

# Biogene Brennstoffe im Energiesystem



Kaum ein Energierohstoff bietet so viele Anwendungsvarianten und Nutzungsaspekte wie die Biomasse. Da auch der technologische Entwicklungsstand je nach Verfahren sehr unterschiedlich sein kann und sehr vielfältige Umweltwirkungen vorliegen, ist eine umfassende Darstellung kaum möglich. Für eine grobe Einführung in das Thema „Bioenergie“ sollen daher nachfolgend lediglich einige ökologische und technische Orientierungshilfen gegeben werden.

## 2.1 Globale Vorteile der Biomasse

Im Gegensatz zu den fossilen Energieträgern (z. B. Kohle, Erdöl, Erdgas, Uran) gelten biogene Brennstoffe als klimaschonend, da es durch ihre Nutzung kaum zur Erhöhung der Konzentration an klimawirksamen Gasen in der Erdatmosphäre kommt. Bei diesen klimawirksamen Gasen handelt es sich vor allem um Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ), das bei der Verbrennung fossiler Energieträger freigesetzt wird, aber auch um Methan ( $\text{CH}_4$ ) oder Distickstoffoxid ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Diese Gase werden für den sogenannten anthropogenen Treibhauseffekt verantwortlich gemacht; er führt letztlich zu einer Veränderung des Weltklimas.

Bei der energetischen Nutzung von Biomasse wird zwar ebenfalls Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) freigesetzt, allerdings wurde die dabei emittierte Menge an  $\text{CO}_2$  zuvor durch das Pflanzenwachstum der Atmosphäre entzogen und in der organischen Masse gebunden (Abb. 2.1). Dennoch sind auch biogene Energieträger nicht vollkommen „ $\text{CO}_2$ -neutral“, da – selbst bei nachhaltiger Produktionsweise – fossile Energieträger für die Bereitstellung und Nutzung der Biomasse benötigt werden

(z. B. für die Produktion von Düngemitteln, bei Ernte und Transport oder als elektrische Energie für die Beschickung oder Feuerungsregelung).

Ein weiterer Vorteil der Biomasse liegt in der Schonung der endlichen fossilen Energieressourcen. Alle biogenen Brennstoffe lassen sich letztlich auf den Photosyntheseprozess als „Herstellungsverfahren“ zurückführen, es handelt sich also um eine indirekte Solarenergienutzung. Das gilt für sämtliche Biomassefraktionen wie holzartige Reststoffe, halmgutartige Rückstände und Nebenprodukte, Dung bzw. das daraus gewinnbare Biogas sowie den Energiepflanzenanbau. Als „gespeicherte Sonnenenergie“ ist die Biomasse somit eine erneuerbare („regenerative“) und damit in menschlichen Zeitvorstellungen quasi unerschöpfliche Energiequelle [2-8]. Zumindestens gilt das wenn sie nachhaltig erzeugt wird, das heißt, dass im Mittel nur die Menge an organischer Masse genutzt werden darf, die wieder nachwächst, wobei die Produktivität der Aufwuchsflächen langfristig erhalten bleiben muss. Hierin liegt auch der wesentliche

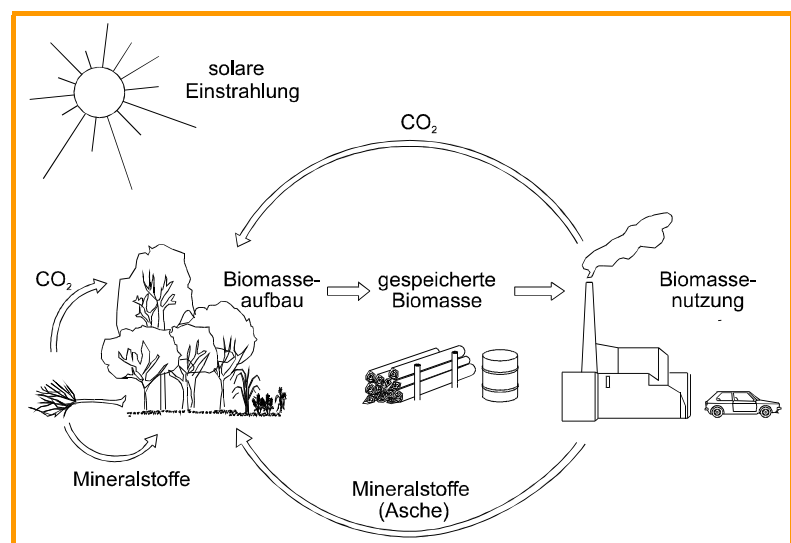


Abb. 2.1: Geschlossene Stoffkreisläufe in Bioenergiesystemen



# 2

Unterschied zu den nicht erneuerbaren (fossilen) Energieträgern wie Kohle, Erdöl, Erdgas.

## 2.2 Definitionen

**Biomasse.** Unter dem Begriff Biomasse werden sämtliche Stoffe organischer Herkunft (d. h. kohlenstoffhaltige Materie) verstanden. Biomasse beinhaltet damit

- die lebende oder abgestorbene (aber noch nicht fossile) Pflanzen- und Tiermasse (z. B. Holz oder Stroh),
- die daraus resultierenden Rückstände (z. B. tierische Exkremente wie Dung),
- alle weiteren organischen Stoffe, die durch eine technische Umwandlung entstanden sind oder bei der stofflichen oder Nahrungsmittelnutzung anfallen (z. B. Pflanzenöl, Alkohol, Papier, Schlachthofabfälle).

Die Abgrenzung der Biomasse gegenüber den fossilen Energieträgern beginnt beim Torf, dem fossilen Sekundärprodukt der Verrottung. Damit zählt Torf im strengerem Sinn dieser Begriffsabgrenzung nicht mehr zur Biomasse. Dies widerspricht der in einigen Ländern (u. a. Schweden, Finnland) üblichen Praxis, wo Torf auf Grund der hohen Nachbildungsraten zur Biomasse gezählt wird /2-8/.

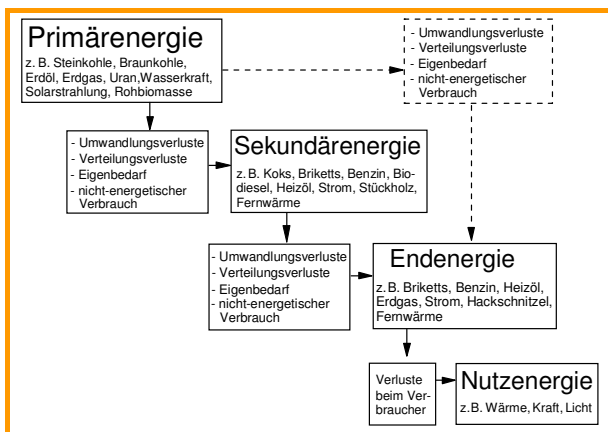


Abb. 2.2: Energiewandlungskette /2-8/

**Energien und Energieträger.** Unter einem Energieträger wird ein Stoff verstanden, aus dem direkt oder durch eine oder mehrere Umwandlungen Nutzenergie gewonnen werden kann. Energieträger können nach dem Grad der Umwandlung unterteilt werden in Primär- und Sekundärenergieträger sowie Endenergieträger (Abb. 2.2). Der jeweilige Energieinhalt (z. B. gemessen in GJ/t) dieser Energieträger ist die Primärenergie bzw. die Sekundärenergie oder Endenergie. Aus Letz-

terer wird schließlich die Nutzenergie gewonnen. Diese einzelnen Begriffe sind wie folgt definiert:

- Unter der Primärenergie werden Energieformen oder Energieträger verstanden, die noch keiner technischen Umwandlung unterworfen wurden.
- Sekundärenergieträger werden durch Umwandlungen in technischen Anlagen aus Primär- oder anderen Sekundärenergieträgern hergestellt. Dabei kommt es u. a. zu Umwandlungs- und Verteilungsverlusten.
- Unter Endenergieträgern (bzw. Endenergie) werden die Energieformen verstanden, die der Endverbraucher bezieht (z. B. Heizöl oder Rapsöl im Öltank vor dem Ölbrenner, Scheitholz oder Holzhackschnitzel an der Feuerungsanlage, elektrische Energie vor dem Stromzähler, Fernwärme an der Hausübergabestation).
- Als Nutzenergie wird letztlich die Energie bezeichnet, die nach der letzten Umwandlung in den Geräten des Verbrauchers für die Befriedigung der jeweiligen Bedürfnisse (z. B. Raumtemperierung, Nahrungszubereitung, Information, Beförderung) zur Verfügung steht. Sie wird gewonnen aus Endenergieträgern bzw. der Endenergie, vermindert um die Verluste dieser letzten Umwandlung (z. B. Verluste infolge der Wärmeabgabe einer Glühbirne für die Erzeugung von Licht, Verluste in einer Hackschnitzelfeuerung bei der Nutzwärmebereitstellung).

## 2.3 Potenziale und Nutzung

Der Primärenergieverbrauch in Deutschland (2005: rund 14.210 Petajoule/a /2-3/) wird von den fossilen Energieträgern und der Kernenergie dominiert. Nach wie vor ist das Mineralöl mit 36 % der wichtigste Energieträger in der deutschen Energiewirtschaft. Kohle (Stein- und Braunkohle) und Erdgas leisten mit 24,1 % bzw. 22,7 % einen etwa gleich großen Beitrag, gefolgt von der Kernenergie mit 12,5 %. Regenerative Energien (in erster Linie Biomasse, Wind- und Wasserkraft) tragen zunehmend mit heute bereits ca. 4,6 % Anteil zur Primärenergieversorgung bei und decken 6,4 % des Endenergiebedarfs /2-13/.

Unter den Alternativen einer zukünftigen Energieversorgung ist die Ausgangslage für die Biomasse besonders günstig. Anders als bei den übrigen regenerativen Energieträgern kann ihr Potenzial auch nahezu vollständig ausgenutzt werden, da sie sich in weitaus größerem Maß bedarfsgerecht einsetzen lässt. Hier wirkt sich aus, dass es sich um chemisch gebun-

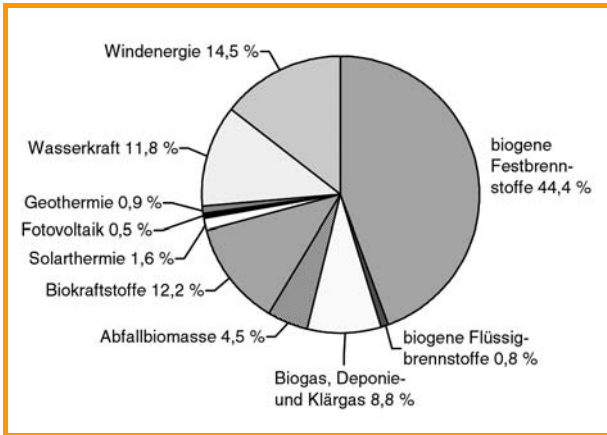


Abb. 2.3: Struktur der Primärenergiebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland (2005). Beitrag insgesamt: 658 PJ/a (nach /2-4/)

dene und damit transportier- und speicherbare Sonnenenergie handelt, die somit nicht darauf angewiesen ist, dass Energieangebot und -nachfrage jederzeit räumlich und zeitlich zusammentreffen müssen. Bei den übrigen regenerativen Energien – beispielsweise bei der solarthermischen oder geothermischen Wärmenutzung – sind diese Vorteile nicht gegeben.

Daher gilt die Biomasse bei der Sicherung der zukünftigen Energieversorgung in Deutschland als besonderer Hoffnungsträger, ihr technisches Potenzial für eine energetische Nutzung ist erheblich. Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass derzeit hierzulande ein Beitrag von insgesamt mindestens 1.250 Petajoule (PJ) pro Jahr möglich wäre /2-12/, das entspricht etwa 9 % des gesamten Primärenergieverbrauchs von ca. 14.210 PJ/a (Kapitel 1.3). Dabei teilt sich das Biomassepotenzial auf in ca. 730 PJ/a aus Nebenprodukten, Rückständen und Abfällen (als Festbrennstoffe), ca. 180 PJ/a aus der Biogasgewinnung (ohne Maissilage) und ca. 340 PJ/a aus dem Anbau spezieller Energiepflanzen wie z. B. Kurzumtriebsplantagen, Miscanthus oder Raps als Öl- und Festbrennstoff-liefernde Pflanze.

Allerdings sind darin die erwarteten Ertrags- und Effizienzsteigerungen der kommenden Jahre noch nicht eingerechnet. Auch wurde beim Energiepflanzenanbau lediglich eine landwirtschaftliche Anbaufläche in Deutschland von 2,0 Mio. ha unterstellt. Ein höherer Flächenansatz erscheint somit für die Zukunft realistisch. Die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) beziffert die zukünftige Anbaufläche mittlerweile auf 4,3 Mio Hektar, auf denen bis zum Jahr 2030 eine Energiemenge von 1.300 Petajoule erzeugt werden könnte. Zusammen mit den Produktivitätssteigerungen bei den Nebenprodukten und

Rückständen rechnet die FNR mit einem Potenzial von 2.200 Petajoule pro Jahr. Das entspricht 17,4 % des Gesamtenergiebedarfs in Deutschland, wobei gegenüber heute kein nennenswerter Bedarfsanstieg angenommen wird /2-6/. Energiepflanzen und Stroh würden demnach mit ca. 59 % den größten Potenzialbeitrag liefern, gefolgt von Holz (34 %) und Biogas (7 %).

**Heutige Nutzung.** Die Biomasse leistet schon heute den größten Einzelbeitrag unter den erneuerbaren Energien in Deutschland. Insgesamt werden 70,7 % der erneuerbaren Primärenergie aus festen, flüssigen und gasförmigen Biomasse-Brenn- und Kraftstoffen bereitgestellt (Abb. 2.3). Die Festbrennstoffe allein bestreiten hierbei über 44 % des gesamten regenerativen Energieaufkommens, sie dominieren auch die Biomassenutzung mit 63 % Anteil.

Der Einsatzschwerpunkt für Biomasse-Festbrennstoffe liegt eindeutig im Wärmemarkt. Etwa 94 % der Wärmeerzeugung aus regenerativen Energien stammt derzeit aus der Biomassenutzung, bei der die Fest-

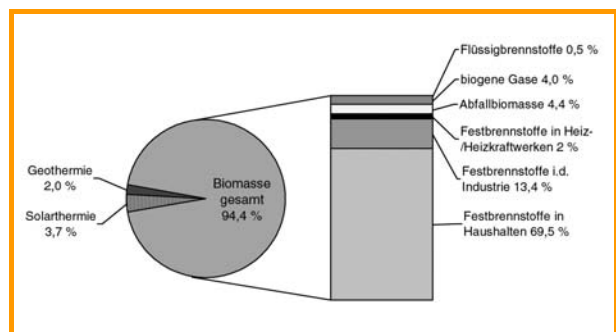


Abb. 2.4: Derzeitige Struktur der Wärmenutzung aus erneuerbaren Energiequellen in Deutschland (nach /2-13/)

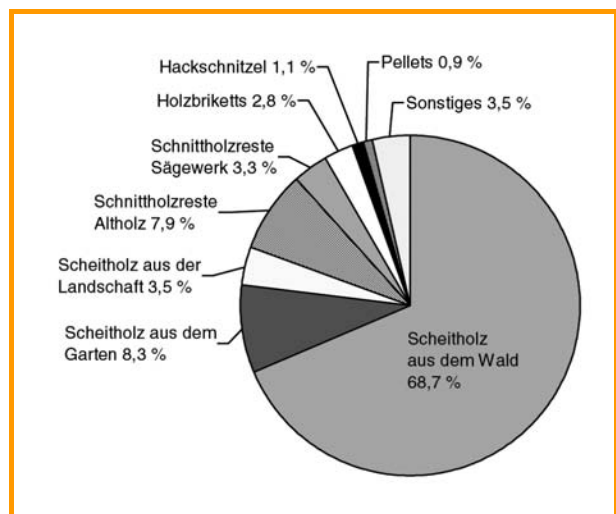


Abb. 2.5: Holzeinsatz als Brennstoff in privaten Haushalten (nach /2-9/)

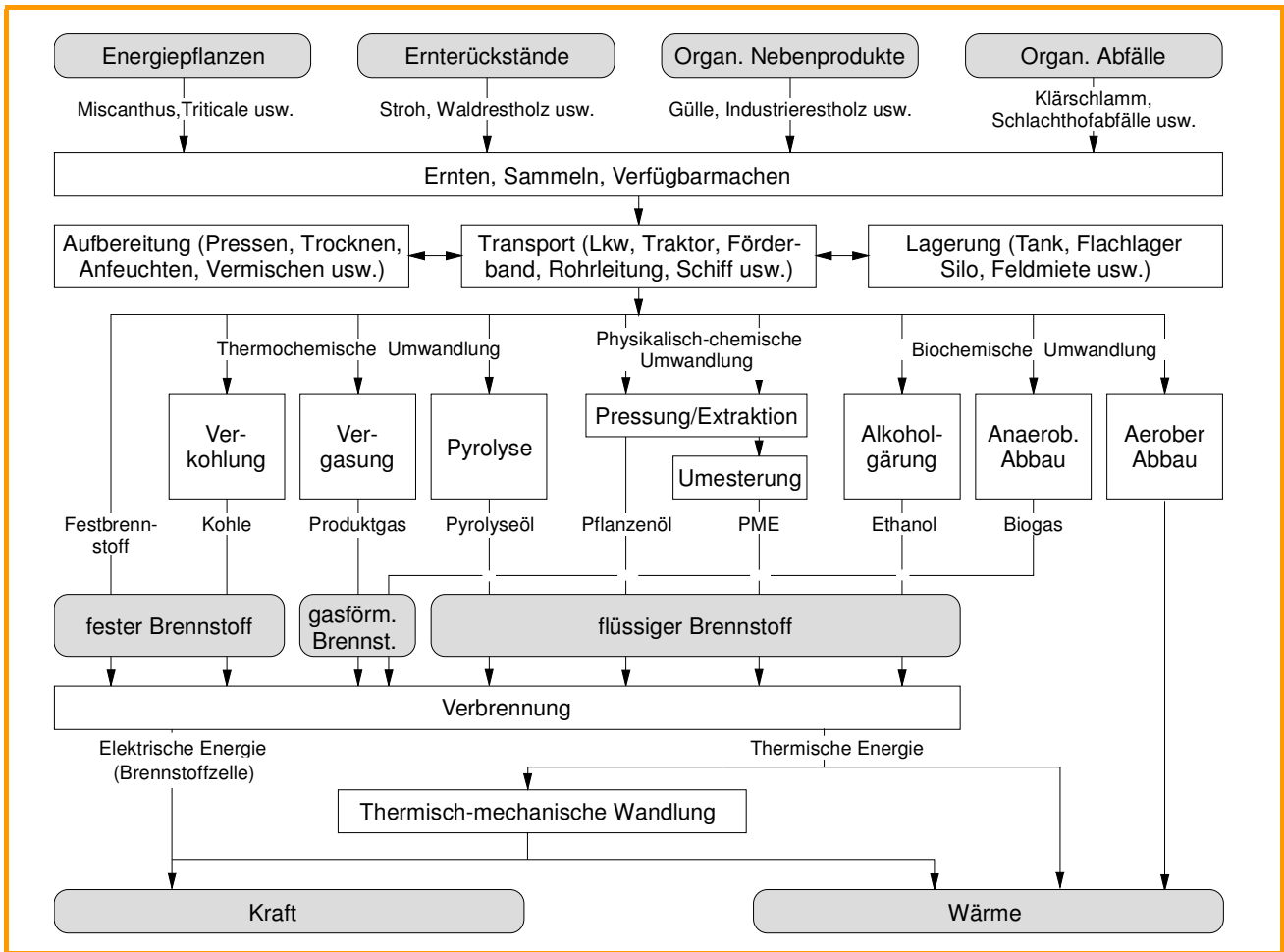


Abb. 2.6: Schematischer Aufbau typischer Bereitstellungsketten zur End- bzw. Nutzenergiebereitstellung aus Biomasse (grau unterlegte Kästen: Energieträger, nicht grau unterlegte Kästen: Umwandlungsprozesse) /2-8/

brennstoffe mit 85 Prozentpunkten den größten Einzelbeitrag liefern (Abb. 2.4). Sie decken damit ca. 4,5 % des Wärmebedarfs in Deutschland ab /2-13/. Zur Stromerzeugung (Einspeisung) tragen die biogenen Festbrennstoffe derzeit zu 0,88 % bei (hauptsächlich durch Altholznutzung). Ihr Anteil liegt damit noch vor den Biogasanlagen, die bei 0,41 % Beitrag rangieren /2-13/.

Als eine wesentliche Stütze der Biomassenachfrage gelten die privaten Haushalte. Schätzungen zufolge liegt die Zahl der Feuerungen, die hier betrieben werden, bei über 9 Millionen, wobei es sich zu etwa 97 % um Einzelfeuerstätten handelt /2-7/. Diese verzeichnen in jüngster Zeit einen größeren Zuwachs.

Mit mehr als zwei Dritteln Anteil ist somit das Scheitholz aus dem Wald der wichtigste Biomassebrennstoff der privaten Haushalte. Zusammen mit dem Schnittholz aus anderen Quellen kommt das stückige Holz auf insgesamt 80,5 %. Dagegen sind die Pellets und Hackschnitzel noch relativ gering vertreten (Abb. 2.5). In dieser Brennstoffverteilung spiegelt

sich auch die überwältigend große Zahl an Einzelfeuerstätten wider, die im Gebäudebestand bereits vorhanden ist und derzeit weiter anwächst. Zugleich werden vorhandene Anlagen heute auch stärker als Zusatzheizung eingesetzt, um beispielsweise Heizöl- oder Erdgaskosten zu sparen.

Der Brennholzverbrauch der Haushalte wird für 2005 auf insgesamt 20,7 Mio. Festmeter beziffert, wobei zwischen den Jahren 2000 und 2005 ein 80 %iger Zuwachs festgestellt wurde /2-9/. In einer anderen Erhebung wurde der Gesamtverbrauch allein an Scheitholz in Deutschland für 2005 mit 13 Mio. t angegeben /2-1/. Scheitholz wird mit fast 80 % Anteil überwiegend durch Eigentümer von Einfamilienhäusern eingesetzt /2-9/. Vermieter oder Mieter von Ein- und Mehrfamilienhäusern tragen somit nur zu etwa einem Fünftel zum Scheitholzverbrauch bei /2-9/. Im Durchschnitt liegt der Scheitholzverbrauch der privaten Haushalte bei ca. 4,1 Festmeter pro Jahr, das entspricht ca. 7,5 Raummeter gestapeltes Holz. Bei Waldbesitzern ist der Holzverbrauch mit 9 Fm/a bzw. ca.

16 Rm/a allerdings überdurchschnittlich hoch, während er bei den Nicht-Waldbesitzern mit 3,5 Fm/a bzw. 6,3 Rm/a deutlich geringer ist /2-9/.

## 2.4 Technische Nutzungspfade für Biomasse

Die Möglichkeiten einer energetischen Biomassenutzung sind vielfältig. Im einfachsten Fall wird beispielsweise Holz nach einer mechanischen Aufbereitung (z. B. Hacken, Spalten) direkt in einer Feuerungsanlage verbrannt. Für zahlreiche andere Anwendungen (z. B. Treibstoff im Transportsektor oder die Stromerzeugung) ist es aber sinnvoll oder sogar notwendig, flüssige oder gasförmige Sekundärenergieträger herzustellen. Der Umwandlung in Nutzenergie sind somit

Veredelungsprozesse vorgeschaltet. Das führt z. B. zu Verbesserungen bei der Energiedichte, der Handhabung, der Speicher- und Transporteigenschaften oder der Umweltverträglichkeit der energetischen Nutzung.

Die Veredelungsverfahren, durch die die Biomasse in feste, flüssige oder gasförmige Sekundärenergieträger umgewandelt werden, lassen sich unterscheiden in thermochemische, physikalisch-chemische und biochemische Verfahren. Eine Übersicht über die prinzipiellen Möglichkeiten zeigt Abb. 2.6. Von diesen Nutzungspfaden werden im vorliegenden Handbuch jedoch nur die dezentral (kleintechnisch) anwendbaren Verfahren angesprochen, bei denen die Vielfalt stark eingeschränkt ist. Für weitergehende Betrachtungen sei deshalb auf die vertiefende Literatur verwiesen (vgl. /2-5/, /2-8/).

