

Energetische Bewertung der Substitution von fossilen Brennstoffen durch Ersatzbrennstoffe und Biomasse

Marco Klemm, Michael Beckmann, Technische Universität Dresden

Reinhard Scholz, Technische Universität Clausthal

1 Einleitung

Im Zusammenhang mit der Minderung der Emission an fossilem CO₂ und der Ressourcenschonung werden neben der Effizienzsteigerung bei der Energiebereitstellung und der Energieeinsparung bei der Anwendung u.a. auch der Beitrag erneuerbarer Energieträger diskutiert.

Biomasse ist mengenmäßig eine der bedeutendsten regenerativen Energiequellen und zeichnet sich durch eine vergleichsweise gute Speicherbarkeit und planbare Verfügbarkeit aus. Derzeit besitzt der Energieträger Biomasse ein hohes, zu Teilen noch ungenutztes Potential.

Biomasse fällt in der Fläche verteilt, am Ernteort oder als z.B. landwirtschaftlicher Abfall, an. Außerdem besitzt sie einen relativ geringen Heizwert und in der Regel eine geringe Energiedichte. Dadurch ist ein Transport bezogen auf die Energieeinheit sowohl energetisch als auch ökonomisch aufwendig. Für die energetische Nutzung von Biomasse bieten sich daher vor allem kleinere, dezentrale Anlagen zur unmittelbaren Energieumwandlung in Nutzenergie und ggf. auch zur Brennstoffvorbehandlung an.

Allerdings ist das Potential an Biomasse nicht unbegrenzt. So ist es wichtig, den insgesamt besten Nutzungsweg zu finden und anzuwenden.

Die Biomasse wird durch chemische, biochemische oder physikalische Prozesse in thermische Energie, elektrische Energie oder chemische Energie in flüssigen und gasförmigen Sekundär-Bioenergieträgern umgewandelt. Dabei sind, determiniert durch die Wirkungsgrade der Biomassenutzung und der vergleichbaren Nutzung fossiler Energieträger, die Möglichkeiten einer Biomasseanwendung stark unterschiedlich.

Ziel ist es deshalb, die Nutzungswege aufzuzeigen und sie im Hinblick auf die spezifische Einsparung von Ressourcen fossiler Energieträger und von Kohlendioxidemissionen zu führen. Dazu ist es erforderlich, die Nutzungswege zu bilanzieren und zu bewerten.

2 Beweggründe für die Substitution von fossilen Energieträgern

Der Einsatz von Biomasse oder Ersatzbrennstoffen aus Rest- und Abfallstoffen ist eine Herausforderung von Energietechnik und Energiewirtschaft. Ausgehend vom derzeitigen Stand ist mit einem weiteren deutlichen Ausbau in den nächsten Jahren zu rechnen. Dabei

gibt es zwei wesentliche Gründe, den Einsatz von Biomasse, Abfällen und Ersatzbrennstoffen anstelle fossiler Energieträger zu erhöhen:

- endliche und sich zunehmend erschöpfende Reserven und Ressourcen von fossilen Brennstoffen und damit steigende Preise fossiler Brennstoffe,
- Minderung der Emissionen fossilen Kohlendioxids.

Dabei sind jedoch nicht alle technischen Möglichkeiten, fossile Brennstoffe zu substituieren, gleichwertig. Eine Beurteilung, welche Anwendung zu bevorzugen ist, muss mit Hilfe von detaillierten Bilanzierungen von Verfahren und Verfahrensketten erfolgen, worauf im Weiteren anhand von grundsätzlichen Beispielen eingegangen wird.

2.1 Ersatz fossiler Brennstoffe zur Ressourcenschonung

Es ist bekannt, dass sich die Begrenztheit der Ressourcen besonders drastisch im Falle von Erdöl und Erdgas zeigt, wo mit Reichweiten von 50 bis 100 Jahren zu rechnen ist. Dagegen ist die prognostizierte Reichweite der Kohlen wesentlich größer, das heißt, dass hier das Problem der Ressourcenverknappung später zum Tragen kommt.

Erdöl besitzt bekanntermaßen im Vergleich zur Kohle eine wesentlich breitere Anwendungsstruktur. Zwei für eine Substitution besonders interessante Anwendungsfälle sind der Einsatz im Transportsektor in Form von flüssigen Treibstoffen und als Hausbrand in der Form von leichtem Heizöl.

Zur Substitution von Erdölprodukten im Transportsektor werden große Anstrengungen unternommen. Dazu ist die Umwandlung der Biomassen oder Ersatzbrennstoffe in flüssige Kohlenwasserstoffe erforderlich. Dies ist mit sehr komplexen Verfahren verbunden (z.B. [1], [2]). Eine Herstellung flüssiger Brennstoffe aus Festbrennstoffen ist selbstverständlich auch für Kohle möglich. Dabei sind die Verfahren ebenfalls sehr komplex [3].

Die Anwendung von leichtem Heizöl im Hausbrand erfolgt heute in Deutschland noch in über 6 Mio. Ölheizungen in Ein- und Zweifamilienhäusern. Das entspricht einer anhand des mittleren Heizwärmebedarfs hochgerechneten installierten thermischen Leistung von etwa 120.000 MW. Von diesen Ölheizungen sind etwa ein Sechstel ersatzwürdige Altanlagen [4].

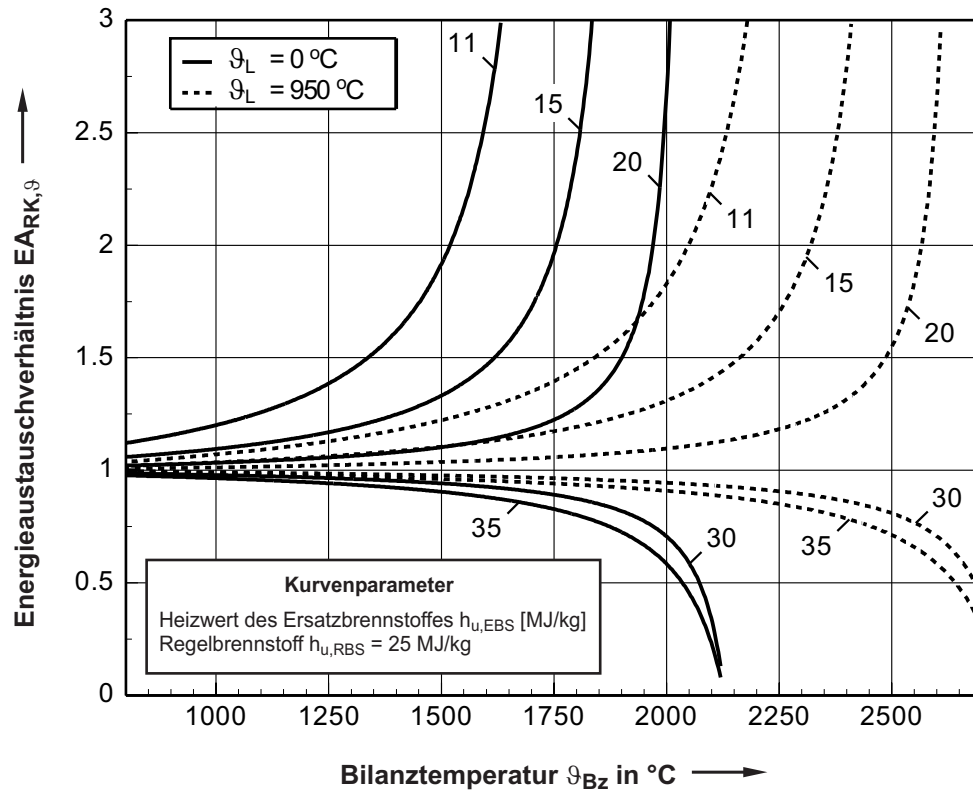


Bild 1: Energieaustauschverhältnis in Abhängigkeit von der Prozesstemperatur [5].

Da die vorhandenen Potentiale an Biomasse und Ersatzbrennstoff nicht ausreichen, um alle Bereiche zu versorgen, ist es eine wichtige Aufgabe von Energietechnik und Energiewirtschaft, solche Verfahren auszuwählen und umzusetzen, die bei der Substitution fossiler Brennstoffe ein möglichst günstiges Energieaustauschverhältnis besitzen. Das Energieaustauschverhältnis kann aus unterschiedlichen Randbedingungen hergeleitet werden. In Bild 1 ist das Energieaustauschverhältnis ausgehend von dem Niveau der Prozesstemperaturen [5] dargestellt. Dabei ergeben sich je nach Prozessführung (z.B. mit oder ohne Luftvorwärmung, Brennstoffvorwärmung) unterschiedliche Werte.

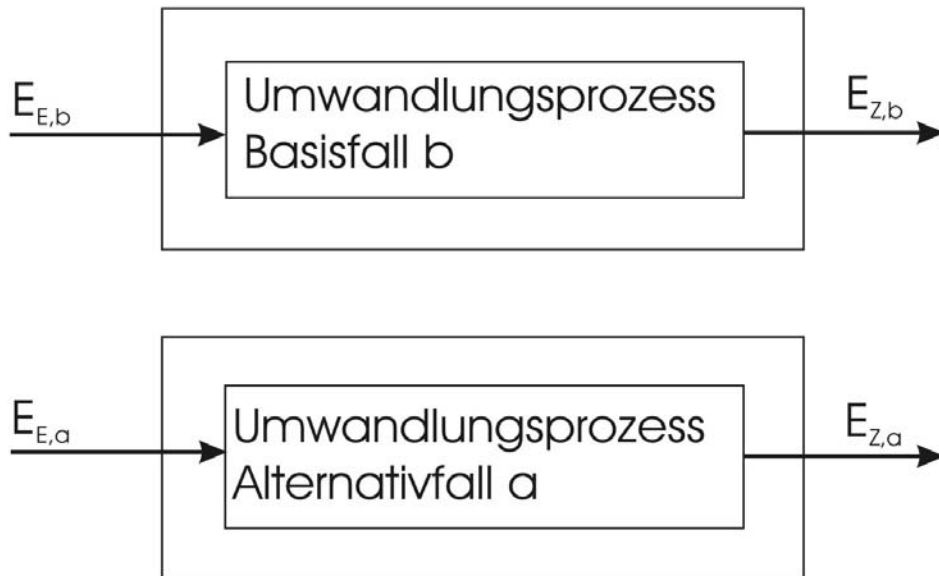


Bild 2: Energieaustauschverhältnisse

Bild 2 zeigt weitere Möglichkeiten der Bildung von Energieaustauschverhältnissen bei der Bereitstellung von Energie. Verglichen werden hier: der Basisfall (Index b für Basisfall), z.B. Einsatz (Index E für Einsatzenergie) von fossiler Primärenergie zur Bereitstellung von Zielenergie (Index Z für Zielenergie) mit dem Alternativfall (a für Alternativfall), bei dem z.B. Bioenergie als Einsatzenergie zur Umwandlung in die Zielenergie verwendet wird. Die Zielenergie kann in beiden Fällen sowohl thermisch (Index th), elektrisch (Index el) und chemisch (Index ch, Kraftstoff, Brenngas) sein. Es lassen sich nun Energieaustauschverhältnisse sowohl mit den Einsatzenergien als auch mit den Zielenergien wie folgt bilden:

Energieaustauschverhältnis für die Einsatzenergien:

$$f_E = \frac{E_{E,a}}{E_{E,b}}$$

und das Energieaustauschverhältnis für die Zielenergien:

$$f_Z = \frac{E_{Z,a}}{E_{Z,b}}$$

In gleicher Weise lassen sich Emissionsaustauschverhältnisse bilden (nächster Abschnitt).

2.2 Ersatz fossiler Brennstoffe zur Emissionsminderung von CO₂

Hauptquelle für Kohlendioxidemissionen in der Energietechnik ist die Verbrennung von Braun- und Steinkohle (Bild 3). Kohle wird im Energiemix der Bundesrepublik fast ausschließlich zur Elektroenergieerzeugung in Kraftwerksanlagen eingesetzt. Dies gilt mit guter Näherung weltweit.

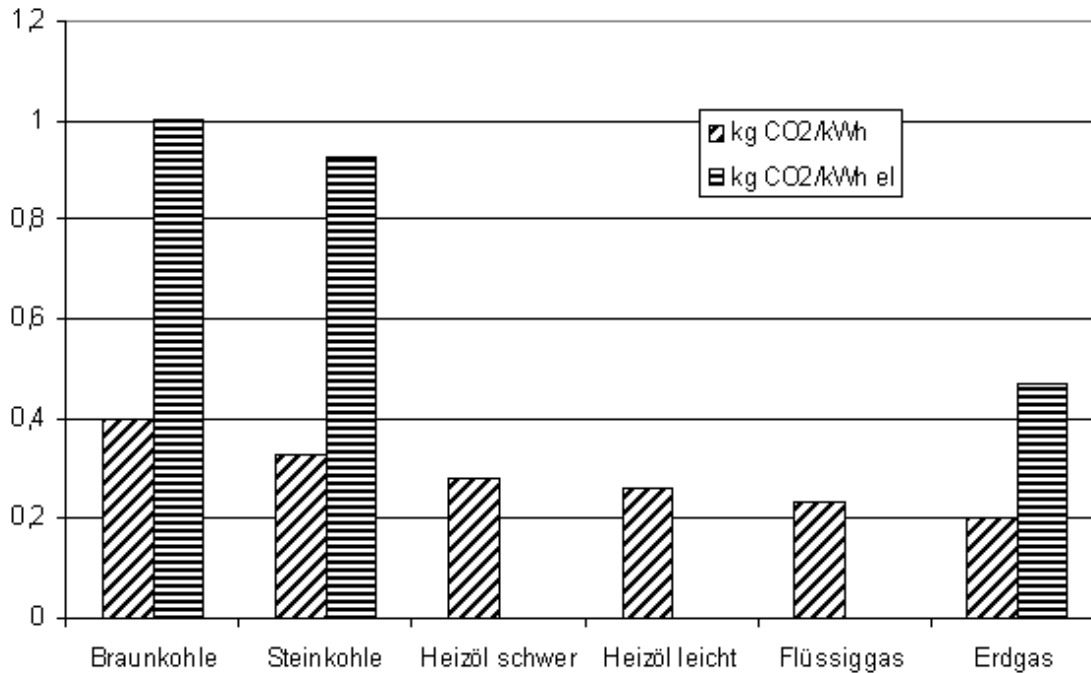


Bild 3: Spezifische Kohlendioxidemission der Strom- (schräg schraffiert) und Wärme-erzeugung (waagrecht schraffiert) [6]

Als entscheidender Weg zur Minderung von Kohlendioxid-Emissionen ist, gemeinsam mit der Energieeinsparung, die Substitution von fossilen Brennstoffen, insbesondere Kohle, durch erneuerbare, kohlendioxidfreie oder kohlendioxidneutrale Energiequellen anzusehen. Dabei besitzt die Biomasse aus einer Reihe von Gründen, wie der planbaren Verfügbarkeit, der Verfügbarkeit von Technik sowie des hohen Potentials eine besondere Bedeutung. Das Emissionsaustauschverhältnis ergibt sich in Anlehnung an Bild 2 als Emissionsaustauschverhältnis bezogen auf die Einsatzenergie:

$$f_{E,CO_2} = \frac{m_{E,a,CO_2}}{m_{E,b,CO_2}}$$

und Emissionsaustauschverhältnis, bezogen auf die Zielenergie:

$$f_{Z,CO_2} = \frac{m_{Z,a,CO_2}}{m_{Z,b,CO_2}}$$

3 Beschreibung und Bewertung von technischen Verfahren (Beispiele)

Die Umwandlung von Biomasse ist vor allem durch die angestrebte Zielenergie determiniert. Eine detaillierte Beschreibung der Verfahren und Strategien befindet sich in [7]. Für Bereitstellung von Zielenergien steht jeweils eine Reihe von Verfahren zur Verfügung. Daneben sind die grundlegenden Eigenschaften des eingesetzten Brennstoffes von Bedeutung. Eine Einteilung kann, angelehnt an die Aggregatzustände, in fest, flüssig, gasförmig und pastös erfolgen.

Bedeutende Zielenergien bei der Nutzung von Biomasse und Ersatzbrennstoffen sind:

- thermische Energie als Heiz- oder Prozesswärme,
- elektrische Energie,
- chemische Energie als
 - flüssige Brennstoffe, insbesondere für den Einsatz als Treibstoff im Transportsektor,
 - chemische Energie gasförmigen Brennstoffes, mit verschiedenen Anwendungen, wie z.B. Einspeisung ins Erdgasnetz oder chemische Industrie.

3.1 Umwandlung in thermische Energie

Die Umwandlung der chemischen Energie in thermische Energie erfolgt in der Regel in einer Verbrennung.

An die Verbrennung schließt sich eine Dampferzeugung oder eine Wärmeübertragung auf ein Trägermedium wie Wasser oder Luft an. Bei der Umwandlung in thermische Energie lassen sich i.d.R. hohe Wirkungsgrade (ca. 90 %) erreichen.

Wie in Abschnitt 2.1 ausgeführt, gilt das besondere Interesse dem Hausbrand, da hier große Mengen Heizöl aus Erdöl substituiert werden können. Trotz des deutlich höheren Aufwandes bei der Brennstoffaufbereitung dominiert im Hausbrand der Einsatz in Form von Pellets, da andere Alternativen wie Holzhackschnitzel und Scheitholz aufgrund des höheren Handlingaufwandes vom privaten Endkunden abgelehnt werden. Es soll daher, wie in Bild 4 dargestellt, eine Heizungsanlage auf Ölbasis und eine Heizungsanlage auf Basis von Biomassepellets verglichen werden.

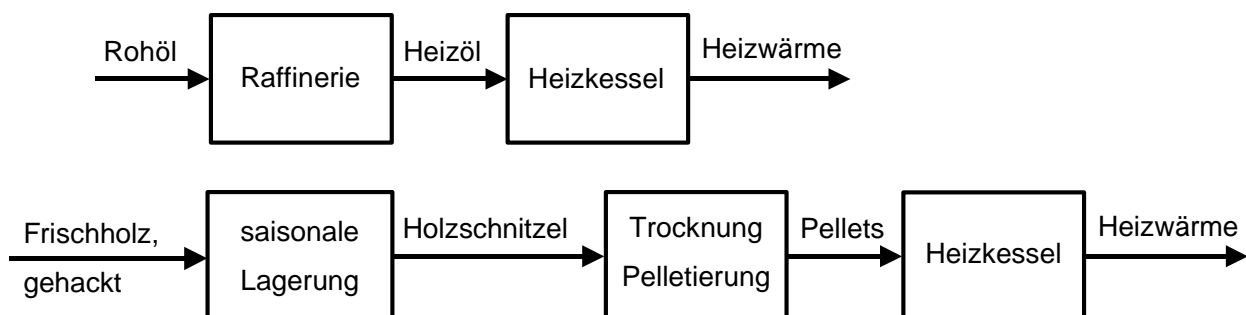


Bild 4: Varianten der Heizwärmeerzeugung

Dem Vergleich der Heizwärmeerzeugung für ein Einfamilienhaus mittels Ölkessel oder Pelletkessel werden, ausgehend von den gewonnenen Primärenergieträgern Rohöl und gefälltes Holz folgende Kennzahlen zugrunde gelegt:

- Wirkungsgrad der Heizölerzeugung in einer Raffinerie 0,92,
- Wirkungsgrad eines Ölkessels 0,9,
- Wirkungsgrad der Holz Trocknung und einer einjährigen Lagerung im Gelände 0,8,
- Wirkungsgrad für die technische Trocknung und die Pelletherstellung 0,86 [8],
- Wirkungsgrad eines Pelletkessels 0,9. [9].

Damit ergibt sich der folgende Vergleich (Bild 5):

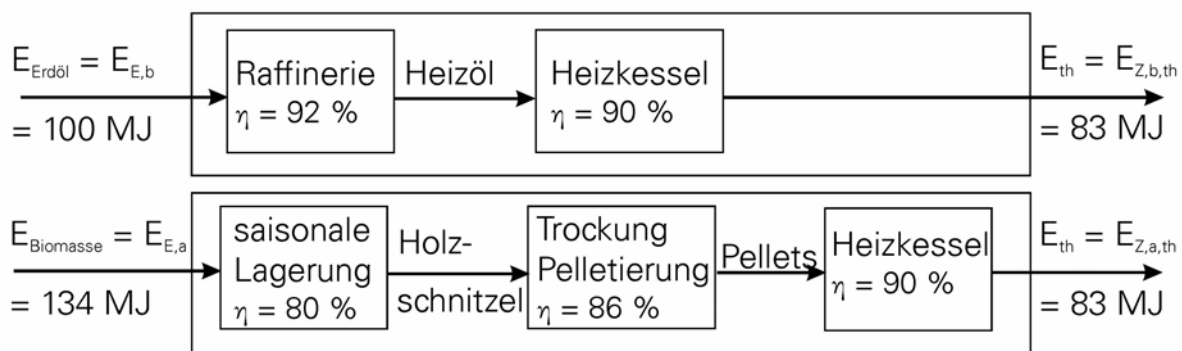


Bild 5: Bewertung der Heizwärmeerzeugung

Mit den genannten Randbedingungen ergibt sich für den Basisfall bei Einsatz 100 MJ eine Zielenergie, thermisch, von 83 MJ. Um diese Zielenergie in dem Alternativfall mit Biomasse bereitzustellen, benötigt man 134 MJ Einsatzenergie. Damit ergibt sich ein Energieaus-tauschverhältnis bezogen auf die Einsatzenergie von $f_{E,th} = 1,34$; d.h., um den gleichen Nutzen zu erzielen, sind 34 % mehr an Biomasseenergie im Vergleich zur fossilen Primärenergie erforderlich. Betrachtet man die Biomasse als CO₂-neutral, so wird $f_{E,CO_2} = 0$, d.h., es wird die Emission aus der Verbrennung der Primärenergie komplett eingespart. Betrachtet man die Biomasse als nicht CO₂-neutral, ergibt sich ein $f_{E,CO_2} = 1,72$, d.h., es werden bei der Nutzung der Biomasse im Vergleich zu der fossilen Energie 72 % mehr CO₂ freigesetzt.

3.2 Erzeugung elektrischer Energie

Die Erzeugung elektrischer Energie aus der Biomasse hat eine Reihe von Vorteilen:

- ganzjähriger Bedarf damit ganzjährig möglicher Absatz /Einspeisung,
- flächendeckendes Netz, damit Abnahme Möglichkeit (Einspeisepunkt) in der Regel in der Nähe der dezentralen Verbraucher,
- hoher Veredelungsgrad, damit hoher Marktpreis,
- Förderung durch das EEG.

Es existieren eine Reihe technischer Möglichkeiten der Erzeugung elektrischer Energie. Während für die Nutzung fester fossiler Brennstoffe in Großanlagen Wasserdampfprozesse mit Dampfturbinen absolut dominieren, konkurrieren für die kleineren Anlagen, wie sie für die Biomassenutzung erforderlich sind, verschiedene Verfahren. Dies liegt vor allem darin begründet, dass die Wasserdampfprozesse mit Dampfturbinen in kleineren Leistungsgrößen mit schlechten Wirkungsgraden behaftet sind.

Grundsätzlich sind zwei Verfahrenskonzepte zur Umwandlung der Biomasse zunächst in mechanische Energie zu unterscheiden:

- Umwandlung in thermische Energie durch Verbrennung¹ und nachfolgender Kreisprozess (z.B. Wasserdampfprozess, ORC-Prozess) (Bild 6),
- Umwandlung in chemische Energie durch Pyrolyse und/oder Vergasung und nachfolgender Kreisprozess (z.B. Gas-Motor, Gas-Turbine) (Bild 7).

Die prinzipiellen Möglichkeiten der Umwandlung der Biomasse in elektrische Energie über thermische Energie (erstes Verfahrenskonzept) sind beispielhaft in Bild 6 dargestellt.

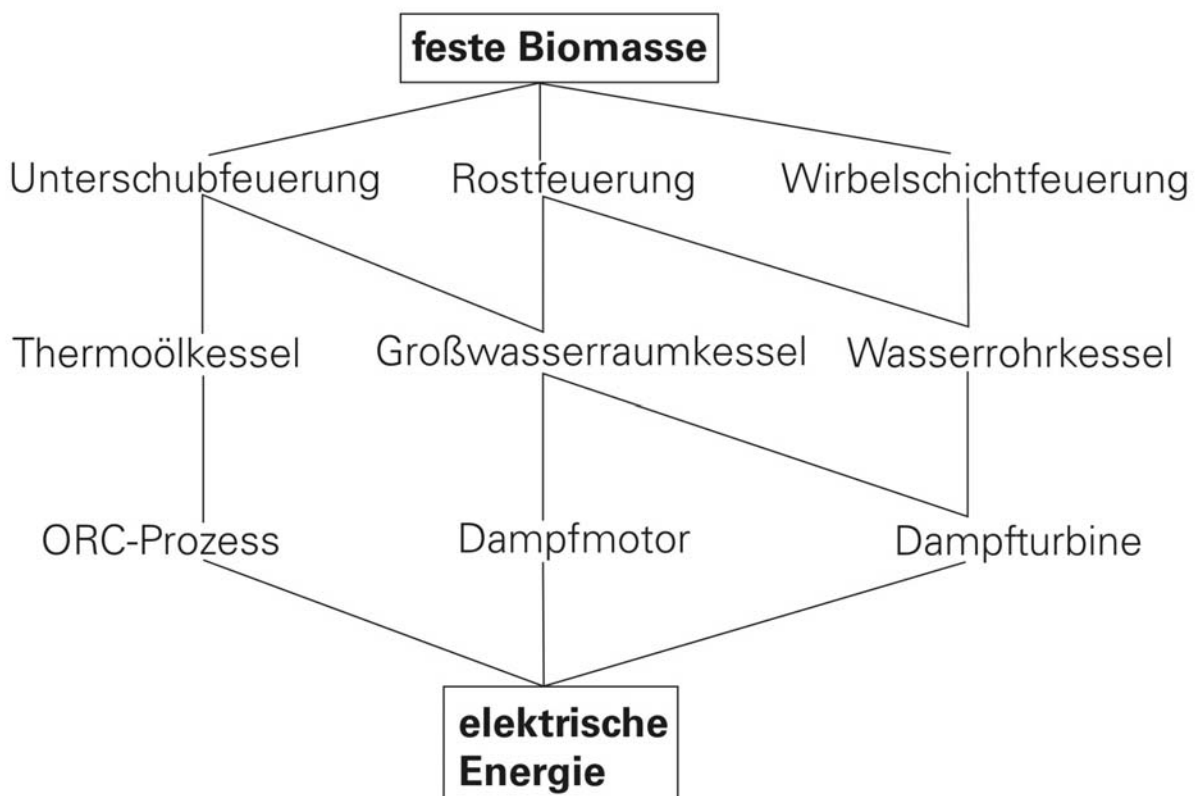


Bild 6: Erzeugung elektrischer Energie über thermische Energie

Für das zweite o.g. Verfahrenskonzept – der Umwandlung der Biomasse über chemische Energie in elektrische Energie – sind prinzipielle Möglichkeiten in Bild 7 dargestellt.

¹ Pyrolyse, Vergasung, Verbrennung werden an dieser Stelle als zusammenfassende Prozesse verstanden, der sich selbstverständlich aus Teilprozessen – auch in mehreren Einheiten – zusammensetzen kann [5]



Bild 7: Erzeugung elektrischer Energie über chemische Energie.

Für die Elektroenergieerzeugung soll hier ein Kohlekraftwerk mit einem elektrischen Wirkungsgrad von 0,45 mit einem Ersatzbrennstoffkraftwerk mit einem elektrischen Wirkungsgrad von 0,30 verglichen werden (Bild 8).

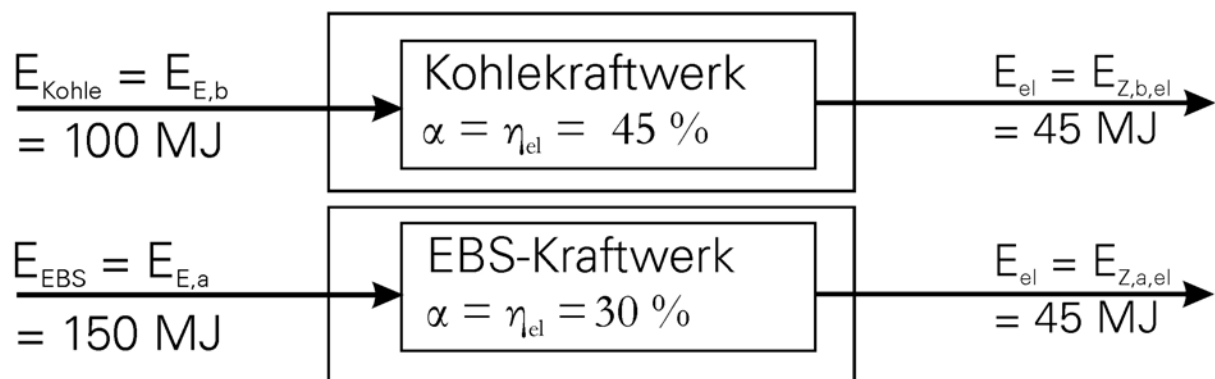


Bild 8: Bewertung der Elektroenergieerzeugung

Für das hier gewählte Beispiel ergibt sich für das Energieaustauschverhältnis, Einsatzenergie, $f_{E,el} = 1,5$. Betrachtet man den Ersatzbrennstoff als anteilig CO_2 -neutral (C-

Biomasse zu C fossil ca. 0,5) so ergibt sich ein $f_{E,CO_2} = 0,625$, d.h., es werden 37,5 % weniger „fossiles“ CO_2 im Alternativfall freigesetzt als im Basisfall. Betrachtet man den Ersatzbrennstoff jedoch vollständig als nicht CO_2 -neutral, so wird $f_{E,CO_2} = 1,25$, d.h., es werden bei der Nutzung des Ersatzbrennstoffes im Vergleich zu der fossilen Energie 25 % mehr CO_2 freigesetzt.

3.3 Erzeugung flüssiger Brennstoffe und elektrischer Energie

Die Bedeutung der Erzeugung flüssiger Brennstoffe aus Biomasse liegt in der Versorgung des Transport-, insbesondere des Automobilssektors, mit Treibstoff aus nachwachsenden Rohstoffen und damit erneuerbaren Energien. Diese Möglichkeit, verbunden mit den aktuellen Rohölpreisen stellt die Triebfeder dieses Nutzungszweiges dar.

Dazu sind im Wesentlichen drei Wege von Bedeutung:

- die Gewinnung der in der Biomasse enthaltenen heizwertreichen Flüssigkeiten, z. B. durch Abpressen von Pflanzenöl,
- direkte Umwandlung in flüssigen Brennstoff (Direktverflüssigung, z. B. Flash-Pyrolyse),
- der indirekte Weg über eine Erzeugung von Synthesegas aus der festen Biomasse und eine Synthese des gewünschten Flüssigbrennstoffes aus dem Synthesegas.

Der erste Weg ist nur für Pflanzen gangbar, die derartige Substanzen anreichern. Die direkte Umwandlung kann sowohl biochemisch z.B. durch Vergärung bei der Ethanolproduktion als auch thermochemisch z.B. durch Hydrierung in der so genannten Direktverflüssigung erfolgen.

Ebenfalls den thermochemischen Verfahren (Bild 9) sind die Verfahren des dritten Weges zuzuordnen. Die Erzeugung eines Synthesegases wird häufig gegenüber der Direktverflüssigung trotz des Umweges und der geringeren Effizienz bevorzugt, da ein engeres und von den veränderlichen Biomasseeigenschaften weniger abhängiges Produktspektrum erzeugt werden kann.

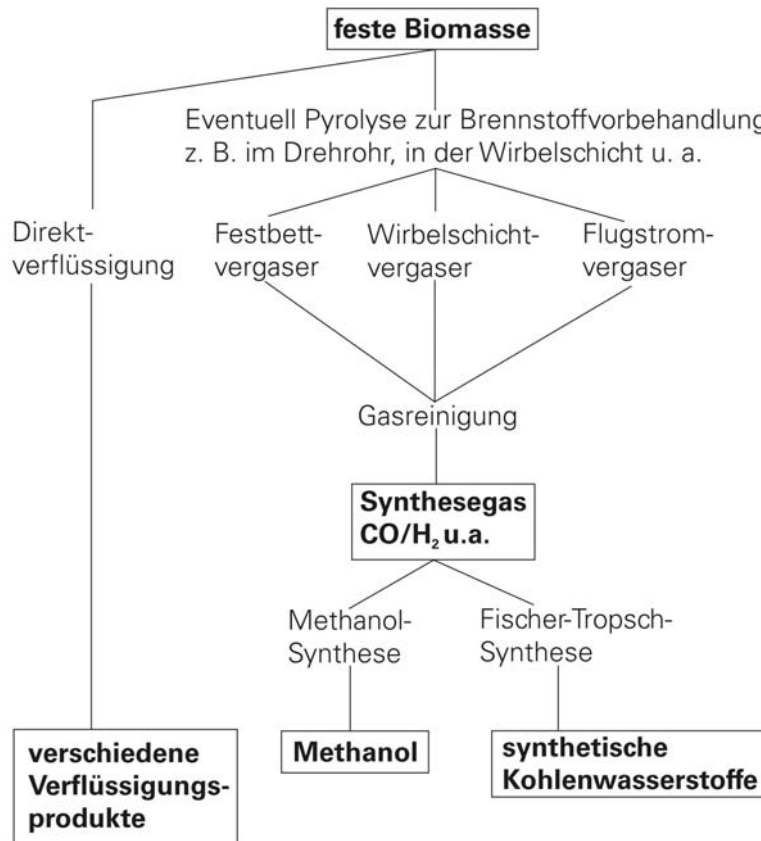
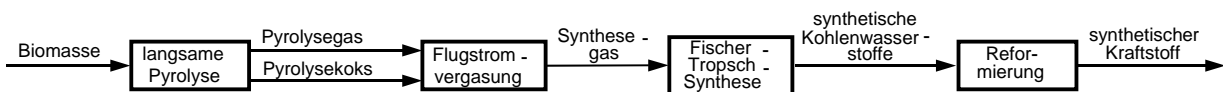


Bild 9: Die wichtigsten Wege der thermochemischen Umwandlung fester Biomassen in flüssige Brennstoffe

Zwei Verfahren zur Erzeugung flüssiger Brennstoffe über Synthesegas sind z.B. Choren-Verfahren [1] und das Verfahren des Forschungszentrums Karlsruhe [2] (Bild 10).

Choren-Verfahren



Verfahren des Forschungszentrums Karlsruhe

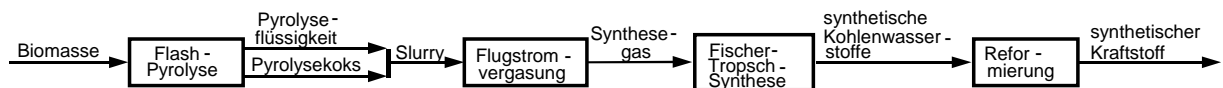


Bild 10: Zwei Verfahren zur Herstellung flüssiger Brennstoffe aus Biomasse [1]; [2]

Die Bewertung der Produktion synthetischer Treibstoffe ist vom betrachteten Kontext abhängig. In die Betrachtung sollen die beiden Bereiche einbezogen werden, die nach Abschnitt 2.1 besonderen Anteil am Erdölverbrauch haben, d.h. neben den flüssigen Treib-

stoffen für den Transportsektor die Heizwärmeversorgung von Ein- und Zweifamilienhäusern. Deshalb wird hier beispielhaft die Versorgung eines Haushaltes mit Heizwärme und Treibstoff betrachtet. Es besteht folgende Versorgungssituation:

- Einfamilienhaus, Heizwärmebedarf 110 GJ/a,
- ein PKW mit einer Jahresfahrleistung von 10.000 km, entsprechend einem Treibstoffenergiebedarf von 40 GJ/a.

Im Folgenden wird zur Bewertung der Vergleich von zwei Szenarien beispielhaft dargestellt:

- Basisfall b: die Verflüssigung von Biomasse über eines der oben beschriebenen Verfahren, während Heizöl zur Wärmeversorgung genutzt wird,
- Alternativfall a: die Treibstoffproduktion in einer Raffinerie und Heizen mit Holzpellets.

Dabei gelten für die Treibstoffherzeugung in einer Raffinerie ein Wirkungsgrad von 0,92 und für den Gesamtprozess der Biomasseverflüssigung über Synthesegasherstellung, Fischer-Tropsch-Synthese und Aufbereitung ein Wirkungsgrad von 0,3 [10]. Die Wirkungsgrade der Heizwärmeerzeugung sind aus 3.1 übernommen.

Dem Vergleich der oben beschriebenen Lösungsvarianten dient Bild 11.

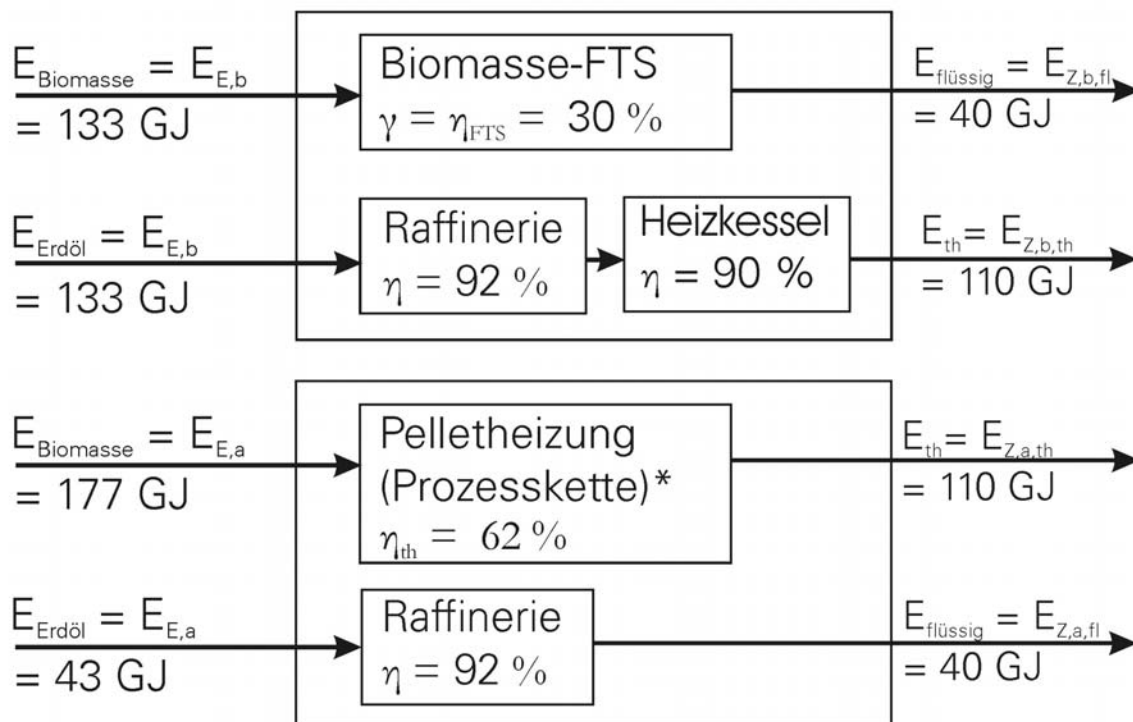


Bild 11: Szenarien der Versorgung mit flüssigen Brennstoff

(* entsprechend Bild 5)

Mit den genannten Randbedingungen ergibt sich für den Basisfall ein Einsatz von 266 GJ für die Lösung der Versorgungsaufgabe, d.h. der Versorgung mit 110 GJ thermischer und

40 GJ chemischer Zielenergie. Um diese Zielenergie im Alternativfall bereitzustellen, benötigt man 220 GJ Einsatzenergie. Damit ergibt sich ein Energieaustauschverhältnis bezogen auf die Einsatzenergie von $f_{E,gesamt} = 0,83$. Um den gleichen Nutzen zu erzielen, sind im Alternativfall, Treibstoff aus Erdöl und Heizen mit Biomasse, 17 % weniger an Einsatzenergie im Vergleich zum Basisfall erforderlich. Besonders augenfällig ist, dass im Alternativfall 68 % weniger des fossilen Primärenergieträgers benötigt werden. Damit kann mit dem Alternativfall eine deutliche Streckung der endlichen Ressourcen am Erdöl gegenüber dem Basisfall erreicht werden. Dies heißt nun gerade nicht, die Entwicklung für die Erzeugung flüssiger Brennstoffe aus Biomasse einzustellen. Im Gegenteil, da die Umwandlung zu Biomasse noch nicht effektiv genug ist, muss noch mehr Forschungs- und Entwicklungstätigkeit erfolgen. Es muss das Ziel bei der Umwandlung von Biomasse in flüssigen Brennstoff sein, an die Höhe der Effizienz der Umwandlungsmöglichkeiten bei fossilen Brennstoffen heranzureichen.

Betrachtet man die Biomasse als CO_2 -neutral, so wird entsprechend dem gerade ausgeführten das Verhältnis $f_{E,CO_2} = 0,32$, d.h., es wird die Emission aus der Verbrennung der Primärenergie um 68 % verringert. Betrachtet man die Biomasse als nicht CO_2 -neutral, ergibt sich ein $f_{E,CO_2} = 0,89$, d.h., selbst bei dieser Betrachtung werden im Alternativfall noch 11 % weniger CO_2 freigesetzt. Damit ist der Alternativfall auch im Hinblick auf die Emissionen an CO_2 als günstiger zu bewerten.

3.4 Erzeugung gasförmiger Brennstoffe zur Netzeinspeisung

Die aus fester Biomasse oder Ersatzbrennstoffstoffen erzeugten Brenngase können außer der in 3.2. beschriebenen direkten Verstromung und der Anwendung in chemischen Prozessen (siehe z. B. 3.3.) unter Umständen in das öffentliche Erdgasnetz eingespeist werden. Diese Einspeisung ist jedoch nur für Methan unproblematisch, da eine Einspeisung von Kohlenmonoxid oder Wasserstoff die Gaseigenschaften deutlich ändern würde. Somit ist eine synthetische Methanherzeugung angezeigt. Dieser Nutzungsweg besitzt zwei wesentliche Vorteile:

- die Methansynthese führt deutlich einfacher als ein Biomassevergaserblockheizkraftwerk über die Biomassevergasung zu einem vermarktbareren Produkt (SNG),
- mit dem synthetischen Erdgas (SNG) sind alle Erdgasverbraucher zugänglich, von den GuD - Kraftwerken (Bild 12) bis hin zu den Erdgasfahrzeugen.

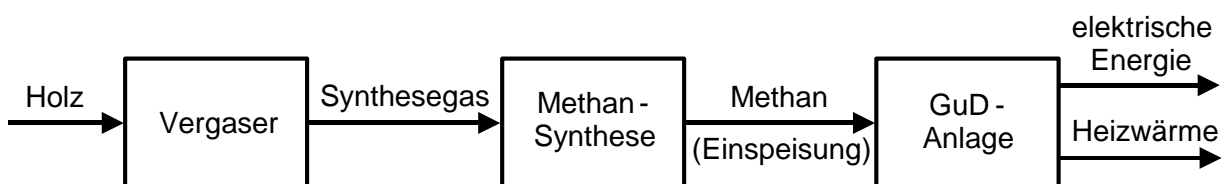


Bild 12: Methaneinspeisung mit Gasnutzung in einer GuD-Anlage

Typische Herstellungswege von Brenngasen aus Biomasse sind in Bild 13 dargestellt:

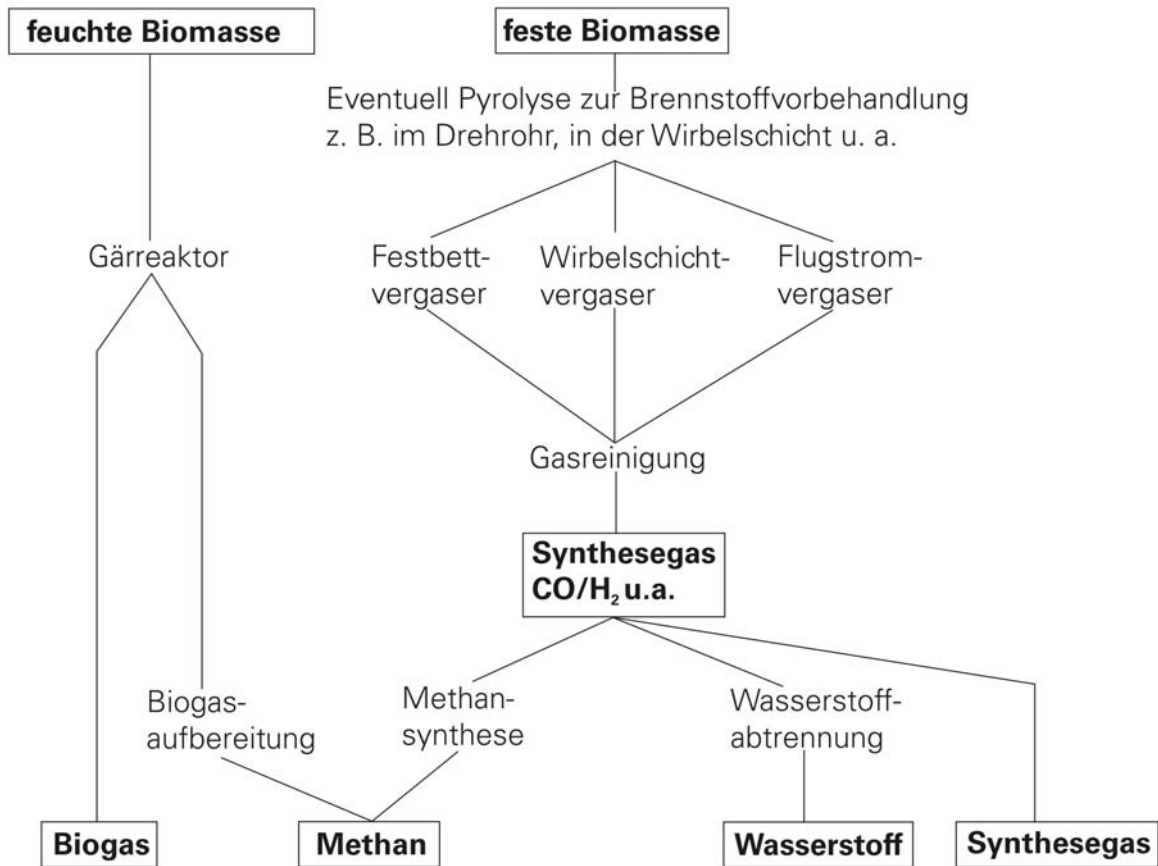


Bild 13: Die wichtigsten Wege der Herstellung von Brenngasen aus Biomasse.

Auch die Gasnetzeinspeisung kann mittels einer energetischen Bilanzierung bewertet werden. Da die zugehörigen Prozesse sich noch in Entwicklung befinden, soll folgende Frage beantwortet werden: Welchen Wirkungsgrad muss die Methanisierung in einem System aus Vergaser, Methanisierung, Netzeinspeisung und einer Nutzung des Gases aus dem Netz in einer GuD-Anlage mindestens haben, damit die Stromerzeugung, bezogen auf die gleiche Energiemenge der eingesetzten Biomasse die Stromerzeugung des oben beschriebenen Biomassevergaser-BHKW überschreitet? Der Wirkungsgrad der GuD-Anlage sei 0,58. Das Problem verdeutlicht Bild 14.

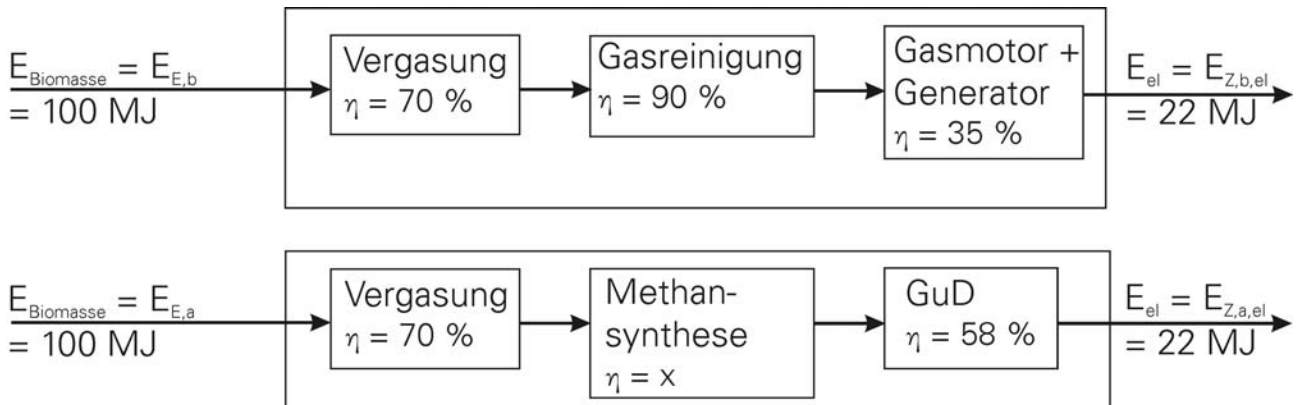


Bild 14: Vergleich Biomassevergasungs-BHKW mit Gaseinspeisung und GuD-Anlage

Aus der Bilanzierung ergibt sich, dass die Variante der Gaseinspeisung mit Gasnutzung in einer GuD-Anlage ab einem Wirkungsgrad der Methanisierung von 0,54 zu einer höheren Elektroenergieerzeugung als ein Biomasse-BHKW führt. In Versuchsanlagen wurde bereits ein Wirkungsgrad von 0,7 für die Methanisierung überschritten [12], ein Methanisierungswirkungsgrad von 0,75 scheint erreichbar. Geht man davon aus, dass auch der Kaltgaswirkungsgrad auf 0,75 erhöht werden kann, so sind mit dieser Prozesskette Vergasung – Methanisierung und Netzeinspeisung – GuD-Anlage elektrische Gesamtwirkungsgrade von 0,33 erreichbar. Damit ist die Methansynthese zur Gasnetzeinspeisung, zusätzlich zu dem zur Umsetzbarkeit Gesagten, auch energetisch interessant.

4 Schlussfolgerungen

Die Beispiele zeigen zum Einen, dass es für die energetische Biomassenutzung verschiedene Strategien gibt.

Wichtig erscheint bei der Beurteilung der Effizienz der einzelnen Energieumwandlungsprozesse, einschließlich der Brennstoffaufbereitung, die Untersuchung von Verfahrensketten durch entsprechende Bilanzen. Erst auf dieser Basis lässt sich entscheiden, welche Wirkung in einem übergeordneten Rahmen im gesamten Wirtschaftssystem erzielt werden. Bei der energetischen Nutzung von Biomasse wird häufig argumentiert, dass es egal ist, mit welchem Wirkungsgrad Biomasse in flüssigen Brennstoff (Ersatzbrennstoff für fossilen Brennstoff) umgewandelt wird, weil ja Biomasse „unerschöpflich“ nachwächst. Solange man jedoch fossile Primärenergieträger wie Öl oder z. B. Steinkohle benötigt und aus diesen mit einer höheren Umwandlungsrate flüssigen Brennstoff herstellen kann – im Vergleich zu Biomasse, Restmüll usw. – solange ist es aus energetischer Sicht besser, die Biomasse zu verbrennen, um elektrischen Strom zu erzeugen oder Wärme bereitzustellen, als zu flüssigem Brennstoff zu verarbeiten. Damit wird, wie den Beispielen gezeigt, CO_2 in entsprechendem Maße eingespart, weshalb (aus dieser Sicht) der Einsatz von Biomasse nicht CO_2 neutral ist. Die Forderung muss sein, die Biomasse so effektiv wie irgend mög-

lich einzusetzen, um die fossilen CO₂-Emissionen soweit wie möglich zu senken. Dies heißt nun gerade nicht, die Entwicklung für die Erzeugung flüssiger Brennstoffe aus Biomasse einzustellen. Im Gegenteil, da die Umwandlung zu Biomasse noch nicht effektiv genug ist, muss noch mehr Forschungs- und Entwicklungstätigkeit erfolgen. Es muss das Ziel bei der Umwandlung von Biomasse in flüssigen Brennstoff sein, an die Höhe der Effizienz der Umwandlungsmöglichkeiten bei fossilen Brennstoffen heranzureichen. D.h. der Maßstab (*benchmark*), der sich aus der Bilanzierung ergibt, muss für die Biomasse der Entwicklungsstand bei fossilen Brennstoffen sein. Erst wenn dieser Maßstab (*benchmark*) erreicht ist, macht eine flächendeckende Industrieproduktion von flüssigem Brennstoff aus Biomasse Sinn, zumindest was das technische Wirtschaften mit Energie bei der Versorgung ganzer Regionen (Volkswirtschaft) betrifft².

Die Einspeisung von synthetischen Methan ins das Erdgasnetz bietet eine gute Alternative zu Anlagen, die das Gas aus einer Vergasung dezentral in Gasmotoren nutzen. Die Wirkungsgradschwelle von $\eta_{\text{Methanisierung}} = 0,54$ für die Methanisierung ist leicht zu übertreffen, $\eta_{\text{Methanisierung}} = 0,75$ könnte als Methanisierungswirkungsgrad erreicht werden, für den Betreiber einer Methansynthese auf Basis Biomasse ergeben sich zusätzlich technische Vorteile gegenüber dem eines Biomasse-BHKW. Somit ist die Methanherstellung zur Netzeinspeisung ein wichtiger und perspektivreicher Weg zur Biomassenutzung. Die Methansynthese sollte der direkten Stromerzeugung im EEG gleichgestellt werden.

Als Fazit ist zu ziehen, dass mit einer zielgerichteten Substitution fossiler Energieträger durch Biomasse und Ersatzbrennstoffe der Effekt deutlich erhöht werden kann.

² Sollte es nicht möglich sein, diesen Maßstab zu erreichen, weil grundsätzlich physikalische, chemische und thermodynamische Gründe dagegen sprechen, müsste der Vergleich an einer mit den vorgenannten Restriktionen begründeten maximal erreichbaren Entwicklungshöhe gemessen werden, um die Ausschöpfung von Potentialen darzulegen. Schließlich wird die Notwendigkeit der Nutzung von Biomasse zur Substitution von fossiler Energie nicht in Frage gestellt. Ziel muss sein, auch mit regenerativer Energie möglichst effizient umzugehen.

5 Referenzen

- [1] Rudloff, M.: SunDiesel made by CHOREN – Die 50 MW-Demonstrationsanlage der CHOREN FUEL Freiberg GmbH & Co. KG. BBE- / UFOB-Fachkongress für Biokraftstoffe „Kraftstoffe der Zukunft 2004“. Berlin 29./30. November 2004
- [2] Dahmen, N.; Dinjus, E.; Henrich, E.: Das Karlsruher bioliq®-Verfahren – Stand und Entwicklung. Tagung Mobil mit Biomasse. Stuttgart 27. September 2006
- [3] Steynberg, A. P.; Nel, H. G.: Clean coal conversion options using Fischer-Tropsch technology. Fuel 83 (2004) H. 6; S. 765 – 770
- [4] Müller, A.: Klimaschutz, Energieeffizienz, Versorgungssicherheit und das Leistungsspektrum für seine praktische Umsetzung. 3. Öl-Symposium. Hamburg 8. Juni 2007
- [5] Scholz, R.; Beckmann, M.; Schulenburg, F.: Abfallbehandlung in thermischen Verfahren. Stuttgart, Leipzig, Wiesbaden. Teubner 2001
- [6] Hiller, A.; Hellfritsch, St.: Kraftwerke der Zukunft für die Sicherung unserer energetischen Basis - Technologien für fossilbefeuerte Kraftwerke mit CO₂-Abscheidung
- [7] Beckmann, M.; Klemm, M.: Strategien der energetischen Biomassennutzung. Berliner Abfallwirtschafts- und Energiekonferenz. Berlin 25. – 26. September 2008
- [8] Hasler, Ph.; Nussbaumer, Th.; Bürli, J.: Herstellung von Holzpellets - Einfluss von Presshilfsmitteln auf Produktion, Qualität, Lagerung, Verbrennung sowie Energie- und Ökobilanz von Holzpellets – Schlussbericht. Bundesamt für Energie. Zürich 2001
- [9] Hartmann, H. [Hrsg.]: Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen. Fachagentur nachwachsende Rohstoffe. Gülzow 2003
- [10] Schaub, G.; Vetter, A.: Biokraftstoffe – eine Übersicht. Chemie-Ingenieur-Technik 79 (2007) H.5 S. 569 – 578
- [11] Wokaun, A u.a.: Ecogas Teilprojekt: Methan aus Holz – Schlussbericht. Paul Scherrer Institut. Villigen 2003

Kontaktinformation der Autoren:

Dr. Marco Klemm
Technische Universität Dresden
Institut für Energietechnik
Professur Verbrennung, Wärme- und Stoffübertragung
01062 Dresden
marco.klemm@tu-dresden.de

Prof. Dr.-Ing. Michael Beckmann
Technische Universität Dresden
Institut für Energietechnik
Professur Verbrennung, Wärme- und Stoffübertragung
01062 Dresden
michael.beckmann@tu-dresden.de

Prof. Dr.-Ing. Reinhard Scholz
TU Clausthal
IEVB - Institut für Energieverfahrenstechnik und Brennstofftechnik
Agricolastr. 4
38678 Clausthal-Zellerfeld
scholz@ievb.tu-clausthal.de