

Martin Kaltschmitt^{1,2}, Volker Lenz¹ und Daniela Thrän¹

Zur energetischen Nutzung von Biomasse in Deutschland – Potenziale, Stand und Perspektiven³

Biomasse soll insbesondere aus Gründen des Umwelt- und Klimaschutzes – zusammen mit anderen regenerativen Energieträgern – in Deutschland zukünftig deutlich mehr zur Deckung der Energienachfrage beitragen. Dies ist auch erklärtes Ziel der deutschen und europäischen Klimaschutzpolitik. Deshalb wurden in den letzten Jahren Rahmenbedingungen geschaffen, die u.a. dazu geführt haben, dass zunehmend mehr Energie aus Biomasse bereitgestellt wird. Um die hieraus folgende Nachfrage nach Biomasse bzw. Bioenergieträgern kostengünstig zu decken, entstehen gegenwärtig regionale, überregionale und z.T. auch globale Märkte. Vor diesem Hintergrund ist das Anliegen dieses Beitrages, die in Deutschland vorhandenen Biomassepotenziale und deren gegenwärtige Nutzung darzustellen sowie die sich abzeichnenden Perspektiven zu diskutieren.

1. Problemsituation

Die Ressourcen fossiler Energieträger, die derzeit das Rückgrad der Energieversorgung bilden, sind endlich. Dieser Sachverhalt ist unstrittig. Offen ist jedoch die Frage, wie lange die insgesamt auf der Erde vorhandenen Vorräte fossiler Energieträger verfügbar sein werden, da mögliche Antworten von einer Vielzahl unterschiedlichster Bedingungen abhängen, die sich nicht zuletzt mit der Entwicklung der Technik verändern. Die Begrenztheit sowie die große, international schnell wachsende Nachfrage nach fossilen Energieträgern – insbesondere in den Schwellenländern (z.B. China, Indien) – bedingt längerfristig mit hoher Wahrscheinlichkeit einen weiteren Anstieg der Energiepreise. Zusätzlich beeinflussen politische Unsicherheiten (z.B. Irak, Iran) signifikant das Preisgefüge auf den internationalen Energiemärkten mit ihren oligopolartigen Strukturen.

Zudem ist die Nutzung fossiler Energieträger mit unerwünschten lokalen und globalen Umweltbelastungen verbunden. Dies gilt gegenwärtig insbesondere mit Blick auf den Klimawandel, der derzeit ein politisches Topthema ist und dessen potenzielle, unerwünschte Folgen durch konzentrierte internationale Anstrengungen – über deren konkrete vertragliche Gestaltung bereits seit Jahren z.T. kontrovers diskutiert wird – eingegrenzt werden sollen. Hinzu kommt, dass die Ressourcen und Reserven fossiler Energieträger – und hier insbesondere diejenigen des Erdöls – weltweit regional ungleich verteilt sind. Mit einer zunehmenden Verknappung und einer

1 Deutsches BiomasseForschungsZentrum (DBFZ), Leipzig

2 Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft (IUE) der Technischen Universität Hamburg-Harburg

3 Erweiterte Fassung eines auf der 10. EUROSOLAR-Konferenz „Der Landwirt als Energie- und Rohstoffwirt 2008“, Leipzig, 14.-15. April 2008, gehaltenen Vortrags

Konzentration auf eine schwindende Anzahl von Produzentenländern nimmt die Erpressbarkeit bestimmter Käuferländer zu. Damit reduziert sich zugleich die Versorgungssicherheit der Käuferländer, zu denen auch Deutschland gehört.

Vor dem Hintergrund dieses energiewirtschaftlichen Gesamtzusammenhangs gewinnt die forcierte Suche nach realistischen Optionen zum Ersatz und zur Ergänzung fossiler Ressourcen und Reserven größere Bedeutung. Daher erscheint der Einsatz nachwachsender Rohstoffe – und damit von Biomasse – aus mehreren Gründen vielversprechend. Deshalb ist es das Ziel der folgenden Ausführungen, die Möglichkeiten und Grenzen – und damit die Potenziale und deren Nutzung – des Energieträgers Biomasse in Deutschland zu diskutieren und die gegebenen Perspektiven zu analysieren.

2. Primärenergiepotenziale

Für die energetische Nutzung von Biomasse ist grundsätzlich eine Vielzahl unterschiedlichster Fraktionen – u.a. Waldholz, Stroh, Gülle – verfügbar. Sie entstammen der land- und forstwirtschaftlichen Primärproduktion bzw. deren nachgelagerten Industrien sowie der Abfallwirtschaft, d.h. dem Ausscheiden organischer Stoffe aus der Nutzung.

Der Anteil dieser insgesamt verfügbaren Biomasse, der unter Berücksichtigung technisch bedingter Restriktionen nutzbar ist, wird durch das technische Brennstoffpotenzial beschrieben. Im Allgemeinen sind bei dessen Erhebung zusätzlich strukturelle und ökologische Restriktionen (z.B. Naturschutzgebiete, Flächen zur Biotopvernetzung) und gesetzliche Rahmenvorgaben (z.B. Zulässigkeit von hygienisch bedenklichen organischen Abfällen für den Einsatz in Biogasanlagen) zu berücksichtigen, die das aus ausschließlich technischer Sicht verfügbare Aufkommen merklich reduzieren können.

Tabelle 1 zeigt das gegenwärtige technische Brennstoffpotenzial. Dabei wird bei den Rückständen, Nebenprodukten und Abfällen – oft auch als Reststoffe bezeichnet – zwischen halmgutartigen (u. a. Stroh, Landschaftspflegematerial), holzartigen (u. a. Waldrestholz, Schwachholz, Industrierestholz, Altholz, Landschaftspflegeholz) und sonstigen Stoffen (u.a. Exkremente, organische Gewerbe- und Industrieabfälle) unterschieden. Die Potenziale aus dem Wald umfassen die nicht stofflich genutzten Anteile des Einschlags (d.h. Brennholz, Waldrestholz) und den Teil des jährlichen Zuwachses, der aktuell nicht eingeschlagen wird.

„Energiepflanzen“ können als ein- oder mehrjährige Kulturen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen ausschließlich zur energetischen Verwertung angebaut werden. Als nutzbare Fläche wird derzeit eine Größenordnung von 2 Mio. ha angenommen. Auf dieser Fläche wird bei der thermochemischen Wandlung ein Mischanbau unterschiedlicher Lignocellulose-Pflanzen zur Festbrennstoffbereitstellung, bei der physikalisch-chemischen Wandlung ein Rapsanbau und bei der biochemischen Wandlung ein Zwei-Kultursystem zur Biogassubstraterzeugung sowie der Anbau von Ausgangsstoffen für die Ethanolherzeugung angenommen. Diese Annahme führt zu einer Maximalabschätzung, da in der Praxis die Auswahl geeigneter Anbaukulturen infolge der jeweiligen Standortbedingungen deutlich eingeschränkter ist. Die ausgewiesenen Biomassen (z.B. Halmgut oder Energiepflanzen) können stets nur einmal genutzt werden – entweder thermo-chemisch oder bio-chemisch oder physikalisch-chemisch.

Insgesamt beträgt damit das gesamte *Brennstoffpotenzial* zur Zeit ca. 1.000 bis 1.300 PJ/a, das sind ca. 8 % des gegenwärtig jährlichen Primärenergieverbrauchs in Deutschland.

	Energetisch nutzbare Menge (Mio t _{FM} /a)	Potenzial bei thermo-chemischer Umwandlung (PJ/a)	Potenzial bei bio-chemischer Umwandlung (PJ/a)	Potenzial bei physikalisch-chemischer Umwandlung (PJ/a)
Halmgutartige Rückstände, Nebenprodukte und Abfälle				
Stroh	9,3	130	38 – 63	–
Gras aus Grünland usw.	2,6 – 4,0	37 – 56	15 – 23	–
Landschaftspflegematerial	0,9 – 1,8	11 – 22	8 – 16	–
Summe	12,8 – 15,1	178 – 208	61 – 102	–
Holzartige Rückstände, Nebenprodukte und Abfälle				
Waldrestholz	13,7	169	–	–
Schwachholz	10	123	–	–
Zusätzlich nutzbs. Waldholz	10,7	132	–	–
Altholz	6	78	–	–
Industrierestholz	4	58	–	–
Landschaftspflegeholz	0,46	4	–	–
Summe	45	563	–	–
Sonstige Rückstände, Nebenprodukte und Abfälle				
Exkrement und Einstreu	162	–	96,5	–
Ernterückstände	7 – 14	–	9,1 – 18,3	–
Abfälle aus Gewerbe u. Ind.	3,1 – 4,7	–	6,4 – 12,2	–
Organ. Siedlungsabfälle	7,6	–	12,5	–
Summe	180 – 188	–	124 – 139	–
Klärgas		–	19,5	–
Deponiegas		–	15 – 21	–
Summe Rückstände, Nebenprodukte und Abfälle		741 – 770	219 – 282	–
Energiepflanzen auf 2 Mio. ha		365	236 ^a – 252 ^b	103 ^c
Gesamtsumme		1.106 – 1.135	455 – 533	103

^a Biogassubstrate, ^b Ethanol aus Zuckerrüben (zusätzlich wären noch Biogassubstrate (95 PJ/a) nutzbar) ^c Pflanzenöl bzw. RME aus Raps (zusätzlich wären noch Stroh (125 PJ/a) und Schrot (65 PJ/a) energetisch nutzbar); FM – Frischmasse

Tab. 1: Technisches Brennstoffpotenzial aus Biomasse in Deutschland

3. Umwandlungsmöglichkeiten

Aus den genannten organischen Stoffen lassen sich über thermo-chemische, physikalisch-chemische und bio-chemische Umwandlungsprozesse feste, flüssige und gasförmige (Bio-) Energieträger erzeugen, die zur Strom-, Wärme- und Kraftstofferzeugung eingesetzt werden können (Abbildung 1). Die dafür verfügbaren Umwandlungspfade werden nachfolgend skizziert.

Ausschließliche Verbrennung: Bei der Verbrennung werden biogene Festbrennstoffe in Feuerungsanlagen zur Wärme- und/oder Stromerzeugung eingesetzt. Dabei ist die Wärmeerzeugung in allen Leistungsbereichen seit Jahrzehnten Stand der Technik und im praktischen Einsatz. Die Stromerzeugung in Biomasse(heiz)kraftwerken über konventionelle Dampfprozesse (Turbine) ist ebenfalls gängige Praxis und hat in den letzten Jahren erheblich an Bedeutung gewonnen. Demgegenüber ist die kleintechnische Stromerzeugung (z.B. Stirlingmotor) bisher noch nicht etabliert.

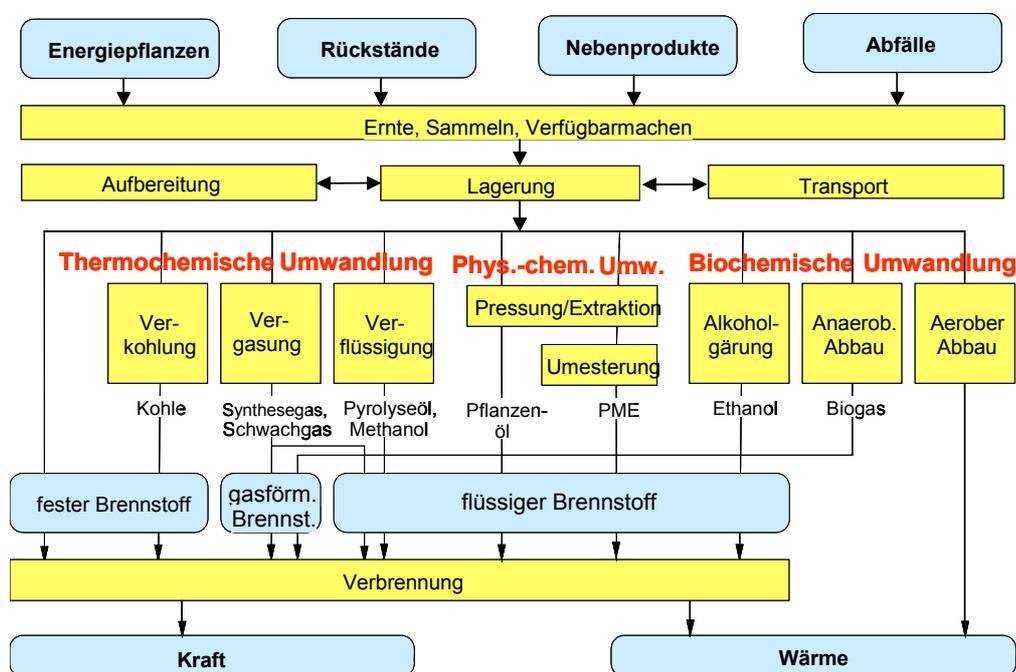


Abb. 1: End- bzw. Nutzenergiebereitstellung aus Biomasse

Thermo-chemische Umwandlung: Bei der thermo-chemischen Wandlung werden aus Festbrennstoffen unter Wärmeeinfluss feste, flüssige und/oder gasförmige Energieträger gewonnen.

Ziel der Verkohlung als einer Variante der thermo-chemischen Umwandlung ist eine möglichst hohe Ausbeute an festem Brennstoff, der im Allgemeinen zur Wärmebereitstellung (z.B. Holzkohle) oder alternativ stofflich (z.B. Aktivkohle) genutzt wird. Holzkohle hat aber als Energieträger kaum eine energiewirtschaftliche Bedeutung.

Bei der Pyrolyse, eine zweiten Variante der thermo-chemischen Wandlung, soll eine möglichst hohe Ausbeute an flüssigen Komponenten (d.h. Pyrolyseölen) erzielt werden. Trotz erheblicher Entwicklungsanstrengungen befinden sich derartige Verfahren nach wie vor im F&E-Stadium.

Mit der Vergasung, einer weiteren Option, wird eine möglichst vollständige Umwandlung der biogenen Festbrennstoffe in Brenngase angestrebt. Diese können in Motoren, Turbinen oder ggf. in

Brennstoffzellen zur Stromerzeugung eingesetzt oder zu gasförmigen bzw. flüssigen Bioenergieträgern umgewandelt werden (z.B. Bio-SNG, FT-Diesel). Die Vergasung ist – aufgrund der erreichbaren hohen Wandlungswirkungsgrade – eine wesentliche Zukunftsoption zur Strom- bzw. Kraftstofferzeugung.

Physikalisch-chemische Umwandlung: Öle und Fette, mittels physikalisch-chemischer Verfahren (Pressung/Extraktion) produziert, lassen sich als Kraftstoff in ausgewählten stationären und mobilen Dieselmotoren nutzen. Die dazu notwendige Technik ist seit Jahren verfügbar. Durch eine Umesterung zu Pflanzenölmethylester (PME) kann Pflanzenöl den Eigenschaften fossilen Dieseldieselkraftstoffs angenähert werden. Damit ist vielfach ein problemloser Einsatz in vorhandenen (stationären und mobilen) Dieselmotoren möglich; auch kann PME in beliebigen Anteilen mit fossilem Dieseldieselkraftstoff gemischt werden. Diese Technologie ist für einige Öle (z.B. Rapsöl) ebenfalls Stand der Technik.

Bio-chemische Umwandlung: Hier wird die Biomasse mithilfe von Mikroorganismen – und damit auf biologischem Weg – umgewandelt, wobei u.a. zwischen einer alkoholischen Gärung und einem anaeroben Abbau unterschieden werden kann.

Bei der alkoholischen Gärung werden zucker-, stärke- und cellulosehaltige Biomassen in Ethanol überführt, der anschließend in Reinform gewonnen und als Kraft- bzw. Brennstoff in Motoren bzw. Verbrennungsanlagen zur Bereitstellung von Kraft, Strom und Wärme eingesetzt werden kann. Die dazu benötigte Technologie ist großtechnisch verfügbar, zeigt aber noch (energetische) Optimierungspotenziale.

Bei der anaeroben Vergärung organischen Materials in wässriger Lösung entsteht Biogas, das zu etwa zwei Dritteln aus Methan besteht. Besonders vorteilhaft ist dieser Umwandlungspfad für organische Masse, die bereits in wässriger Lösung bzw. mit einem sehr hohen Wasseranteil (Gülle, organischen Siedlungsabfällen, Klärschlamm u.ä.) anfällt. Das entstandene Biogas kann – ggf. nach Reinigung – in Motoren zur Wärme-, Strom- und Kraftbereitstellung genutzt werden.

4. Endenergiepotenziale

Die Endenergiepotenziale umfassen die technisch bereitstellbare Endenergie an Strom, Wärme und/oder Kraftstoff, die mithilfe der diskutierten Konversionstechnologien aus den technischen Brennstoffpotenzialen (Tabelle 1) erzeugt werden können. Dabei wird jeweils unterstellt, dass das verfügbare Brennstoffpotenzial für die entsprechende Endenergieoption vollständig verfügbar ist.

- Die Potenziale zur *Stromerzeugung* liegen insgesamt bei ca. 100 bis 130 TWh/a. Mit einer Bruttostromerzeugung von rund 570 TWh/a (2005) ließen sich bei voller Ausschöpfung des maximalen Stromerzeugungspotenzials aus Biomasse 18 bis 23 % decken.
- Das maximale *Wärmeerzeugungspotenzial* aus Biomasse umfasst ca. 900 bis 1.200 PJ/a. Bezogen auf die Niedertemperatur-Wärmenachfrage von ca. 2.600 PJ/a (2005) ließen sich maximal 35 bis 45 % decken.
- Zur *Kraftstofferzeugung* sind aus technischer Sicht gegenwärtig nur die Biodiesel- und Ethanolpotenziale verfügbar. Das damit verbundene Endenergiepotenzial liegt zwischen 100 und 252 PJ/a. Wenn es gelingt, zusätzlich Kraftstoffe durch thermo-chemische Umwandlung von biogenen Festbrennstoffen bereitzustellen und die Biomethannutzung im Traktionsbereich zu etablieren, könnte das maximale Kraftstofferzeugungspotenzial auf ca. 500 bis

1.000 PJ/a ansteigen. Bezogen auf die Kraftstoffnachfrage von ca. 2.745 PJ/a (im Jahr 2005) ließen sich dann 19 bis 35 % decken.

5. Nutzung

In Deutschland werden aus Biomasse Wärme und/oder Strom sowie Kraftstoffe bereitgestellt. Ausgehend davon wird im Folgenden die aktuelle Nutzung diskutiert.

5.1 Feste Bioenergieträger

Biogene Festbrennstoffe werden zur Strom- bzw. zur gekoppelten Strom-/Wärmeerzeugung primär in größeren Anlagen und zur ausschließlichen Wärmebereitstellung hauptsächlich in Kleinanlagen eingesetzt.

5.1.1 Strom- bzw. Strom- und Wärmeerzeugung

Ende 2007 waren rund 200 Biomasse(heiz-)kraftwerke mit einer installierten elektrischen Leistung von knapp 1.200 MW – davon etwa 160 MW in der Papier- und Zellstoffindustrie – in Deutschland am Netz (Abbildung 2). Die potenzielle Stromerzeugung liegt bei ca. 7,8 TWh/a (brutto, einschließlich vier Anlagen in der Papierindustrie). Wegen der im Jahresverlauf und teilweise erst zum Jahresende erfolgten Inbetriebnahme der neuen Anlagen wurden de facto aber nur etwa 7,3 TWh erzeugt. Als Brennstoff wurde vorwiegend Holz (etwa 5 Mio. t_{atro} – ohne Papierindustrie) und hier vorwiegend Altholz eingesetzt.

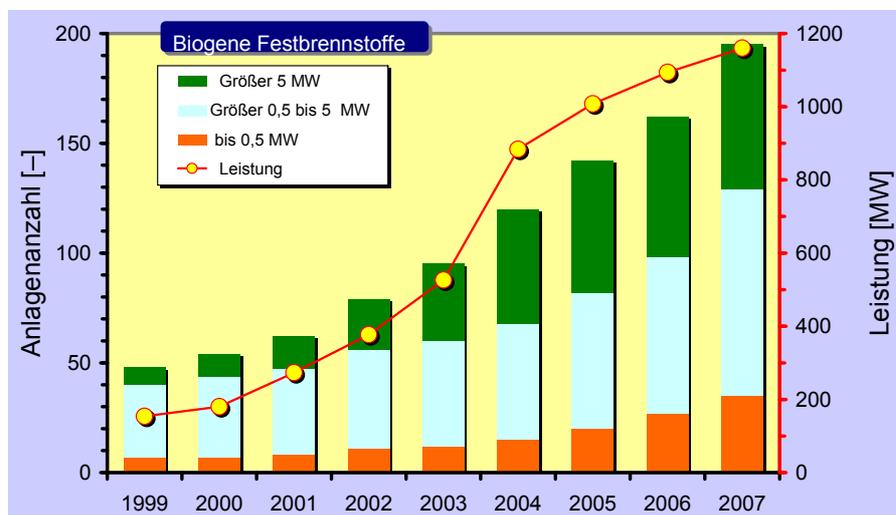


Abb. 2: (Heiz-)Kraftwerke auf der Basis biogener Festbrennstoffe

Allein im Jahr 2007 wurden davon mehr als 30 Biomassekraftwerke mit einer elektrischen Leistung von zusammen rund 70 MW zur Verstromung biogener Festbrennstoffe in Betrieb genommen. Damit verfestigt sich die Tendenz zur Installation kleinerer Anlagen (im Vorjahr 80 MW Zubau mit 20 Biomassekraftwerken). Vor diesem Hintergrund gewinnen auch ORC-Anlagen weiter an Bedeutung, von denen Ende 2007 knapp 40 Anlagen im Betrieb und weitere 15 im Bau waren. Hinzu kommen noch einige kommerziell betriebene Holzvergasungsanlagen im Bereich

kleinerer Leistungen. Schätzungen gehen davon aus, dass Ende 2007 etwa 20 bis 30 Anlagen vorhanden waren, wobei viele dieser Anlagen erhebliche Probleme hinsichtlich der Gasqualität aufwiesen.

Komplettiert wird die Wärme- und Stromerzeugung aus der organischen Müllfraktion. Eine ähnliche Entwicklung wie in den letzten Jahren unterstellt, wurde aus der Biomasse, die u.a. von den kommunalen Abfallentsorgern zusammen mit anderem Müll eingesammelt wird, in Müllverbrennungsanlagen (MVA) 2007 rund 4 TWh Strom und damit gekoppelt zusätzlich Wärme erzeugt, die in der Regel in Nah- oder Fernwärmenetze eingespeist wurde.

5.1.2 Wärmeerzeugung

Im Jahr 2003 wurde der Gesamteinsatz an fester Biomasse (hauptsächlich Holz, primär in Form von Stückholz, Hackgut und Pellets) zur ausschließlichen Wärmebereitstellung in Haushalten, GHD und – mit Einschränkungen – in der Industrie auf 220 bis 260 PJ/a geschätzt. Wegen der anhaltend hohen Preise für fossile Energieträger ist nach 2003 anzunehmen, dass eine forcierte Substitutionen fossiler Energieträger durch biogene Festbrennstoffe stattgefunden hat. Dies wird auch in der verstärkten Nutzung vorhandener Biomasseanlagen und insbesondere der vermehrten Neuinstallation von Biomasseanlagen deutlich. Ausgehend davon lässt sich daraus für 2007 bei einem leichten Rückgang des Zuwachses ein Einsatz von etwa 291 PJ/a ableiten.

Im Unterschied zum robusten Markt für Stückholz und Holzhackschnitzel ist der Boommarkt ‚Pellets‘ insbesondere im ersten Halbjahr 2007 eingebrochen. Dies liegt u.a. an den im Jahr 2006 hohen Pelletpreisen (im Mittel bis zu 265 €/t für lose Ware) und dem milden Winter. Hinzu kommt eine z.T. unsachlich geführte ‚Feinstaubdiskussion‘. Erst Mitte bis Ende 2007 hat sich der Markt – auch wegen der deutlich verbesserten Förderung durch die Bundesregierung – wieder erholt. Dennoch ist der Markt im Vergleich zum Vorjahr um etwa 15 % dezimiertleisch dazu war der Pelletmarkt 2006 durch eine Wachstumsrate von 50 % gekennzeichnet. Insgesamt wurden bis Ende 2007 zusätzlich rund 22.000 Pelletfeuerungen (2006: 26.000) neu installiert; damit ist der Gesamtbestand auf rund 92.000 Anlagen angestiegen (Abbildung 3).

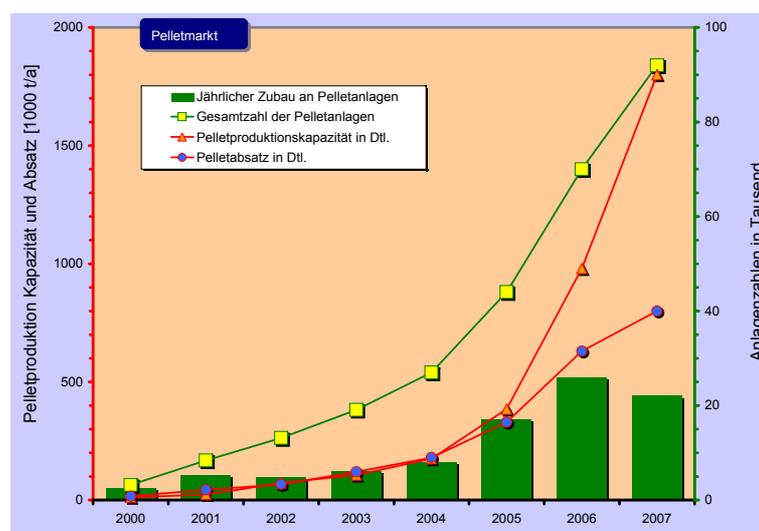


Abb. 3: Pelletmarkt – Anlagenbestand und Zuwachs, Pelletproduktionskapazitäten und Nachfrage

Ende 2007 waren mehr als 40 Pelletproduktionsanlagen (2006: 39) in Betrieb; mindestens 15 bis 20 weitere sind geplant oder im Bau. Die in Deutschland vorhandene Produktions-Kapazität erhöhte sich auf rund 1,8 Mio. t/a Ende 2007. Als Folge dieser Produktionsausweitung werden zunehmend nicht mehr nur Sägemehl und Hobelspäne, sondern auch Holzhackschnitzel und Rundholz eingesetzt. Durch diesen starken Kapazitätsausbau lag die Produktion mit etwa über 1,3 Mio. t/a 2007 deutlich über der Inlandnachfrage von rund 0,9 Mio. t/a (Abbildung 3). Damit entwickelt sich Deutschland zunehmend zu einem Pellet-Exportland. Mithin ist für Deutschland im Jahr 2007 und in den kommenden Jahren eine Selbstversorgung mit Pellets als gesichert anzunehmen.

5.2 Flüssige Bioenergieträger

Der Gesamtverbrauch biogener Kraftstoffe lag 2007 bei etwa 156 PJ; im Vergleich zum Vorjahr (125 PJ) ist dies ein Anstieg um etwa ein Viertel. Den größten Beitrag dazu leistete Pflanzenölmethylester (PME) mit ca. 3,2 Mio. t (118 PJ); davon wurden rund 78 % in Deutschland produziert. 2007 wurden in Deutschland auf rund 1,5 Mio. ha Ackerfläche Raps angebaut; davon wurden etwa 70 % im Kraftstoffsektor eingesetzt. Hinzu kamen rund 10 PJ an Bioethanol (Vorjahr: 12 PJ) – vor allem in Form von etwas mehr als 0,7 Mio. t (28 PJ) an naturbelassenem Pflanzenöl.

Von dem in Deutschland eingesetzten PME – d.h. primär Rapsölmethylester (RME) – wurden rund 56 % als Reinkraftstoff und ca. 44 % als Zumischkomponente zu fossilem Dieselkraftstoff eingesetzt. Daneben wurden zu einem deutlich geringeren Anteil (rund 17 %) naturbelassene Pflanzenöle, insbesondere im Transportgewerbe und in der Landwirtschaft (u.a. als Schlepperkraftstoff), genutzt. Zusätzlich stieg der Einsatz von Bioethanol, insbesondere durch Substitution von MTBE durch ETBE, auf über 8 % an.

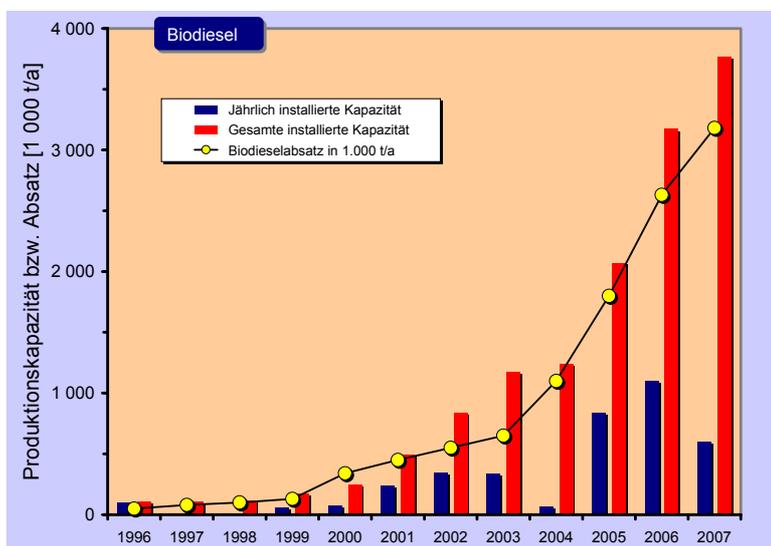


Abb. 4: Biodieselproduktionskapazitäten und der jeweilige jährliche Zubau

In geringem Umfang wird PME auch in stationären Anlagen (insbesondere in BHKW's) genutzt. Dagegen wurden naturbelassene Pflanzenöle – hier insbesondere importierte kostengünstige Öle (z.B. Palmöl) – verstärkt eingesetzt. Insgesamt dürften derzeit etwa 2.700 (Vorjahr: 1.800) Pflanzenöl- und – deutlich eingeschränkter – PME-BHKW's mit einer installierten elektrischen Leis-

tung von insgesamt ca. 400 MW (2006: 240 MW) betrieben werden, die rund 2,7 TWh/a an Strom bereitstellten; dazu wurden rund 25 PJ eingesetzt.

Die PME-Produktionskapazität hat sich 2007 im Vergleich zu den Vorjahren nur noch leicht auf ca. 3,8 Mio. t/a erhöht. Dies entspricht einem Anstieg von knapp 20 %, verglichen mit Ende 2006. Zusätzlich standen aufgrund gestiegener Rohstoffpreise, billiger Importe und der seit 2006 ansteigenden Besteuerung, viele der etwa 44 Anlagen zumindest zeitweise still (Abbildung 4).

Die Bioethanol-Produktionskapazitäten wurden 2007 nur geringfügig von 0,43 auf 0,49 Mio. t/a ausgebaut. Auch hier kam es 2007 wiederholt zu Anlagenstillständen, da der Weizenpreis am Weltmarkt so stark angestiegen war, dass eine Bioethanolproduktion nicht mehr wirtschaftlich darzustellen war.

5.3 Gasförmige Bioenergieträger

Im Jahr 2007 wurden in Deutschland auf hohem Niveau Biogasanlagen u.a. für den Einsatz nachwachsender Rohstoffe installiert. Insgesamt sind rund 450 Anlagen mit einer elektrischen Gesamtleistung von ca. 230 MW – vorwiegend im landwirtschaftlichen Bereich – in Betrieb gegangen. Damit waren Ende 2007 etwa 3.750 Biogasanlagen mit ca. 1.250 MW und einer potenziellen Jahresstromerzeugung von ca. 9,2 TWh/a in Betrieb (Abbildung 5). Die reale Erzeugung lag aber wegen des z.T. erst im Jahresverlauf realisierten Zubaus mit etwa 7,5 TWh darunter.

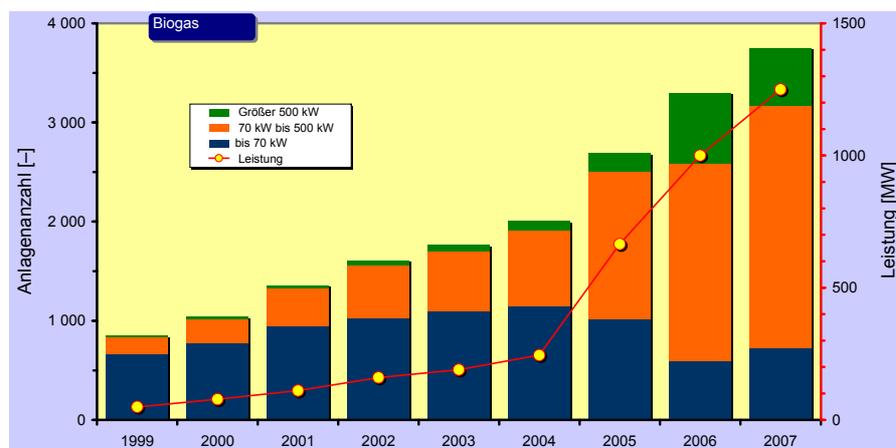


Abb. 5: Landwirtschaftliche Biogasanlagen in Deutschland

Zusätzlich waren Ende 2007 zwei Anlagen zur Biogaseinspeisung ins Erdgasnetz mit einer installierten Gasleistung von jeweils 1 MW im Betrieb. Diese haben 2007 zusammen rund 53 GWh Biomethan ins Gasnetz eingespeist. Hinzu kommt eine kleinere Anlage, die neben Strom auch Treibstoff bereitstellt. Für 2008 wird die Inbetriebnahme weiterer Anlagen erwartet.

Darüber hinaus wird aus Deponie- und Klärgas Strom erzeugt – Ende 2007 schätzungsweise knapp 1 TWh/a, ergänzt durch etwa 700 Klärgasanlagen mit einer Leistung von etwa 160 MW, die insgesamt ca. 0,9 TWh Strom erzeugten.

6. Schlussbetrachtung

Anliegen dieses Beitrags war, für Deutschland die vorhandenen Biomassepotenziale und deren Nutzungsmöglichkeiten zusammenzustellen und ausgehend davon die möglichen Beiträge zur Deckung der End- bzw. Nutzenergienachfrage zu erheben. Die aufgezeigten Zusammenhänge können wie folgt zusammengefasst werden.

- Die technischen Bioenergiepotenziale in Deutschland sind vergleichsweise groß und energie-wirtschaftlich relevant; sie liegen gegenwärtig bei ca. 8 % bezogen auf den Primärenergiever-brauch.
- Es gibt eine Vielzahl von Umwandlungspfaden und Konversionstechnologien, mit denen die unterschiedlichsten verfügbaren Biomassefraktionen in Wärme, Strom und Kraftstoffe ge-wandelt werden können; die technischen Konversionsmöglichkeiten haben in den letzten Jah-ren tendenziell zugenommen.
- Ausgehend von den verfügbaren Wandlungsmöglichkeiten errechnen sich Endenergiepoten-ziale (Tabelle 2), die merklich zur Deckung der Endenergienachfrage im deutschen Ener-giesystem beitragen könnten.

	Endenergiepot. Strom (TWh/a)	Endenergiepot. Wärme (PJ/a)	Endenergiepot. Kraftstoff (PJ/a)
Halmgutartige Rückstände, Nebenprodukte und Abfälle	14 – 25 ^a	134 – 186 ^c	71 – 145 ^e
Holzartige Rückstände, Nebenprodukte und Abfälle	44 – 68 ^a	422 – 507 ^c	225 – 394 ^e
Sonstige Rückstände, Nebenprodukte und Abfälle (inkl. Klär-/Deponiegas)	13 – 18 ^b	95 – 108 ^d	111 – 162 ^f
Energiepflanzen auf 2 Mio. ha	20 – 44 ^a	274 – 329 ^c	103 ^g 120 – 252 ^h 164 – 211 ^f 146 – 256 ^e
Summe	91 – 126 (328 – 453 PJ/a)	925 – 1.130	511 – 962

^a Einsatz in Biomassekraftwerken der 20 MW-Klasse (elektr. Wirkungsgrade von 28 bis 32 %) bzw. Zufeuerung in vorhandenen Kohlekraftwerken der neuesten Generation (elektr. Wirkungsgrade von 35 bis 43 %); ^b Einsatz in BHKW (elektr. Wirkungsgrade von 30 bis 35 %); ^c Einsatz in Biomasseheizungen sowie in -heizwerken (75 bis 90 % Wirkungsgrad); ^d gesamte potenzielle Wärmebereitstellung bei vollständiger Biogasnutzung in BHKW; ^e Umwandlungswirkungsgrade der Synthese (z.B. Bio-SNG, Fischer-Tropsch-Diesel) von 40 bis 70 %; ^f Biogas mit Aufbereitungswirkungsgrad einschließlich Verteilungsverluste von 70 bis 90 %; ^g Pflanzenöl bzw. RME aus Raps; ^h Ethanol aus Weizen bzw. Zuckerrüben

Tab. 2: Endenergiepotenziale aus Biomasse in Deutschland (1 TWh = 3,6 PJ)

Damit ist die Biomasse eine wesentliche Option für ein zukünftiges, mehr auf regenerativen Ener-gieträgern basierendes Energiesystem. Dabei ist jedoch nicht zu vergessen, dass Biomasse be-reits heute merklich zur Deckung der Energienachfrage beiträgt (Abbildung 6). Biomasse ist in

Deutschland (und weltweit) ein regenerativer Energieträger, der – und das bei steigender Tendenz – am weitestgehenden genutzt wird.

- *Strom:* Strom aus Biomasse (einschließlich des regenerativen Müllanteils) trug 2007 mit rund 23,4 TWh zur erneuerbaren Strombereitstellung in Deutschland bei.
- *Wärme:* Zusammen mit der KWK-Wärme aus Biomasseanlagen ergibt sich eine Wärmebereitstellung aus Biomasse (im Wesentlichen biogene Festbrennstoffe) von rund 357 PJ für das Jahr 2007.
- *Verkehr:* 2007 wurden rund 156 PJ an biogenen Kraftstoffen in Deutschland – hier primär Rapsölmethylester – eingesetzt.

Wird diese Nutzung auf die vorhandenen Potenziale bezogen, so zeigt sich, dass die Biomasse in den kommenden Jahren deutlich zunehmend zur Deckung der Energienachfrage in Deutschland beitragen könnte. Dies gilt umso mehr, als zu erwarten ist, dass als Folge der demografischen Entwicklung und steigender Erträge weitere Flächen brachfallen, die dann zur Biomasseerzeugung genutzt werden könnten.

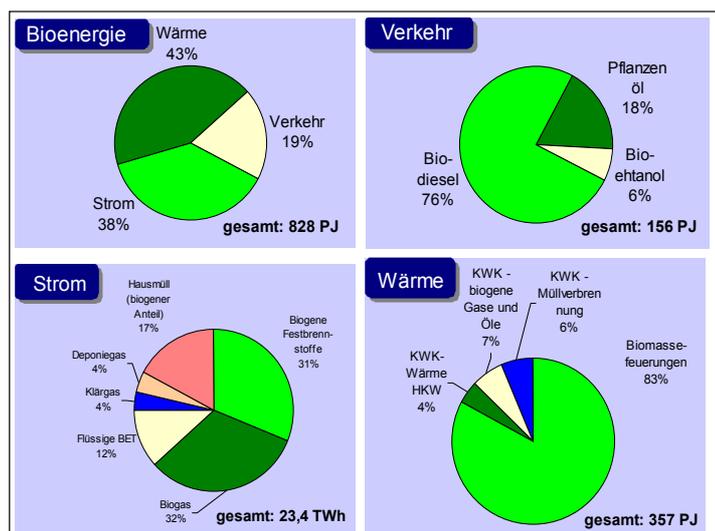


Abb. 6: Bioenergienutzung in Deutschland

Diese Situation ist nicht nur in Deutschland gegeben; auch in vielen anderen europäischen Staaten – insbesondere in den neuen osteuropäischen EU-Mitgliedsstaaten – sind die Bedingungen ähnlich. Damit ist zu erwarten, dass zukünftig die energetische Nutzung der Biomasse – auch wegen der Setzung der energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen – merklich an Bedeutung gewinnen wird. Dies gilt aus gegenwärtiger Sicht sowohl für den Wärme- und Strom- als auch den Kraftstoffmarkt.

Literatur

Thrän, D.: Biomasse – Herkunft und Anwendung. In: Materialienband zur VWEW-Fachtagung „Biomassennutzung in Heizkraftwerken und landwirtschaftlichen Biogasanlagen“ am 29. Juni 2006 in Kassel

- Thrän, D., et al: Nachhaltige Biomassenutzungsstrategien im europäischen Kontext; Analyse im Spannungsfeld nationaler Vorgaben und der Konkurrenz zwischen festen, flüssigen und gasförmigen Bioenergieträgern, Leipzig 2005
- Thrän, D.: Biogene Festbrennstoffe – Stand und Perspektiven der Erzeugung und Nutzung in Deutschland. Beitrag im Rahmen der Tagung von DAF, FNR, KTBL im FORUM der FAL „Energie aus Biomasse“ am 25./26.10.06 in Braunschweig (www.agrarforschung.de)
- Kaltschmitt, M.; Hartmann, H. (Hrsg.): Energie aus Biomasse; Springer, Berlin, Heidelberg, 2001
- Kaltschmitt, M.; Thrän, D.: Bioenergie; in Bullinger, H.-J. (Hrsg.): Technologieführer – Grundlagen, Anwendungen, Trends; Springer, Berlin/Heidelberg, 2006
- Witt, J.; Kaltschmitt, M.: Biomass Pellets for the Power Plant Sector; VGB PowerTech 87 (2007), 9, S. 94-101
- Kaltschmitt, M.; Thrän, D.: Logistik bei der Versorgung von Anlagen zur energetischen Nutzung biogener Festbrennstoff – Anforderungen und Randbedingungen; Zeitschrift für Energiewirtschaft 30 (2006), 4, S. 247-256
- Lenz, V.; Kaltschmitt, M.; Brauer, S.: Erneuerbare Energien – Stand 2006; BWK 59 (2007), 4, S. 84-96
- Lenz, V.; Kaltschmitt, M.; Edel, M.: Erneuerbare Energien – Stand 2007; BWK 60 (2008), 4 (in Vorbereitung)
- Thrän, D.; Kaltschmitt, M.: Konkurrenzen bei der Bioenergieerzeugung – Hemmnis oder Anreiz für den weiteren Ausbau?; Zeitschrift für Energiewirtschaft 31 (2007), 1, S. 57-66

[25.04.08]

Anschrift der Autoren:

Prof. Dr.-Ing. Martin Kaltschmitt
Deutsches BiomasseForschungsZentrum (DBFZ)
Torgauer Str. 116
D – 04347 Leipzig

Technische Universität Hamburg-Harburg (TUHH)
Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft (IUE)
Eissendorfer Str. 40
D – 21073 Hamburg