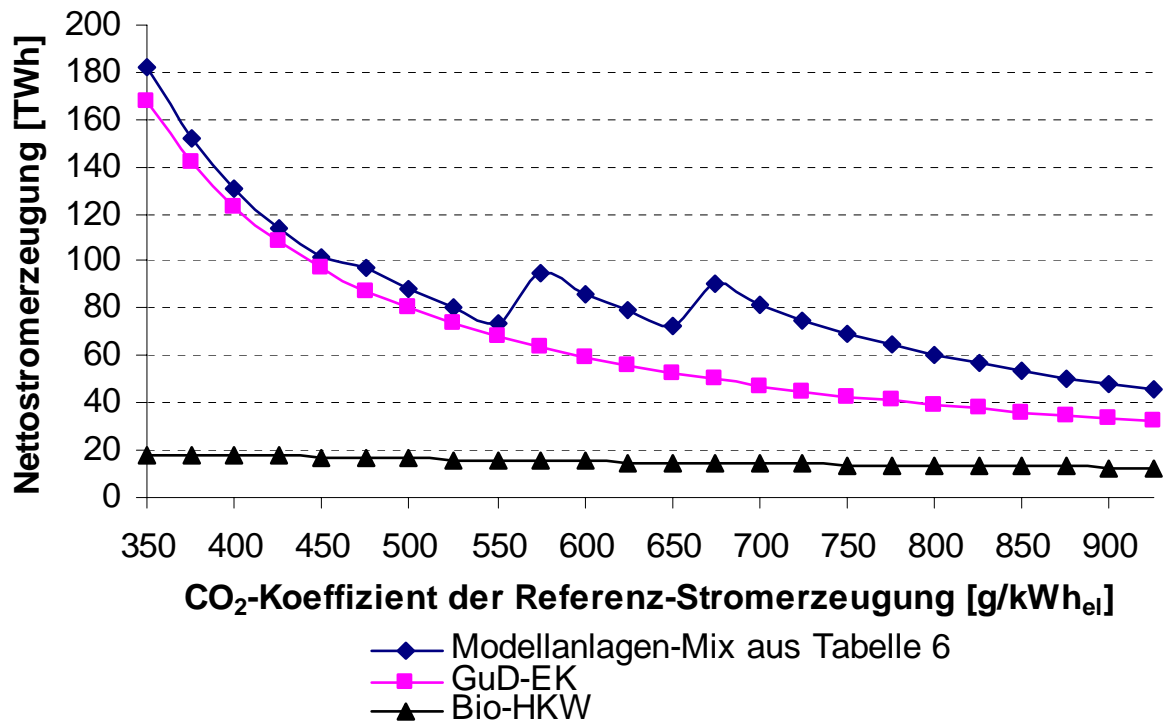


Abbildung 9: Notwendige Nettostromerzeugung in KWK zur CO₂-Minderung von 23 Mio. t für verschiedene KWK-Anlagenkonfigurationen in Abhängigkeit von dem CO₂-Koeffizienten der Referenz-Stromerzeugung

Die Anwendungsbeispiele zeigen, dass durch die klimaschutzorientierte Ausgestaltung des Fördermodells mit den CO₂-Effizienzkriterien die Vorteilhaftigkeit der KWK-Anlagen hinsichtlich des Klimaschutzes adäquat erfasst wird.

5.3 Ausgestaltung des Handels und Preisbildung der Zertifikate

Im Falle der Orientierung des Zertifikatshandels an den durch den Betrieb der KWK-Anlage vermiedenen CO₂-Emissionen gegenüber einem Referenzsystem erfolgt die Ausgabe der Zertifikate entsprechend der in Abschnitt 5.1 angegebenen Formel. Als Bilanzierungszeitraum für den Nachweis der Quotenerfüllung wird jeweils ein Kalenderjahr vorgeschlagen. Die Ausgabe der Zertifikate kann durch die Betreiber zertifizierter Anlagen selbst zu beliebigen Zeitpunkten im Jahr erfolgen. Nach Ablauf des Betrachtungsjahres wird anhand der Brennstoff-, Strom- und Wärmemengen von der Zertifizierungsinstanz geprüft, ob die Anzahl der vom Betreiber ausgegebenen KWK-Bons mit der Menge der vermiedenen CO₂-Emissionen übereinstimmt. Ist die Anzahl der ausgegebenen Bons höher als die CO₂-Vermeidungsmenge, so ist vom Betreiber die Pönale (siehe Abschnitt 5.4) für die zuviel ausgegebenen Bons zu entrichten. Prinzipiell ist es auch denkbar, dass die Ausgabe der KWK-Bons direkt durch die Zertifizierungsinstanz erfolgt. Dies erscheint aber als kostenträchtiger als eine stichprobenartige

Kontrolle, insbesondere wenn die Zuteilung mehrfach im Jahr erfolgt. Kleinbetreiber können sich zusammenschließen oder aber ihre Zertifikate an einen grösseren Zwischenhändler gegen ein Entgelt abgeben. Dadurch werden die Transaktionskosten für die Kleinbetreiber gering gehalten.

Eine fortlaufende Ausgabe der Zertifikate ist wesentlich für einen kontinuierlichen Handel der Zertifikate und damit eine stetige Preisbildung. Der Handel mit Zertifikaten kann bilateral zwischen den KWK-Betreibern und den Verpflichteten erfolgen. Um eine größere Markttransparenz zu erzielen, empfiehlt es sich jedoch, an einer der deutschen Strombörsen einen börsennotierten Zertifikatshandel einzuführen. Bei einem kontinuierlichen Handelsmodell steigt der mittlere Zertifikatspreis über den Bilanzierungszeitraum bis zum Erfüllungszeitpunkt der Quote mit dem Marktzins an, solange an dem Markt auch Futures gehandelt werden. Durch ein solches Handelsmodell für die Zertifikate werden erratische Preisschwankungen zum Ende einer Abrechnungsperiode verhindert.

Ein noch offener Punkt bei einem solchen Handelsmodell mit Vermeidungszertifikaten ist die Berücksichtigung von ausländischen KWK-Betreibern. Anders als bei einem reinen Quotenmodell, bei dem der Strombezug aus KWK-Anlagen einen bestimmten Prozentanteil an der gesamten abgegebenen Strommenge ausmachen muss, stellen bei dem hier vorgeschlagenen Modell die Stromimporte kein größeres Problem dar. Das Modell der KWK-Klimaschutzzertifikate sieht die nationale Vermeidung von CO₂-Mengen durch KWK vor, d. h., als Handelsgut tritt die CO₂-Vermeidung in Deutschland auf. Zu diesem Zweck werden Vermeidungszertifikate an Betreiber von KWK-Anlagen in Deutschland ausgegeben, während Betreiber von KWK-Anlagen im Ausland keine CO₂-Vermeidungszertifikate erhalten und demnach auch nicht an dem deutschen Handel dieser Zertifikate teilnehmen können, solange im europäischen Ausland keine entsprechende Regelung in Kraft ist.

Die Frage, die sich in diesem Zusammenhang stellt, ist, ob dies im europarechtlichen Zusammenhang eine wettbewerbsrechtlich bedenkliche Beihilfe für KWK-Anlagen in Deutschland darstellt. Diese Frage kann im Rahmen dieses Gutachtens nicht abschließend geklärt werden, und sollte von juristischer Seite eine eingehendere Prüfung erfahren. Jedoch ist zunächst davon auszugehen, dass der Beihilfetatbestand nicht erfüllt wird, da keine direkten staatlichen Zahlungen damit verbunden sind. Ob dann Fragen der Warenverkehrsfreiheit verletzt werden, ist ebenso anhand der Überprüfung des Handelsgutes zu klären.

Es erfolgt eine Trennung von Strommarkt und Zertifikatsmarkt. Die Ausgabe der Zertifikate kann unterjährig durch die Anlagenbetreiber selbst erfolgen. Der Zusammenschluß von Kleinbetrieben verringert Transaktionskosten. Eine Börsennotierung und kontinuierlicher Handel führt zu einer konstanten Entwicklung des Zertifikatspreises.

5.4 Preisgrenzen und Quotenflexibilisierung

In der Diskussion um die Preisbildung der Zertifikate taucht oft die Forderung auf, einen Mindestpreis für die Zertifikate vorzusehen. Diese Forderung wird begründet mit der Ansicht, dass der Zertifikatshandel mit zu hohen Unsicherheiten behaftet ist und dass bei einer Ausbildung eines niedrigen Preises für die Zertifikate KWK-Neuanlagen nicht wirtschaftlich betrieben werden können. Obwohl es keine Erfahrungswerte mit einem solchen Zertifikatehandelsmodell gibt, so ist doch zu erwarten, dass der sich ausbildende Preis über Null liegen wird. Auf dem Zertifikatsmarkt wird ein Gut gehandelt, welches für die Nachfrager an diesem Markt ein notwendiges Gut darstellt, um die Pönale nicht zahlen zu müssen. Daher wird die Nachfrage bereits zu Beginn der Abrechnungsperiode größer als Null sein und somit zu einem positiven Preis führen. Die Anbieter auf diesem Markt können ihre Zertifikate solange zurückhalten, bis der Nachfragedruck den Preis auf ein Niveau hebt, welcher einen wirtschaftlichen Betrieb der KWK-Anlagen ermöglicht. Dass der Preis durch konzertiertes strategisches Verhalten der Anbieter in die Höhe getrieben wird, ist unwahrscheinlich, wenn genügend viele kleine Anbieter auf diesem Markt auftreten.

Da seitens der Interessenvertreter der KWK argumentiert wird, dass die KWK einen Beitrag zu einem kosteneffizienten Klimaschutz leisten kann, und da die politische Vorgabe eines CO₂-Minderungsziels für einen Technikbereich, wie z. B. die Minderung um zusätzliche 23 Mio. t CO₂ in 2010 über KWK, gewisse Unsicherheiten aufweist, sowie auch aus Gründen der Verhältnismäßigkeit der CO₂-Minderungskosten erscheint es sinnvoll, eine Obergrenze für den Preis der KWK-Bons vorzugeben. Zusätzlich wird mit der Preisobergrenze auch ein Kostendruck auf die Investitionen von KWK-Anlagen ausgeübt. Diese Preisobergrenze der Zertifikate wird vorgegeben durch die vorgesehene Pönale („Ersatzabgabe“, „Zwangsgeld“ oder „Ordnungsgeld“), welche bei Nichterfüllung der Zertifikatspflicht anfällt. Auch bei einem Nachfrageüberhang nach Zertifikaten ist es denkbar, dass dieser Höchstpreis erreicht werden kann. Von einer Flexibilisierung des Minderungsziels, welche vorgeschlagen wird, um den Zertifikatspreis in einem gewissen Zielkorridor zu halten, ist demgegenüber abzuraten, da eine häufige Änderung der Minderungshöhe eine negative Wirkung auf die Investitionssicherheit hat und den Bau von Neuanlagen negativ beeinflussen kann.

Die Ermittlung des Werts für die Pönale kann entweder aus vorliegenden Untersuchungen zu Klimaschutzstrategien für Deutschland abgeleitet werden oder er kann aus Überlegungen ermittelt werden, welchen Zuschuß KWK-Anlagen derzeit bzw. zukünftig für einen wirtschaftlichen Betrieb benötigen. Letztendlich bleibt aber auch dies eine politische Entscheidung. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Höhe der Pönale auch abhängig sein sollte von der Festlegung des Referenzsystems. Je niedriger die Werte des Referenzsystems angesetzt werden, d. h., je stärker CO₂-seitig Druck auf die KWK-Anlagen ausgeübt wird, desto

höher ist hier die Pönale zu setzen.¹² Als Orientierung für den Wert der Pönale im Jahr 2010 werden hier zwei Werte berücksichtigt, zum einen eine Pönale von 50 DM je vermiedene Tonne CO₂ und zum anderen von 100 DM je vermiedene Tonne CO₂. Bei einer Menge von 23 Mio. t CO₂ ergibt sich hieraus ein maximales Handelsvolumen für den KWK-Bon-Markt von 1,15 bzw. von 2,30 Mrd. DM in 2010.¹³ Bezogen auf die Strommenge von 532 TWh nach /Prognos/EWI 1999/ sind dies maximal 0,22 bzw. 0,43 Pf je kWh im Durchschnitt über alle Verbraucher.

Es bedarf keines Mindestpreises für die Klimaschutzzertifikate, da ein hoher Nachfrage-
druck am Markt vorhanden ist. Der Höchstpreis für die Zertifikate wird durch die Höhe
der festzulegenden Pönale bestimmt. Von Quotenflexibilisierungen ist in Hinblick auf die
Investitionssicherheit und Zielerreichung abzusehen.

6 Varianten und mögliche Ausweitungen des Fördermodells

Neben dem zuvor erläuterten Grundgerüst weist das in Abschnitt 5 vorgestellte Modell der klimaschutzorientierten KWK-Förderung noch weitere Aspekte auf, wie die Möglichkeit der Überführung in einen allgemeinen CO₂-Zertifikatehandel (Abschnitt 6.1), den Übergang zu Zero-CO₂-Strom als alternative Messgröße (Abschnitt 6.2) sowie schließlich die Anwendbarkeit bei einer Preissteuerung (Abschnitt 6.3), die im Folgenden diskutiert werden.

6.1 Überführung in einen allgemeinen CO₂-Zertifikatehandel

Ein aus Sicht der Autoren wichtiger Punkt bei der Ausgestaltung eines Zertifikatshandelsmodells für KWK-Bons, wie es in Abschnitt 5 skizziert wurde, ist die Möglichkeit einer Überführung in ein allgemeines CO₂-Zertifikatehandelsmodell. Bei einer Zertifizierung von CO₂-Einsparungen bei KWK-Anlagen wird der Klimaschutzbeitrag dieser Anlagen bonifiziert. Durch das Zertifikatshandelsmodell für KWK-Bons können bereits Erfahrungen gesammelt werden, welche für die Einführung eines allgemeinen CO₂-Zertifikatehandelsmodells nützlich sind. Weiterhin bereitet die Einführung eines Modells von KWK-Klimaschutzzertifikaten auf eine EU-weite Einführung eines CO₂-Zertifikatehandels vor. Hier ist im Grünbuch zum Handel mit Treibhausgasemissionen in der Europäischen Union vorgeschlagen worden, zunächst

¹² Wird z. B. bei einem Referenzwert für die Stromerzeugung von 0,500 kg CO₂ je kWh_{el,ne} eine Pönale von 100 DM/t CO₂ als Richtwert gesetzt, so bedeutet dies für einen Referenzwert von 0,750 kg CO₂ je kWh_{el,ne} eine Pönale von 66,7 DM/t CO₂ bzw. für einen Referenzwert von 0,350 kg CO₂ je kWh_{el,ne} eine Pönale von 142,9 DM/t CO₂.

¹³ Zur Einordnung des Handelsvolumens einige Vergleichszahlen: jährliche Steinkohlebeihilfen der Jahre 2000-2005, 4-7 Mrd. DM, erwartete jährliche Einnahmen aus der Ökosteuer 8-11 Mrd. DM, Aufwendungen für das 100.000 Dächer Photovoltaik Programm 0,2 Mrd. DM.

mit einer Handelsverpflichtung der Großemittenten zu beginnen und mittelfristig zu einem CO₂-Gesamtzertifikat überzugehen.

Führt man nun ein allgemeines CO₂-Zertifikatehandelsmodell ein, das dann aber nicht mehr an den vermiedenen CO₂-Emissionen (d. h. einer Untergrenze für ein erwünschtes Produkt), sondern an den emittierten CO₂-Emissionen (d. h. einer Obergrenze für ein unerwünschtes Produkt) ansetzt, so würde die Bonifizierung vermiedener CO₂-Emissionen für KWK-Anlagen durch KWK-Bons wegfallen. Der Effekt der Bevorteilung von CO₂-effizienten KWK im Vergleich zu herkömmlichen Stromerzeugungsanlagen durch den Zusatzerlös aus dem Zertifikatsverkauf bleibt jedoch – wenn auch in anderer Form – bestehen. Der Vorteil von CO₂-effizienten KWK-Anlagen gegenüber der herkömmlichen Stromerzeugung, nämlich ein relativ geringerer CO₂-Ausstoß bei der gekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme verhilft diesen KWK-Anlagen auch bei einem allgemeinen CO₂-Zertifikatehandel zu einem relativen Preisvorteil. Wenn für die produzierten Mengen an Strom und Wärme weniger Zertifikate gekauft werden müssen als bei konkurrierenden Anlagen der getrennten Erzeugung, behalten diese KWK-Anlagen eine relativ verbesserte Wettbewerbssituation gegenüber einer Situation ohne jegliche Regelung.

Zwischen der Einführung der KWK-Bons für die vermiedenen CO₂-Emissionen und dem allgemeinen CO₂-Zertifikatehandel sind auch mehrere Zwischenstufen denkbar. So könnte schrittweise der Geltungsbereich der KWK-Bons erweitert werden, z. B. über die Einbeziehung der regenerativen Energien – womit dann das Erneuerbaren Energien Gesetz aufgegeben werden könnte – oder weiterer Maßnahmen im Bereich der (Kondensations-)Stromerzeugung oder im Wärmemarkt. Hiermit kann für die KWK das Problem einhergehen, dass dann der Zertifikatspreis niedriger ausfallen kann als bei einer alleinigen Berücksichtigung des KWK-Bereichs. Dies gilt um so mehr, wenn mit der Erweiterung des Geltungsbereiches auch eine Verschärfung des Referenzsystems einherginge. Jedoch sollte sich die KWK diesem erweiterten Wettbewerb um Klimaschutzzertifikate, sogenannte K-Bons, stellen, da dies ein Weg zu einem kosteneffizienten Klimaschutz sein kann. Hierzu will die KWK ja auch einen entscheidenden Beitrag leisten können.

Ein Quotenhandelsmodell mit Klimaschutzzertifikaten bietet die Gelegenheit, Erfahrungen über den Zertifikatshandel zu sammeln. Das vorgestellte Modell kann die Einführung eines allgemeinen CO₂-Zertifikatehandels vorbereiten und bietet wenig Schwierigkeiten bei der Umstellung. Dieser Übergang kann auch schrittweise über die Einbeziehung weiterer Maßnahmen und Bereiche erfolgen.

6.2 Alternative Messgröße: Übergang zu Zero-CO₂-Strom

Sinnvollerweise sollte ein Modell zur CO₂-Vermeidung auch als Messgröße bei den vermiedenen CO₂-Emissionen ansetzen. Da diese Größe bislang jedoch noch keine weite Verbreitung gefunden hat, was für den Umgang mit einem solchen Modell ein Hemmnis darstellen kann, ist es auch vorstellbar, das System der KWK-Bons an anderen, bekannteren Messgrößen ansetzen zu lassen. Hierfür kommen sowohl die Stromerzeugungsmenge als auch die Wärmeerzeugungsmenge in Frage.

Zunächst wäre es dann sinnvoll, sich an der Wärmeseite zu orientieren, da die KWK zum einen an entsprechende Wärmeabnahmefälle geknüpft ist und da zum anderen der exergetische Vorteil der KWK nicht auf der Seite der Stromerzeugung zu finden ist, sondern auf der Wärmeseite. In diesem Fall könnte der Ansatz der BET Aachen zur Ermittlung des in KWK brennstofffrei erzeugten Stroms, sog. Zero-Strom, übertragen werden und die Menge der in KWK CO₂-frei erzeugte Wärme (Zero-CO₂-Wärme) als Messgröße ermittelt werden. Der Handel der mit jeder Einheit Zero-CO₂-Wärme ausgegebenen KWK-Bons könnte ebenso organisiert werden wie bei dem Zertifikatshandelsmodell mit vermiedenen CO₂-Emissionen. Nur müssten hier die Wärmenutzer Anteilsscheine erwerben. Wie ein solches Modell auf dem Wärmemarkt aussehen könnte, wurde z. B. von /Nitsch u. a. 2000/ beschrieben. Problematisch dabei erscheint, dass der Wärmemarkt wesentlich heterogener ist als der Strommarkt und bei vielen Verbrauchern die Wärme in Eigenproduktion hergestellt wird, so dass eine Zertifikatspflicht in Bezug auf den Kauf bestimmter Wärme sich sehr schwierig umsetzen lässt.

Somit ist es von der Praktikabilität her eher vorstellbar, dass eine Orientierung an der Stromseite erfolgt. Auch hier liefert das Modell der BET Aachen zur Ermittlung des in KWK brennstofffrei erzeugten Stroms, sog. Zero-Strom, den Ansatzpunkt. Somit wären entsprechende CO₂-frei erzeugte Strommengen (Zero-CO₂-Strom) zu ermitteln:

$$(6.1) A_{ZCO_2} = A_{Bne,KWK} - [CO_{2,KWK} - (Q_{KWK} * CO_{2,th})] / CO_{2,el}$$

mit	A_{ZCO_2}	= CO ₂ -frei erzeugter Strom = <i>Zero-CO₂-Strom</i>
	$A_{Bne,KWK}$	= Nettostromerzeugung der KWK-Anlage
	$CO_{2,KWK}$	= CO ₂ -Emissionen der KWK-Anlage
	Q_{KWK}	= Wärmeerzeugung der KWK-Anlage
	$CO_{2,th}$	= CO ₂ -Koeffizient der Referenz-Wärmenutzung
	$CO_{2,el}$	= CO ₂ -Koeffizient der Referenz-Stromerzeugung

Damit ist die Ausgabe der KWK-Bons an die Kenngröße Zero-CO₂-Strom gebunden. Diese ist proportional zu den vermiedenen CO₂-Emissionen. Entsprechend dem CO₂-Koeffizient der Referenz-Stromerzeugung werden die vermiedenen CO₂-Emissionen in entsprechende Strommengen umgerechnet. Bei den angesetzten Referenzwerten K bzw. N von 0,511 bzw. von

0,556 kg CO₂ je kWh_{el,ne} ergeben sich beispielsweise aus 23 Mio. t CO₂ ca. 45 bzw. 41 TWh an notwendigem Zero-CO₂-Strom zur Einhaltung des CO₂-Zielwertes. Bezogen auf die nach /Prognos/EWI 1999/ angesetzte Gesamtstrommenge von 532 TWh ergibt dies einen Anteil des Zero-CO₂-Stroms von 8,46 % bzw. 7,78 %. Auch die CO₂-Pönale lässt sich damit in eine Zero-CO₂-Strom-Pönale überführen. Aus den beispielhaft gewählten 50 bzw. 100 DM/t CO₂ werden entsprechend 2,56 bzw. 5,11 Pf je kWh_{el} an Zero-CO₂-Strom beim Referenzsystem K und 2,78 bzw. 5,56 Pf je kWh_{el} an Zero-CO₂-Strom beim Referenzsystem N. Wie hoch die tatsächlich in KWK zusätzlich erzeugte Strommenge ist, ist davon abhängig, welche KWK-Anlagen zur Erfüllung der Verpflichtung beitragen (vgl. Abschnitt 5.2 und Tabelle 7).

Tabelle 7: Ermittlung des CO₂-frei erzeugten Stroms (Zero-CO₂-Strom) gegenüber dem Kyoto-Zielwert-Referenzsystem (Referenz K) und der damit verbundenen finanziellen Konsequenzen

Modell-anlagen	Zero-CO ₂ -Strom ¹⁾	Anteil des Zero-CO ₂ -Stroms an der Stromerzeugung	Exemplarischer Marktpreis für CO ₂ -Zertifikate von 75 DM/t CO ₂		
	[GWh]		[%]	insgesamt [Mio. DM]	je Einheit Zero-CO ₂ -Strom [Pf/kWh]
BHKW 1	5,2	51,8	0,198	3,83	1,98
BHKW 2	0,5	9,1	0,019	3,83	0,35
GT 1	34,4	33,0	1,319	3,83	1,26
GT 2	37,9	45,2	1,453	3,83	1,73
GuD 1	12,3	10,2	0,472	3,83	0,39
GuD 2	232,4	53,4	8,899	3,83	2,05
GuD-EK²⁾	674,8	58,3	25,840	3,83	2,23
Bio-HKW	27,6	276,3	1,058	3,83	10,58
BK-HKW	0,0	0,0	0,000	0,00	0,00
BK-EK²⁾	0,0	0,0	0,000	0,00	0,00
SK-HKW1	0,0	0,0	0,000	0,00	0,00
SK-HKW2	0,0	0,0	0,000	0,00	0,00
SK-EK²⁾	0,0	0,0	0,000	0,00	0,00
1) Annahmen zur ungekoppelten Erzeugung: CO ₂ -Koeffizient der Stromerzeugung (in kg je kWh _{el,ne}) 0,511 CO ₂ -Koeffizient der Wärmeerzeugung (in kg je kWh _{th}) 0,225 2) Nur Gegendruckscheibe (GD-Scheibe) Übrige Legende siehe Tabelle 6					

Damit hängt auch wieder der Förderbetrag bezogen auf die gesamte Stromerzeugung von der CO₂-Güte der KWK-Anlage ab. In den gezeigten Beispielen erhält das effizientere Erdgas-GuD-HKW (GuD 2 in Tabelle 7) eine Gutschrift von 2,05 Pf je erzeugter kWh_{el,ne} insgesamt. Dies ist eine Größenordnung, die auch seitens der KWK-Befürworter als gegenwärtig notwendige Förderung der KWK-Anlagen angesehen wird, damit sie sich auf dem Strom- und Wärmemarkt wirtschaftlich behaupten können.

Gleichzeitig ergibt sich beim Biomasse-HKW (Bio-HKW in Tabelle 7) ein Fördersatz je erzeugter kWh_{el,ne} von 10,58 Pf. Werden noch die Erlöse auf dem Strommarkt hinzugenom-

men, z. B. ein anlegbarer Strompreis von 6 Pf je kWh, so würde sich für die Stromerzeugung aus Biomasse-KWK-Anlagen in etwa die selbe Situation über dieses Fördermodell ergeben wie sie sich auch nach dem EEG bis 2010 darstellen würde (16,4 Pf/kWh_{el}).

Insgesamt ist festzuhalten, dass Zero-CO₂-Strom-Zertifikate äquivalent zu Zertifikaten auf der Basis von vermiedenen CO₂-Emissionen sind. Mit dem Ansatz an der Stromerzeugung erscheint eine leichtere Implementierung möglich, da diese Messgröße gängiger ist. Jedoch gestaltet sich auf der Basis von Zero-CO₂-Strom der Übergang in einen allgemeinen Zertifikatehandel – und auch die in Abschnitt 5.5 diskutierten möglichen Zwischenschritte – schwieriger, da dort die (vermiedenen) CO₂-Emissionen jeweils den Ansatzpunkt darstellen.

Die Zertifikatsausgabe erfolgt in dieser Variante für die in KWK-Anlagen erzeugte CO₂-freie Strommenge. Damit wird ermittelt, welche Strommenge in KWK-Anlagen im Vergleich zu einem Referenzsystem ohne zusätzliche CO₂-Emissionen produziert wird.

6.3 Anwendbarkeit bei Preissteuerung

Während das Vorgehen über die vermiedenen CO₂-Emissionen oder den Zero-CO₂-Strom lediglich unterschiedliche Messgrößen innerhalb eines gemeinsamen Rahmens des Handels mit KWK-Bons darstellen, ergibt sich eine generell unterschiedliche Vorgehensweise, wenn nicht eine (Mengen-)Steuerung der vermiedenen CO₂-Emissionen angestrebt wird, sondern wenn eine Preissteuerung verlangt wird. Das Verfahren zur Ermittlung der vermiedenen CO₂-Emissionen lässt sich aber auch für eine Preissteuerung einsetzen. Je verminderter Tonne CO₂ könnte ein Zuschuss aus dem Staatshaushalt bezahlt werden oder diese könnte bei der Steuererklärung steuermindernd geltend gemacht werden. Entsprechend der vorgeschlagenen Pönale wären dies z. B. 50 oder 100 DM je Tonne CO₂. Ob dies seitens der EU mit Blick auf die Beihilfenproblematik Zustimmung finden könnte, ist fraglich.

Deshalb wäre auch eine direkte Anknüpfung an das KWK-Vorschalt-Gesetz vorstellbar. Hier wird vom Gesetzgeber ein Mindestpreis vorgegeben, der dem Betreiber der Anlage für sein Produkt bezahlt werden muss. 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. Im vorliegenden Fall der CO₂-Minderung durch KWK könnten zu dem eigentlichen Stromerlös z. B. noch 50 bzw. 100 DM/t CO₂ (oder 2,56 bzw. 5,11 Pf je kWh Zero-CO₂-Strom beim Referenzsystem K oder 2,78 bzw. 5,56 Pf/kWh Zero-CO₂-Strom beim Referenzsystem N) über ein Umlageverfahren vergütet werden. So würde der Strom nach Auslaufen des derzeitigen KWK-Vorschalt-Gesetzes z. B. zu 6 Pf je kWh und der Zero-CO₂-Strom zusätzlich vergütet werden. Da die beiden Größen nicht direkt vergleichbar sind, ergibt sich eine Abhängigkeit der auf die Gesamtstromerzeugung bezogenen Vergütung von dem Verhältnis zwischen

dem Zero-CO₂-Strom zur Gesamtstromerzeugung¹⁴. Dabei gilt, dass die Vergütung um so höher ist, je höher der Anteil des Zero-CO₂-Stroms ist (vgl. Abbildung 10 für eine Zero-CO₂-Stromvergütung von 3,83 Pf/kWh, d. h. 75 DM/t CO₂). Zur weiteren Vereinfachung könnte dieses Verhältnis – insbesondere bei kleineren Anlagen – einmalig erfasst werden, womit dann der Vergütungssatz festgelegt wäre.

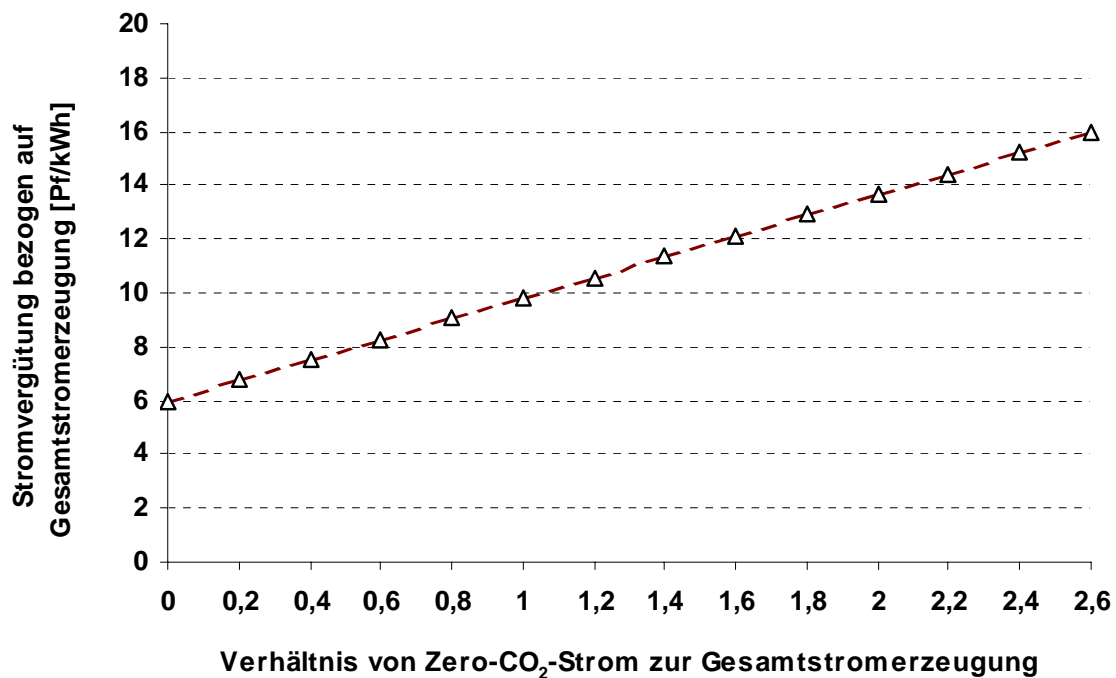


Abbildung 10: Beispiel zur Vergütung des KWK-Stroms in Abhängigkeit von der CO₂-Effizienz

Der Vorteil bei dieser Regelung wäre, dass direkt an das KWK-Vorschalt-Gesetz angeknüpft werden kann und dass vom Verfahren her bereits langjährige Erfahrungen in Deutschland vorliegen. Auch von der Abwicklung her sind tendenziell niedrigere Transaktionskosten als bei einem Zertifikatehandel zu erwarten.

Nachteilig ist, dass über die Vergütung bereits der Preis vorgegeben wird, während er beim Zertifikatshandel niedriger ausfallen könnte. Aber entscheidender ist als Nachteil die mangelnde Ausrichtung auf den zukünftigen CO₂-Zertifikatehandel, in den keine direkte Überführung möglich ist. Des Weiteren würde damit die Chance verpasst, Erfahrungen mit dem Zertifikatehandelsmodell zu sammeln, das zukünftig eine große Bedeutung im Rahmen der internationalen Klimaschutzbemühungen erhalten kann.

Bezüglich der Problematiken innerhalb der EU soll hier keine Betrachtung angestellt werden, da diese Modelle keine hohe Präferenz in der derzeitigen Diskussion genießen. Es ist jedoch auf jeden Fall zu beachten, dass es sich bei der Preissteuerung lediglich um ein zeitlich befristetes Fördermodell handeln kann.

¹⁴ zu möglichen Verhältnissen vgl. die Anteile in Tabelle 7

Das Vorgehen zur Ermittlung der CO₂-Minderung ist bei Preissteuerung analog zum Vorgehen bei der Zertifikatslösung. Jedoch erfolgt keine Zertifikatsausgabe sondern eine Festpreisvergütung, in die die im Vergleich zu einem Referenzsystem CO₂-frei produzierten Strommengen in KWK-Anlagen mit eingehen.

7 Schlussbetrachtung

Im Rahmen ihres nationalen Klimaschutzprogramms hat die Bundesregierung die Ziele formuliert, eine Minderung der Emission von Kohlendioxid bis 2005 gegenüber 1990 um 25 % zu erreichen und die Minderung der Emissionen der sechs Treibhausgase des Kyoto-Protokolls im Zeitraum 2008 – 2012 im Rahmen der EU-Lastenverteilung um 21 % zu erfüllen. Die Basisjahre sind für CO₂, CH₄, N₂O 1990 und für H-FKW, FKW und SF₆ 1995. Zusätzlich wurde im nationalen Klimaschutzprogramm u. a. ein technologiebezogenes Ziel für die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) aufgestellt, demzufolge durch den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung über eine Quotenregelung die CO₂-Emissionen zusätzlich um 10 Mio. t bis 2005 und um 23 Mio. t bis 2010 zu senken sind. Unter den Rahmenbedingungen des liberalisierten Strommarktes und angesichts der derzeit im Strommarkt vorhandenen Kapazitäten erscheint der CO₂-Minderungsbeitrag durch KWK ohne ein entsprechendes Förderinstrument jedoch nicht erreichbar.

Um die CO₂-Minderungsziele zu erreichen, bedarf es aber eines zielgerichteten Förderinstruments. Diese Zielorientierung sollte nicht dadurch außer Kraft gesetzt werden, dass versucht wird, mit dem selben Förderinstrument gleichzeitig andere energiepolitische Ziele z. B. des KWK-Bestandsschutzes oder der Versorgungssicherheit durch einen Einsatz von heimischen Kohlen zu verwirklichen. Derartige Ziele bedürfen eigenständiger Instrumente. So könnte zum KWK-Bestandsschutz die derzeitige Regelung des KWK-Vorschalt-Gesetzes vollständig ausgeschöpft werden, d. h. bis zum Jahre 2005. Jedoch sollte dann die Regelung auf den gesamten KWK-Anlagenbestand ausgeweitet werden, d. h. einschließlich der industriellen KWK, und es müßte eine genauere Abgrenzung der KWK-Stromerzeugung erfolgen. Um die gleichzeitige Erzeugung von Strom und Wärme in Kraft-Wärme-Kopplung zu erfassen, bietet es sich an, dem Vorschlag der Arbeitsgemeinschaft Fernwärme e. V. (AGFW) zu folgen und die Stromerzeugung in Gegendruckanlagen bzw. in der sogenannten Gegendruckscheibe von Entnahme-Kondensationsanlagen zu bestimmen.

Für eine Umsetzung in einem neuen KWK-Ausbaugesetz zur klimaschutzorientierten Förderung von KWK-Anlagen in Deutschland wären dann u. a. folgende Aspekte durch Regelungen zu festzulegen:

- Zielgröße der CO₂-Vermeidung durch KWK
- Ermittlung der CO₂-Einsparungen durch den Betrieb der KWK-Anlagen
- Referenzsystem für die Ermittlung der CO₂-Minderung

- Akkreditierung/Zulassung von KWK-Anlagen zur Zertifikatsausgabe
- Quotenermittlung und Quotenverpflichtete
- Bilanzierungszeitraum
- Ausgabe von Zertifikaten durch KWK-Anlagenbetreiber
- Einrichtung eines Handelsplatzes für CO₂-Vermeidungszertifikate
- Höhe der bei Nichtquotenerfüllung zu zahlenden Pönale
- Verwendung der aus Pönalen stammenden Mittel
- Behandlung von Importstrom aus KWK-Anlagen
- Vermeidung einer Doppelförderung

Zur Erreichung der vorgegebenen CO₂-Minderungsziele durch KWK sollte das von der Bundesregierung angekündigte Quotenmodell für die Kraft-Wärme-Kopplung an den vermiedenen CO₂-Emissionen gegenüber einem Referenzsystem der getrennten Strom- und Wärmeerzeugung als Effizienzkriterium ansetzen. Für die Festlegung des Referenzsystems gibt es kein objektives Kriterium, sondern allenfalls eine fachlich begründete politische Festlegung. So könnte ein statisches Referenzsystem bezogen auf Neuanlagen gewählt werden oder ein dynamisches Referenzsystem mit einer Zielorientierung hinsichtlich der Kyoto-Minderungsziele. Die Unterschiede zwischen den beiden Modellen sind nicht gravierend, so dass hier eine Entscheidung herbeigeführt werden können sollte, insbesondere auch deshalb, weil mit dem CO₂-Monitoring der freiwilligen Selbstverpflichtungserklärung der deutschen Industrie zum Klimaschutz schon eine langjährige Praxiserfahrung vorhanden ist.

Bezogen auf ein derart festgelegtes Referenzsystem werden dann die vermiedenen CO₂-Emissionen durch KWK-Anlagen entsprechend der AGFW-Definition ermittelt. Diese vermiedenen CO₂-Emissionen werden in ein Zertifikatshandelsmodell integriert, wobei neben den vermiedenen CO₂-Emissionen direkt als Messgröße auch indirekt der sogenannte Zero-CO₂-Strom Verwendung finden kann. In der entsprechenden Höhe erhält dann der KWK-Betreiber entsprechende KWK-Bons. Wird diese neue KWK-Förderung über KWK-Bons, wie zumeist vorgeschlagen, an den Stromabsatz gekoppelt, so ist bei jeder Stromabgabe an Endverbraucher die Mindestmenge an Zertifikaten für das erwünschte Produkt, die vermiedene CO₂-Emission, zu erreichen. Dieser Zertifikatsanteil entspricht der vorgegebenen Gesamtmenge an Zertifikaten geteilt durch die gesamte Stromabgabe im Bundesgebiet. Bei einer vorgegebenen Menge an KWK-Bons von z. B. 23 Mio. t und einer möglichen Stromabgabe nach /Prognos, EWI 1999/ von 532 TWh würde sich damit ein Quotient für KWK-Bons von 0,043 kg/kWh ergeben. Zu beachten ist, dass auch die Höhe des technologiebezogenen CO₂-Minderungsziels eine politische Festlegung darstellt. Bei einer Einbeziehung der Altanlagen – die eine Wahlmöglichkeit zwischen der Förderung über das KWK-Vorschaltgesetz oder über die KWK-Klimaschutzsertifikate haben sollten – ist der Wert entsprechend auf 0,053 kg/kWh zu erhöhen.

Der Vorteil einer solchen Regelung liegt darin, dass besonders CO₂-effiziente KWK-Anlagen, also solche mit einer hohen CO₂-Einsparung auch besonders von einem mit den

KWK-Bons verbundenen Zertifikatshandel profitieren. Hierdurch wird ein hoher Anreiz gegeben, Anlagen – sowohl bestehende, als auch Neuanlagen – zu verbessern sowie bei Neuanlagen auf einen hohen technischen Stand zu achten.

Die Ausgabe der Zertifikate kann durch die Betreiber zertifizierter Anlagen selbst zu beliebigen Zeitpunkten im Jahr erfolgen. Nach Ablauf des Betrachtungsjahres wird anhand der Brennstoff-, Strom- und Wärmemengen von der Zertifizierungsinstanz geprüft, ob die Anzahl der vom Betreiber ausgegebenen KWK-Bons mit der Menge der vermiedenen CO₂-Emissionen übereinstimmt. Ist die Anzahl der ausgegebenen Bons höher als die CO₂-Vermeidungsmenge, so ist vom Betreiber eine Pönale für die zuviel ausgegebenen Bons zu entrichten. Kleinbetreiber können sich zusammenschließen oder aber ihre Zertifikate an einen größeren Zwischenhändler gegen ein Entgelt abgeben. Dadurch werden die Transaktionskosten für die Kleinbetreiber gering gehalten. Der Handel mit Zertifikaten kann bilateral zwischen den KWK-Betreibern und den Verpflichteten erfolgen. Um eine größere Markttransparenz zu erzielen, empfiehlt es sich jedoch, an einer der deutschen Strombörsen einen börsennotierten Zertifikatshandel einzuführen. Bei einem kontinuierlichen Handelsmodell steigt der mittlere Zertifikatspreis über den Bilanzierungszeitraum bis zum Erfüllungszeitpunkt der Quote mit dem Marktzins an, solange an dem Markt auch Futures gehandelt werden. Durch ein solches Handelsmodell für die Zertifikate werden erratische Preisschwankungen zum Ende einer Abrechnungsperiode verhindert.

In der Diskussion um die Preisbildung von Zertifikaten taucht oft die Forderung auf, einen Mindestpreis für die Zertifikate vorzusehen. Da jedoch im vorliegenden Fall der KWK-Bons auf dem Zertifikatsmarkt ein Gut gehandelt wird, welches für die Nachfrager an diesem Markt ein notwendiges Gut darstellt, um nicht eine Pönale zahlen zu müssen, wird die Nachfrage bereits zu Beginn der Abrechnungsperiode größer als Null sein und somit zu einem positiven Preis führen. Somit bedarf es keines Mindestpreises. Demgegenüber wird eine Preisobergrenze der Zertifikate durch eine vorgesehene Pönale („Ersatzabgabe“, „Zwangsgeld“ oder „Ordnungsgeld“) vorgegeben, welche bei Nichterfüllung der Zertifikatspflicht anfällt. Die Ermittlung des Werts für die Pönale kann hier entweder aus vorliegenden Untersuchungen zu Klimaschutzstrategien für Deutschland abgeleitet werden oder er kann aus Überlegungen ermittelt werden, welchen Zuschuß KWK-Anlagen derzeit bzw. zukünftig für einen wirtschaftlichen Betrieb benötigen. Letztendlich bleibt aber auch dies eine politische Entscheidung. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Höhe der Pönale auch abhängig sein sollte von der Festlegung des Referenzsystems.

Durch ein so ausgestaltetes Zertifikatshandelsmodell für KWK-Bons können bereits Erfahrungen gesammelt werden, welche für die Einführung eines allgemeinen CO₂-Zertifikatehandelsmodells nützlich sind. Weiterhin bereitet die Einführung eines Modells von KWK-Klimaschutzzertifikaten auf eine EU-weite Einführung eines CO₂-Zertifikatehandels vor. Hier ist im Grünbuch zum Handel mit Treibhausgasemissionen in der Europäischen Union vorgeschlagen worden, zunächst mit einer Handelsverpflichtung der Großemittenten zu beginnen und mittelfristig zu einem CO₂-Gesamtzertifikat überzugehen. Führt man nun ein

allgemeines CO₂-Zertifikatehandelsmodell ein, das dann aber nicht mehr an den vermiedenen CO₂-Emissionen (d. h. einer Untergrenze für ein erwünschtes Produkt), sondern an den emittierten CO₂-Emissionen (d. h. einer Obergrenze für ein unerwünschtes Produkt) ansetzt, so würde die Bonifizierung vermiedener CO₂-Emissionen für KWK-Anlagen durch KWK-Bons wegfallen. Wenn für die produzierten Mengen an Strom und Wärme bei den KWK-Anlagen weniger Zertifikate gekauft werden müssen als bei konkurrierenden Anlagen der getrennten Erzeugung, behalten diese KWK-Anlagen jedoch eine relativ verbesserte Wettbewerbssituation gegenüber einer Situation ohne jegliche Regelung.

Zwischen der Einführung der KWK-Bons für die vermiedenen CO₂-Emissionen und dem allgemeinen CO₂-Zertifikatehandel sind auch mehrere Zwischenstufen denkbar. So könnte schrittweise der Geltungsbereich der KWK-Bons erweitert werden, z. B. über die Einbeziehung der regenerativen Energien – womit dann das Erneuerbaren Energien Gesetz aufgegeben werden könnte – oder weiterer Maßnahmen im Bereich der (Kondensations-)Stromerzeugung oder im Wärmemarkt. Hiermit kann für die KWK das Problem einhergehen, dass dann der Zertifikatepreis niedriger ausfallen kann als bei einer alleinigen Berücksichtigung des KWK-Bereichs. Dies gilt um so mehr, wenn mit der Erweiterung des Geltungsbereiches auch eine Verschärfung des Referenzsystems einherginge. Jedoch sollte sich die KWK diesem erweiterten Wettbewerb um Klimaschutzzertifikate, sogenannte K-Bons, stellen, da dies ein Weg zu einem kosteneffizienten Klimaschutz sein kann. Hierzu will die KWK ja auch einen entscheidenden Beitrag leisten können.

Des Weiteren ist es auch möglich, nicht nur die vermiedenen CO₂-Emissionen zu berücksichtigen, sondern gleich bei den energiebedingten Treibhausgasen, d. h. unter Einbeziehung von CH₄ und N₂O, anzusetzen. Hierzu muss für das Referenzsystem eine entsprechende Formulierung in kg CO₂-Äquivalenten, ermittelt über das Global Warming Potential (GWP), erfolgen und für die KWK-Anlagen sind zusätzlich auch die CH₄- und N₂O-Emissionen während des Betriebes zu erfassen.

Schließlich sollte auch noch die Konsistenz mit anderen Fördermaßnahmen gegeben sein und eine Doppelförderung sollte vermieden werden.

Literaturverzeichnis

/AGFW 2000a/

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

/AGFW 2000b/

AGFW Arbeitsgemeinschaft Fernwärme e. V. bei der Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke: Zertifizierung von KWK-Anlagen, Entwurfsfassung zum Arbeitsblatt FW 308, Frankfurt, 2000

/Apfelstedt, 1999/

Apfelstedt, G.: Quotenregelung: Mindestanteilskaufpflicht für Ökoenergie als Umweltstandard. In: Fernwärme International, Heft 6, 1999, S. 16 ff.

/Arbeitsgruppe KWK 2000/

Arbeitsgruppe KWK (VKU, VIK, VDMA, BUND, FG-BHKW, e⁵, IPP's, AGFW, ÖTV): Grundsatzpapier zur Kraft-Wärme-Kopplung in Deutschland, September 2000

/Blesl u. a. 2000a/

Blesl, M., N. Dicke, U. Fahl und A. Voß : Fördermodelle für die KWK-Technik, Arbeitspapier im Rahmen des von der Stiftung Energieforschung Baden-Württemberg geförderten Vorhabens „Auswirkungen der Liberalisierung des Energiemarktes auf die Kraft-Wärme-Kopplung und die Fernwärmeversorgung in Baden-Württemberg“, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart, Stuttgart, 2000

/Blesl u. a. 2000b/

Blesl, M., U. Fahl und A. Voß : Bestandsanalyse der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) in der Bundesrepublik Deutschland, Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi), Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart, Stuttgart, 2000

/DIW 2000/

DIW: Elemente eines Quotenmodells zur Förderung des Ausbaus ökologisch effizienter Kraft-Wärme-Kopplung, Arbeitspapier, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin, November 2000

/Feess 1998/

Feess, E.: Umweltökonomie und Umweltpolitik, 2. Auflage, München; Vahlen, 1998

/Matthes, Cames 2000/

Matthes, F. C. und M. Cames: Energiewende 2020: Der Weg in eine zukunftsfähige Energiewirtschaft; Eine Studie des Öko-Instituts, hrsg. von der Heinrich-Böll-Stiftung, Berlin, 2000

/Nitsch u. a. 2000/

Nitsch, J., M. Nast und F. Staiß: Quoten für erneuerbare Energien im Wärmemarkt. In: Fernwärme International, Heft 4, 2000

/Prognos/EWI 1999/

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

/Tinbergen 1968/

Tinbergen, J.: Wirtschaftspolitik, Rombach, Freiburg, 1968

/Traube, Riedel 1998/

Traube, K. und M. Riedel: Quoten-/Zertifikatsmodell zur Förderung des Ausbaus der Elektrizitätserzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung. In: Zeitschrift für neues Energierecht (ZNER), Heft 2, 1998

/Wuppertal Institut u. a. 2000/

Wuppertal Institut (Projektleitung): Instrumente zum Klimaschutz in einem liberalisierten Energiemarkt unter besonderen Berücksichtigung der KWK, Arbeitsgemeinschaft Wuppertal Institut, Bremer Energie Institut, Dr. Tolle Consulting, BET Aachen, Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes, Wuppertal, 2000

Tabellenanhang

Brennstoffeinsatz (AG Energiebilanzen)

Energieträger	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997*	1998*	1999*
Energieverbrauch in PJ										
Steinkohle	1269	1354	1287	1322	1307	1334	1369	1284	1363	1272
Braunkohlen	1797	1679	1618	1530	1504	1445	1433	1389	1345	1328
Übrige feste Brennstoffe	64	64	67	67	73	64	64	67	73	79
Heizöl	108	126	111	79	76	73	79	53	47	38
Gase	434	416	369	363	410	443	454	489	501	504
darunter: Naturgase	337	325	281	284	325	343	375	384	393	396
Wasser-/Windkraft ¹⁾²⁾	76	70	79	82	82	94	94	85	88	94
Kernenergie ¹⁾	1665	1609	1732	1673	1650	1682	1764	1858	1764	1852
Insgesamt	5413	5319	5264	5117	5103	5135	5258	5226	5182	5167
¹⁾ Berechnungen auf der Basis des Wirkungsgradansatzes. ²⁾ Windkraft von 1995 an. Abweichungen in den Summen durch Rundungen. *) Vorläufige Angaben; Stand: 31.07.2000 Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen 7/00										

Nettostromerzeugung (VDEW / BMWi)

Energieträger	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997*	1998* ¹⁾	1999* ¹⁾
Elektrizitätserzeugung in TWh										
Wasserkraft	19,4	18,3	20,9	21,2	22,2	23,7	21,1	20,3	20,9	23,2
Kernenergie	143,8	139,6	150,3	145,1	143,0	145,8	153,1	161,3	153,0	160,5
Braunkohlen	149,1	144,5	140,9	134,3	133,1	129,7	131,8	128,7	127,8	123,8
Steinkohle	130,4	138,4	131,0	134,8	133,4	134,8	139,7	130,4	140,0	131,4
Heizöl	10,3	11,8	10,4	7,7	7,6	7,1	6,3	5,2	4,7	4,1
Erdgas	39,7	32,9	29,9	29,7	32,8	36,5	47,4	49,9	55,2	58,1
Sonstige	13,0	12,7	12,9	12,6	14,3	15,0	8,2	9,0	11,9	12,3
Insgesamt	505,6	498,1	496,3	485,5	486,5	492,7	507,6	504,8	513,5	513,3
¹⁾ ohne private Einspeiser Abweichungen in den Summen durch Rundungen. *) z. T. vorläufige Angaben										

Nettojahrensnutzungsgrad

Energieträger	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999*
Jahrensnutzungsgrad in %										
Kernenergie	31,1	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,3	31,2	31,2
Braunkohlen	29,9	31,0	31,3	31,6	31,9	32,3	33,1	33,3	34,2	33,6
Steinkohle	37,0	36,8	36,6	36,7	36,7	36,4	36,7	36,6	37,0	37,2
Heizöl	34,0	33,6	33,5	35,1	35,8	34,8	28,7	35,4	36,3	38,6
Erdgas	42,4	36,4	38,3	37,7	36,3	38,4	45,5	46,8	50,6	52,8
Sonstige	49,2	49,3	51,9	53,2	54,7	54,1	44,5	40,9	43,8	45,4
Insgesamt	33,6	33,7	33,9	34,2	34,3	34,5	34,8	34,8	35,7	35,8
Fossile	33,8	33,8	34,1	34,3	34,4	34,7	36,0	36,4	37,5	37,7
Steinkohle, Heizöl, Erdgas	37,9	36,5	36,7	36,8	36,6	36,7	38,2	38,8	39,9	40,9

CO₂-Emissionen

Energieträger	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998 ^{b)}	1999*
CO ₂ -Emissionen in Mio. t										
Braunkohlen	199,4	186,4	179,6	169,8	166,9	160,4	159,1	154,2	149,3	147,4
Steinkohle	116,8	124,6	118,4	121,6	120,3	122,7	125,9	118,1	125,4	117,0
Heizöl	8,2	9,6	8,5	6,0	5,8	5,6	6,0	4,0	3,6	2,9
Erdgas	18,9	18,2	15,8	15,9	18,2	19,2	21,0	21,5	22,0	22,2
Sonstige Gase/Müll	8,5	8,1	7,9	7,3	7,7	8,7	7,3	9,1	9,3	9,3
Insgesamt	351,8	346,9	330,1	320,7	318,9	316,5	319,4	306,9	309,5	298,7
Fossile	351,8	346,9	330,1	320,7	318,9	316,5	319,4	306,9	309,5	298,7
Steinkohle, Heizöl, Erdgas	143,9	152,4	142,6	143,5	144,3	147,5	152,9	143,6	150,9	142,1

CO₂-Emissionen bezogen auf die Nettostromerzeugung

Energieträger	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Spezifische CO ₂ -Emissionen in kg je kWhel										
Braunkohlen	1,338	1,290	1,275	1,264	1,254	1,236	1,207	1,199	1,168	1,191
Steinkohle (Sk)	0,896	0,900	0,904	0,902	0,901	0,910	0,901	0,906	0,896	0,890
Heizöl (Hö)	0,804	0,814	0,816	0,779	0,764	0,787	0,955	0,774	0,754	0,708
Erdgas (Eg)	0,475	0,554	0,527	0,535	0,556	0,526	0,443	0,431	0,399	0,381
Sonstige	0,654	0,641	0,612	0,585	0,539	0,578	0,895	1,012	0,779	0,755
Kraftwerke insgesamt	0,696	0,696	0,665	0,661	0,656	0,642	0,629	0,608	0,603	0,582
Fossile Kraftwerke	1,027	1,020	1,015	1,005	0,993	0,979	0,958	0,950	0,912	0,906
Sk., Hö., Eg.-Kraftwerke	0,798	0,832	0,833	0,833	0,830	0,826	0,791	0,774	0,755	0,734