

**Bewertung der
Wärmeerzeugung in
KWK-Anlagen und
Biomasse-Heizsystemen**

Autor: Nikolaus Diefenbach

Institut Wohnen und Umwelt
Darmstadt, November 2002

ISBN-Nr. 3-932074-58-0

IWU-Bestellnr. 08/02

Einführung

Die ökologische Bewertung sowohl von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen als auch von Anlagen mit Biomassefeuerung kann je nach Ansatz zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen führen. Die Vornorm DIN V 4701-10, die eine wesentliche Berechnungsgrundlage der neuen Energieeinsparverordnung darstellt, wird der Problematik bisher nicht in angemessener Weise gerecht. So wird bei Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen die Stromgutschriftmethode angewendet, die nach Ansicht des Autors eine Überbewertung der erreichten Energieeinspareffekte auf der Wärmeseite bewirkt.

Es wird ein alternatives Verfahren vorgestellt, das den Gesamtbeitrag der KWK-Anlage zum Klimaschutz auf der Wärme- und auf der Stromseite gleichermaßen berücksichtigt. Für die Bewertung von Biomasse-Heizungen wird ein Lösungsweg vorgeschlagen, der der Eigenschaft der Biomasse als ein regenerativer Energieträger mit stark begrenztem Potential gerecht wird.

Bewertungsproblem Kraft-Wärme-Kopplung

In Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK-Anlagen) wird aus einem *einzigem* Verbrennungsprozess ein *doppelter* Nutzen gezogen, indem gleichzeitig die beiden Produkte Wärme und Strom gewonnen werden.

Damit stellt sich die Frage, wie der auftretende Brennstoffverbrauch den beiden Produkten zugeordnet werden kann. Eine Antwort ist insbesondere dann notwendig, wenn die KWK-Anlage allein in ihrer Eigenschaft als Wärmeerzeugungssystem ökologisch bewertet und mit anderen Wärmeerzeugern verglichen werden soll. Ebenso entsteht dieses Problem bei Betrachtung der KWK-Anlage als Stromerzeugungsanlage.

Ein aktuelles Beispiel ist die Energieeinsparverordnung [1]: Die bei Neubauten einzuhaltenen Grenzwerte beziehen sich auf den Primärenergiebedarf für die Heizung und die Warmwasserversorgung. Neben dem Wärmeschutzstandard des Gebäudes gehen auch die Eigenschaften der Wärmeversorgung in die Bewertung ein. Erfolgt diese mittels KWK-Anlagen, so steht man genau vor dem beschriebenen Problem.

DIN V 4701-10: Anwendung der Stromgutschriftmethode

In der Vornorm DIN V 4701-10 vom Februar 2001, auf die die Energieeinsparverordnung Bezug nimmt, werden Berechnungsvorschriften für die Ermittlung der primärenergetischen Effizienz von Wärmeversorgungssystemen mit KWK-Anlagen angegeben¹. Die Zuordnung des Primärenergiebedarfs zum Produkt Wärme erfolgt nach der Stromgutschriftmethode. Dabei wird zunächst die Primärenergie ermittelt, die im angenommenen „Strommix“ der allgemeinen Stromversorgung aufgewendet werden müsste, um die gleiche elektrische Energie zu erzeugen wie die KWK-Anlage. Subtrahiert man diesen Wert von dem Primärenergieinhalt des Gesamtbrennstoffbedarfs der KWK-Anlage, so erhält man den Primärenergieanteil, der der Wärmeerzeugung zugerechnet wird [2]. Der Stromerzeugung der KWK-Anlage wird damit folglich der Primärenergieverbrauch des Strommixes zugeordnet, denn im Sinne einer lückenlosen Bilanzierung ist der Gesamt-Primärenergieeinsatz vollständig auf die beiden Produkte aufzuteilen.

¹ Gemeint sind hier die grundlegenden Berechnungsvorschriften des ausführlichen Verfahrens der Norm. Zu dem in Anhang C genannten Primärenergiefaktor von 0,7 für Nah-/Fernwärme aus KWK ist ergänzend anzumerken, dass eine derart allgemeine Angabe ohne Bezug zur Effizienz und vor allem auch zum Deckungsanteil der Kraft-Wärme-Kopplung als zu pauschal erscheint.

Bei der Stromgutschriftmethode kann es häufig vorkommen, dass der Wärmeerzeugung ein Brennstoffaufwand von Null oder sogar ein negativer Wert zugeschrieben wird². Dies tritt ein, wenn der elektrische Nutzungsgrad der KWK-Anlage den Nutzungsgrad des Strommixes erreicht bzw. überschreitet. Auch wenn ein solcher Fall nicht vorliegt, führt das Verfahren dazu, dass übliche KWK-Anlagen als die Kombination einer durchschnittlichen Stromerzeugungsanlage und einer hervorragenden Wärmeerzeugungsanlage beschrieben werden.

Kritik der Gutschriftmethode

An dieser Stelle muss die Kritik an dem gewählten Verfahren einsetzen: KWK-Anlagen werden so bewertet, als seien sie gleichzeitig effektive und ineffektive Energieerzeugungsanlagen, je nach betrachtetem Produkt. Angesichts der langfristigen Klimaschutzziele und der damit verbundenen Notwendigkeit, den Brennstoffverbrauch *sowohl* bei der Wärme- *als auch* bei der Stromversorgung erheblich zu reduzieren, kann eine solche Bewertung nicht als sinnvoll erscheinen. Entscheidend ist vielmehr die Frage, inwieweit die Anlage insgesamt zur Steigerung der Brennstoffeffizienz in der Energiewirtschaft beiträgt, d.h. in welchem Umfang sie uns insgesamt auf dem Weg zur Erreichung der Klimaschutzziele voranbringt³.

Eine Interpretation der Kraft-Wärme-Kopplung als mittelmäßige Strom- und hervorragende Heizungsanlage kann zu erheblichen Fehlsteuerungen führen: Ordnet man der Wärmeerzeugung in bestimmten KWK-Anlagen tatsächlich einen Brennstoffeinsatz von Null (oder fast Null) zu, so spielt für die versorgten Gebäude der Wärmebedarf überhaupt keine Rolle mehr: Egal ob ein schlecht oder gut gedämmtes Gebäude vorliegt, rechnerisch tritt (fast) kein Brennstoffverbrauch auf. Dies könnte man sonst nur in einer solaren Energiewirtschaft erreichen. Eine solche Bewertung steht mit der Tatsache im Widerspruch, dass insgesamt gesehen keineswegs eine vollständig klimaverträgliche Lösung vorliegt, denn bei der Stromerzeugung bringt die Anlage ja nach der gewählten Interpretation keinen Fortschritt gegenüber dem Strommix. Zukunftsweisende Konzepte wie z.B. Passivhäuser mit ihrem extrem geringen Heizwärmebedarf von 15 kWh pro m² Wohnfläche und Jahr, mit denen sich auf dem Wärmesektor tatsächlich nachhaltige Lösungen verwirklichen lassen, werden durch die Stromgutschriftmethode in ungerechtfertigter Weise gegenüber KWK-Anlagen benachteiligt.

Für die Energieeinsparverordnung in ihrer gegenwärtigen Fassung spielt dies noch keine entscheidende Rolle, da der neben dem Primärenergiebedarf ebenfalls einzuhaltende Transmissionswärmeverlust des Gebäudes keine beliebige Verschlechterung des Wärmeschutzes durch Verbesserung der Wärmeversorgungstechnik zulässt und ohnehin das Anforderungsniveau noch weit von den Notwendigkeiten des Klimaschutzes entfernt ist [3]. Es ist aber zu bedenken, dass der Primärenergiebedarf voraussichtlich die Leitgröße zukünftiger Energiespardiskussionen und -konzepte sein wird, da er eine umfassende Bewertung des Gesamtsystems aus Gebäude und Wärmeversorgung ermöglicht⁴. Aktuelles Beispiel ist das CO₂-Minderungsprogramm der Kreditanstalt für Wiederaufbau: Hier werden u.a. Gebäude mit sehr niedrigen Primärenergiebedarfswerten von 40 bzw. 60 kWh pro m² Gebäudenutzfläche und Jahr mit

² Speziell in der DIN V 4701-10 wird ein negativer rechnerischer Primärenergiebedarf durch Nullsetzen des entsprechenden Wertes vermieden.

³ Hier wird statt des Primärenergiebedarfs die Aufteilung des Brennstoffbedarfs (unterer Heizwert der Brennstoffe) diskutiert. Beide Betrachtungen sind in etwa gleichwertig, da der Primärenergieeinsatz bei den im vorliegenden Zusammenhang wichtigsten Brennstoffen Öl, Erdgas und Steinkohle gleichermaßen um 10 % über dem Brennstoffeinsatz liegt (s. DIN V 4701-10).

⁴ Es ist zu beachten, dass es grundsätzlich nicht vorstellbar ist, mit einer einzigen Bewertungsgröße allen mit dem Energieverbrauch verbundenen Problemen und allen in konkreten Entscheidungssituationen relevanten Aspekten gerecht zu werden. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die hier diskutierte KWK-Problematik [4]. Die Rückführung der komplexen realen Situation auf einfache Bewertungsansätze erscheint dennoch notwendig, um eine transparente Energiespardiskussion überhaupt erst zu ermöglichen.

erheblichen zinsvergünstigsten Kreditbeträgen gefördert. Die Berechnung der Primärenergie erfolgt nach dem Verfahren der Energieeinsparverordnung, also auch auf Basis der DIN V 4701-10.

Vor diesem Hintergrund erscheint es als äußerst problematisch, in der Norm ein Verfahren festzuschreiben, bei dem der berechnete Primärenergiebedarf keine Antwort auf die Frage gibt, ob eine klimaverträgliche oder nicht klimaverträgliche Gesamtlösung vorliegt. Es muss also über andere Ansätze nachgedacht werden.

Dabei sollte man sich zunächst über einen wesentlichen Punkt Klarheit verschaffen: Bei der Zuordnung des Brennstoffverbrauchs der KWK-Anlage auf die Produkte Wärme und Strom handelt es um ein Bewertungsproblem, d.h. es gibt keine naturwissenschaftlich begründete Lösung. Die in der KWK-Anlage ablaufenden Prozesse und deren physikalische Beschreibung stehen in keiner Weise zur Diskussion. Deshalb geht der Versuch, unterschiedliche Bewertungsverfahren danach zu beurteilen, ob sie „physikalisch haltbar“ seien (vgl. [2]), am Kern der Problematik vorbei. Es muss vielmehr gefragt werden, ob ein Verfahren in dem vorliegenden Kontext, nämlich der beabsichtigten ökologischen Bewertung der Kraft-Wärme-Kopplung, eine angemessene Lösung bietet.

Alternatives Bewertungsverfahren

Insbesondere muss man sich darüber klarwerden, nach welchen Grundsätzen die Bewertung erfolgen soll. Der wichtigste Ansatzpunkt, der im vorliegenden Aufsatz vertreten wird, wurde bereits oben genannt: Das Bewertungsverfahren muss die Auswirkungen widerspiegeln, die die KWK-Anlage insgesamt auf die Brennstoffeffizienz der Energieversorgung hat. Auf Grundlage des Effizienzfortschritts, der sich durch die Nutzung des Prinzips der Kraft-Wärme-Kopplung ergibt, sollte die Anlage also als die Kombination einer effizienten Wärmeerzeugungsanlage und einer gleichermaßen effizienten Stromerzeugungsanlage beschrieben werden.

Es stellt sich nun die Frage, gegenüber welchem Referenzfall der Effizienzfortschritt bestimmt werden soll. Hier liegt es nahe, sich an der allgemeinen Klimaschutzdebatte zu orientieren. Bei der Festlegung von Klimaschutzziele wird in der Regel von dem Basisjahr 1990 ausgegangen. Die von der Bundesregierung formulierten CO₂-Minderungsziele und das Kyoto-Protokoll beziehen sich auf dieses Jahr. Im vorliegenden Fall ist also der Effizienzfortschritt als die prozentuale Brennstoffeinsparung zu ermitteln, die sich durch Einsatz der KWK-Anlage gegenüber einer Produktion der selben Mengen an Strom und Wärme in einer Referenz-Stromerzeugungsanlage und einer Referenz-Wärmeerzeugungsanlage des Jahres 1990 ergibt.

Diese Referenzbetrachtung dient nicht der Beantwortung der Frage, ob z.B. eine neu zu errichtende KWK-Anlage im Einzelfall die beste Lösung darstellt. Dazu muss sie mit den jeweiligen Versorgungsalternativen, also in der Regel mit aktuellen und im Vergleich zu 1990 effizienteren Energiesystemen, verglichen werden. Wenn ein solcher Vergleich aber aus der isolierten Perspektive der Wärme- bzw. der Stromerzeugung erfolgen soll, muss dazu erst das hier behandelte Problem der Aufteilung des Brennstoffbedarfs gelöst sein⁵. Der gegenüber

⁵ Dies ist der entscheidende Unterschied zu dem in [5] vorgestellten Verfahren. Auch dort wird als maßgebliches Bewertungskriterium die prozentuale Einsparung gegenüber einem Referenzfall verwendet, die durch die Gesamtanlage bei der Wärme- und Stromerzeugung erreicht wird. Es liegt also vom Grundsatz her ein verwandter Ansatz vor. Allerdings ist ein anderer Kontext gegeben: Anders als hier wird immer eine Gesamtbewertung der KWK-Anlage angestrebt und keine getrennte Analyse der Wärme- bzw. Stromerzeugung vorgenommen. Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass in [5] als Maß für die ökologische Relevanz nicht der Brennstoffverbrauch, sondern die CO₂-Emissionen verwendet werden. Dies ist auch aus Sicht des Klimaschutzes nicht unbedingt die bessere Betrachtungsweise, da die damit verbundene Bevorzugung kohlenstoffarmer Energieträger aus Gründen der Ressourcenverfügbarkeit ein Problem darstellt.

1990 definierte Effizienzfortschritt dient dabei als Hilfsgröße, indem er ein Maß dafür liefert, wieviel die KWK-Anlage insgesamt zur Ablösung der alten, klimaschädlichen Energiewirtschaft durch eine neue, nachhaltige Energieversorgung beiträgt.

Auf dieser Grundlage kann die KWK-Anlage als Kombination einer Wärme-erzeugungsanlage und einer Stromerzeugungsanlage beschrieben werden, die gleichwertig sind, d.h. jeweils in ihrem Bereich den gleichen Effizienzfortschritt erreichen, den die KWK-Anlage als Ganzes erzielt. Wenn also beispielsweise die KWK-Anlage eine Brennstoffeinsparung von 35 % gegenüber der ungekoppelten Erzeugung in den Referenzanlagen erreicht, so ist sie als eine Wärme-erzeugungsanlage zu betrachten, deren Brennstoffbedarf 35 % niedriger ist als derjenige der Referenz-Wärmeerzeugungsanlage des Jahres 1990. Genauso entspricht die KWK-Anlage einer Stromerzeugungsanlage, die 35 % besser ist als das Referenzkraftwerk des Jahres 1990. Damit ist ein Schema für die Aufteilung des Brennstoffbedarfs von KWK-Anlagen auf die Produkte Wärme und Strom definiert.

Bestimmungsgleichungen für die zugeordneten Nutzungsgrade der Wärme- und Stromerzeugung

Das beschriebene Bewertungsschema lässt sich in Form von Bestimmungsgleichungen darstellen [4]. Als Ergebnis werden hier die Effizienzwerte angegeben, die der Kraft-Wärme-Kopplungsanlage im Falle einer isolierten Betrachtung als Wärme- bzw. als Stromerzeugungsanlage zugeordnet werden. Diese sind definiert als die in der Anlage produzierte Wärmemenge bzw. elektrische Energie geteilt durch den jeweils zugerechneten Brennstoffanteil. Sie sind somit Nutzungsgraden vergleichbar und sollen hier als der „zugeordnete“ Wärme- bzw. Stromerzeugungsnutzungsgrad der KWK-Anlage $\zeta_{\text{Wärme,KWK}}$ bzw. $\zeta_{\text{Strom,KWK}}$ bezeichnet werden. Auf Grundlage einiger pauschaler Annahmen ergibt sich folgender Zusammenhang (s. auch Kasten):

$$\zeta_{\text{Wärme,KWK}} = \zeta_{\text{th,KWK}} + 2,5 \cdot \zeta_{\text{el,KWK}}$$

$$\zeta_{\text{Strom,KWK}} = \zeta_{\text{el,KWK}} + \frac{1}{2,5} \cdot \zeta_{\text{th,KWK}}$$

mit:

$\zeta_{\text{th,KWK}}$: Thermischer Jahresnutzungsgrad der KWK-Anlage
(= erzeugte Wärmemenge dividiert durch den Gesamt-Brennstoffeinsatz)

$\zeta_{\text{el,KWK}}$: Elektrischer Jahresnutzungsgrad der KWK-Anlage
(= erzeugte elektrische Energie dividiert durch den Gesamt-Brennstoffeinsatz)

Betrachtet man als Beispiel ein Blockheizkraftwerk mit $\zeta_{\text{th,KWK}}=0,55$ und $\zeta_{\text{el,KWK}}=0,34$, so erhält man für die bewerteten Größen: $\zeta_{\text{Wärme,KWK}}=1,40$ und $\zeta_{\text{Strom,KWK}}=0,56$. Mit dem zugeordneten Nutzungsgrad von 140 % liegt die Anlage deutlich oberhalb gängiger Wärme-erzeugungssysteme. Entsprechende Werte ließen sich beispielsweise durch Gasmotorwärmepumpen oder durch die Kombination von Heizkesseln (Nutzungsgrade ca. 90 % bis 100 %) mit Solaranlagen erreichen, wobei erhebliche solare Deckungsgrade in der Größenordnung von 30 % bis 35 % notwendig wären. Bei der Stromerzeugung ist der zugeordnete Nutzungsgrad von 56 % den Werten moderner Erdgas-GUD-Kraftwerke vergleichbar. Das Blockheizkraftwerk wird also als die Kombination eines fortschrittlichen Wärme- und eines fortschrittlichen Stromerzeugungssystems beschrieben.

Bei einer Umsetzung dieses Bewertungsansatzes in der Systematik der DIN V 4701-10 wäre Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen die vom thermischen und elektrischen Nutzungsgrad abhängige Wärmeerzeugungsaufwandszahl $e_{g,KWK}=1/\zeta_{Wärme,KWK}$ zuzuordnen (Im vorliegenden Beispiel ergäbe sich: $e_{g,KWK}= 0,71$). Zur Ermittlung des Primärenergiebedarfs wäre der Primärenergiefaktor des jeweils verwendeten Brennstoffs heranzuziehen.

Allgemeine Form des vorgeschlagenen Bewertungsverfahrens für KWK-Anlagen

Eine „Übersetzung“ des vorgeschlagenen Bewertungsverfahrens in Bestimmungsgleichungen für die zugeordneten Erzeugungsnutzungsgrade $\zeta_{Wärme,KWK}$ und $\zeta_{Strom,KWK}$ führt nach der in [4] gegebenen Herleitung zunächst auf folgende Beziehung:

$$\zeta_{Wärme,KWK} = \zeta_{th,KWK} + \gamma \cdot \zeta_{el,KWK}$$

$$\zeta_{Strom,KWK} = \zeta_{el,KWK} + \frac{1}{\gamma} \cdot \zeta_{th,KWK}$$

Die Größe γ berechnet sich dabei nach folgender Gleichung:

$$\gamma = \frac{\zeta_{Wärme,Ref}}{\zeta_{Strom,Ref} \cdot \zeta_{Wärme,V}}$$

mit:

- $\zeta_{Wärme,Ref}$: Nutzungsgrad der Referenz-Wärmeerzeugungsanlage (typischer Wert 1990)
- $\zeta_{Strom,Ref}$: Nutzungsgrad der Referenz-Stromerzeugungsanlage (typischer Wert 1990)
- $\zeta_{Wärme,V}$: Nutzungsgrad des zentralen Verteilungssystems, in das die von der KWK-Anlage erzeugte Wärme eingespeist wird.

Neben den Referenzwerten geht auch die Größe $\zeta_{Wärme,V}$ in die Berechnung von γ ein, weil die KWK-Anlage in der Regel in ein Nah- oder Fernwärmesystem einspeist, während für die zum Vergleich herangezogene Referenzanlage der Heizkessel einer Einzelhausheizung angenommen wurde. Unabhängig davon ist zu beachten, dass sich die Größen zur Beschreibung der KWK-Anlage $\zeta_{Wärme,KWK}$, $\zeta_{Strom,KWK}$, $\zeta_{th,KWK}$ und $\zeta_{el,KWK}$ auf die in der Anlage produzierten Energiemengen beziehen. Netzverluste auf dem Weg zum Endverbraucher sind hier noch nicht enthalten, sondern im jeweiligen Einzelfall gesondert zu berücksichtigen.

Das Bewertungsverfahren lässt sicherlich Spielräume zu, so dass einige pauschale Annahmen und Vereinfachungen möglich sind. In [4] werden $\zeta_{Wärme,Ref}=0,8$ und $\zeta_{Strom,Ref}= 0,35$ angesetzt. Mit dem Ziel, das Schema der Brennstoffaufteilung allein vom KWK-Aggregat abhängig zu machen, d.h. vom jeweils vorliegenden Verteilungssystem unabhängig zu sein, wird dort bei der Ermittlung von γ pauschal ein typischer Verteilungsnutzungsgrad von $\zeta_{Wärme,V}=0,9$ angenommen. Damit ergibt sich:

$$\gamma = \frac{0,8}{0,35 \cdot 0,9} \approx 2,5$$

Bewertungsproblem Biomasse

Auch die Wärmeerzeugung aus Biomasse wirft grundsätzliche Fragen auf, denn

A) Biomasse ist ein nachwachsender Rohstoff, d.h. ein regenerativer Energieträger und wäre darum mit einem Primärenergiefaktor⁶ $f_p \approx 0$ zu bewerten. Der zusätzlich zu berücksichtigende Primärenergiebedarf für Gewinnung und Transport des Brennstoffs fällt im allgemeinen nur gering ins Gewicht. Er ist je nach Art der Biomasse unterschiedlich⁷, grob gesprochen gilt aber $f_p \approx 0,1$.

B) Biomasse ist längerfristig gesehen ein knappes Gut. Das gesamte Biomassepotential in Deutschland kann nur überschlägig ermittelt werden. Es hängt unter anderem davon ab, inwieweit zukünftig gezielt Energiepflanzen angebaut werden. Unter Einbeziehung dieser Option kommen (vorläufige) Abschätzungen auf ein Potential von etwa 5 % des gegenwärtigen Primärenergiebedarfs in Deutschland⁸. Biomasse steht also nicht in beliebigen Mengen zur Verfügung, ein sparsamer Umgang mit diesem Energieträger ist notwendig. Dies widerspricht dem Ansatz „Primärenergiebedarf ≈ 0 “, denn nun wären ja z.B. an einem Gebäude mit Biomasse-Heizung keine besonderen Wärmeschutzmaßnahmen zur Erreichung eines beliebig niedrigen Primärenergiebedarfs notwendig. Insbesondere im Hinblick auf die Förderung besonders energieeffizienter Hauskonzepte wäre ein solcher Ansatz nicht sinnvoll⁹. Es existieren daher andere Bewertungskonzepte, die den Energieinhalt der Biomasse vollständig der Primärenergie zurechnen. Daraus resultieren Primärenergiefaktoren $f_p > 1$ (vgl. [9,10]).

Das Problem besteht nun darin, eine ausgewogene Lösung zu finden, die einen Kompromiss zwischen den beiden sich widersprechenden Aspekten A) und B) darstellt¹⁰.

Lösungsansatz: „Biomasse-Budget“

Der hier vorgestellte Lösungsansatz versucht, dem Problem der Biomasse von der Systematik her möglichst weitgehend gerecht zu werden. Er basiert auf folgender Überlegung: Wenn Biomasse einerseits ein umweltfreundlicher, regenerativer Energieträger und andererseits ein knappes Gut ist, so kann diesem Umstand Rechnung getragen werden, indem für den jeweiligen Anwendungsfall ein Biomasse-Budget festgelegt wird, welches sich an der längerfristigen Verfügbarkeit der Biomasse orientiert. So lange, wie dieses Budget noch nicht aufgebraucht ist, wird die Biomasse als regenerativer Energieträger behandelt ($f_p \approx 0,1$). Die An-

⁶Der Primärenergiefaktor im Sinne der DIN V 4701-10 ist der Primärenergiebedarf dividiert durch den Endenergiebedarf. Hier wäre die Endenergie der Heizwert der eingesetzten Biomasse.

⁷Nach Angaben in [6] lassen sich $f_p=0,01$ bis $f_p=0,16$ für Brennholz bzw. Holzpellets abschätzen.

⁸In [4] wird das Biomassepotential in Deutschland in Anlehnung an [7] zu knapp 200 TWh/a abgeschätzt (Heizwert des Biomasse-Brennstoffs). Davon entfällt knapp die Hälfte auf den Anbau von Energiepflanzen. Der Primärenergieverbrauch in Deutschland liegt bei knapp 4000 TWh [8].

⁹Auch hier kann das CO₂-Minderungsprogramm der KfW als aktuelles Beispiel genannt werden.

¹⁰In der DIN V 4701-10 ist die Bewertung der Biomasse bisher nur unvollständig gelöst. Für die Nah-/Fernwärmeversorgung aus Kraft-Wärmekopplungsanlagen bzw. Heizwerken, die mit „erneuerbarem Brennstoff“ betrieben werden, sind Primärenergiefaktoren von $f_p=0$ bzw. $f_p=0,1$ angegeben, die nach dem oben Gesagten zu niedrig angesetzt sind. Dagegen sind Biomasse-Einzelhausheizungen bisher überhaupt nicht erwähnt. Aus den laufenden Beratungen des zuständigen Ausschusses ist inzwischen bekannt geworden, dass hier in Zukunft offenbar $f_p=0,2$ angesetzt werden soll, zumindest für den Spezialfall von Holzpellettheizungen. Im Software-Instrument GEMIS des Öko-Instituts können fossile und regenerative Anteile des Primärenergiebedarfs getrennt ausgewiesen werden [6]. Eine abschließende Bewertung wird dem Nutzer damit offengehalten.

teile des Brennstoffbedarfs, die das Budget überschreiten, werden dagegen voll dem Primärenergiebedarf zugerechnet ($f_p \approx 1,1$).

Die Zuordnung des Biomassebudgets zum Anwendungsfall der Wärmeversorgung ist u.a. aufgrund der unsicheren Potentiale und zu berücksichtigender anderer Einsatzmöglichkeiten für die Biomasse (energetische und nicht-energetische Nutzung) nicht eindeutig möglich. Dennoch kann hier eine grobe Abschätzung zur Ermittlung eines ersten Anhaltswertes durchgeführt werden: Wenn man annimmt, dass die Hälfte des oben genannten heimischen Biomassepotentials, also ca. 100 TWh/a, für die Wärmeversorgung von Wohngebäuden zur Verfügung steht, so errechnet sich bei einer Gesamtwohnfläche in Deutschland von rund 3 Mrd m^2 [11] ein Budget von aufgerundet etwa 35 kWh pro m^2 Wohnfläche und Jahr für die Gebäude-Wärmeversorgung. Bezogen auf die in der Energieeinsparverordnung und in der DIN V 4701-10 verwendete „Gebäudenutzfläche“, die laut [3] 10-40 %, durchschnittlich also etwa 25 % größer ist als die tatsächliche Wohnfläche, ergeben sich aufgerundet ca. 30 kWh/ m^2 a.

Bis zu einem Brennstoffbedarf von 30 kWh/ m^2 a wäre Biomasse demnach als regenerativer Energieträger mit einem sehr kleinen Primärenergiefaktor zu bewerten ($f_p \approx 0,1$). Jede Kilowattstunde Mehrbedarf würde dagegen mit ihrem vollen Energieinhalt bei der Primärenergie zu Buche schlagen ($f_p \approx 1,1$)¹¹.

Dabei ist festzustellen, dass sich der Vorteil der Biomasse-Wärmeerzeugung um so stärker bemerkbar macht, je niedriger der Energiebedarf des Gebäudes ist: Für ein Gebäude mit einem Brennstoffbedarf für Heizung und Warmwasserbereitung von z.B. 100 kWh/ m^2 a ergäbe sich bei Einsatz von Öl oder Gas ($f_p=1,1$) ein Primärenergiebedarf von 110 kWh/ m^2 a (ohne elektrische Hilfsenergie). Bei dem selben Bedarf an Biomasse-Brennstoff errechnen sich ca. 80 kWh/ m^2 a (30 kWh/ m^2 a \times 0,1 + 70 kWh/ m^2 a \times 1,1). Der rechnerische Einspareffekt der Biomasse beträgt hier also etwas mehr als 25 %. Demgegenüber könnte ein Gebäude, das auf einen Brennstoffbedarf von nur 60 kWh/ m^2 a ausgelegt ist, seinen Primärenergiebedarf gegenüber einer fossilen Heizung mit 66 kWh/ m^2 a um rund 45 % auf 36 kWh/ m^2 a absenken.

Der vorgeschlagene Ansatz führt also zu dem sinnvollen Resultat, dass die Kombination von Biomasse-Heizungen mit anderen Energiesparmaßnahmen besonders attraktiv wird. Bei Passivhäusern mit thermischen Solaranlagen besteht sogar die Möglichkeit, unterhalb der Budgetgrenzen zu bleiben und mit einer Biomasse-Heizsystem rechnerisch eine vollständige „regenerative“ Wärmeerzeugung zu erreichen.

Insgesamt gesehen ergibt sich mit der Annahme eines Biomasse-Budgets von ungefähr 30 kWh/ m^2 a ein praktikables Bewertungsverfahren für Biomasse-Heizsysteme, welches die ökologischen Vorteile dieses Energieträgers berücksichtigt, ohne dabei die notwendigen ergänzenden Energiesparanstrengungen „unter die Räder“ kommen zu lassen.

[1] Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung - EnEV) vom 16.11.2001

[2] J. Zschernig; Kraft-Wärme-Kopplung im pluralistischen Wärmemarkt; BWK Bd. 53 (2001) Nr. 3

[3] T. Loga, N. Diefenbach, R. Born; Guter Ansatz - Schwache Standards: die neue Energieeinsparverordnung; Institut Wohnen und Umwelt; Darmstadt; Februar 2001

[4] M. Boese, N. Diefenbach; Minderung der CO₂-Emissionen im Gebäudebestand durch Einführung einer Brennstoffkennzahl; Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes; Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen; III. Physikalisches Institut A; März 2000

¹¹ Die Ermittlung des der Wärmeerzeugung zuzurechnenden Brennstoffbedarfs von Biomasse-KWK-Anlagen kann nach dem oben genannten Bewertungsverfahren für KWK-Anlagen erfolgen.

- [5] M. Gailfuß, M. Fishedick; Qualitätskriterien für Kraft-Wärme-Kopplung; BWK Bd. 52 (2000) Nr. 6
- [6] GEMIS- Gesamt-Emissions-Modell integrierter Systeme; Version 3.1; Öko-Institut; Darmstadt, Freiburg, Berlin; 1999
- [7] K. Kaltschmitt, A. Wiese (Hrsg.); Erneuerbare Energieträger in Deutschland; Berlin, Heidelberg; 1993
- [8] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hrsg.); Energiedaten 2000; Referat für Öffentlichkeitsarbeit; Bonn; Juli 2000
- [9] E.-R. Schramek (Hrsg.); Recknagel/Sprenger/Schramek; Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik 01/02 ; Oldenbourg Industrieverlag; München; 2001
- [10] T. Loga, U. Imkeller-Benjes; Energie-Pass Heizung/Warmwasser; Institut Wohnen und Umwelt GmbH; Darmstadt 1997
- [11] Angaben des Statistischen Bundesamtes im Internet; www.statistik-bund.de; 2001