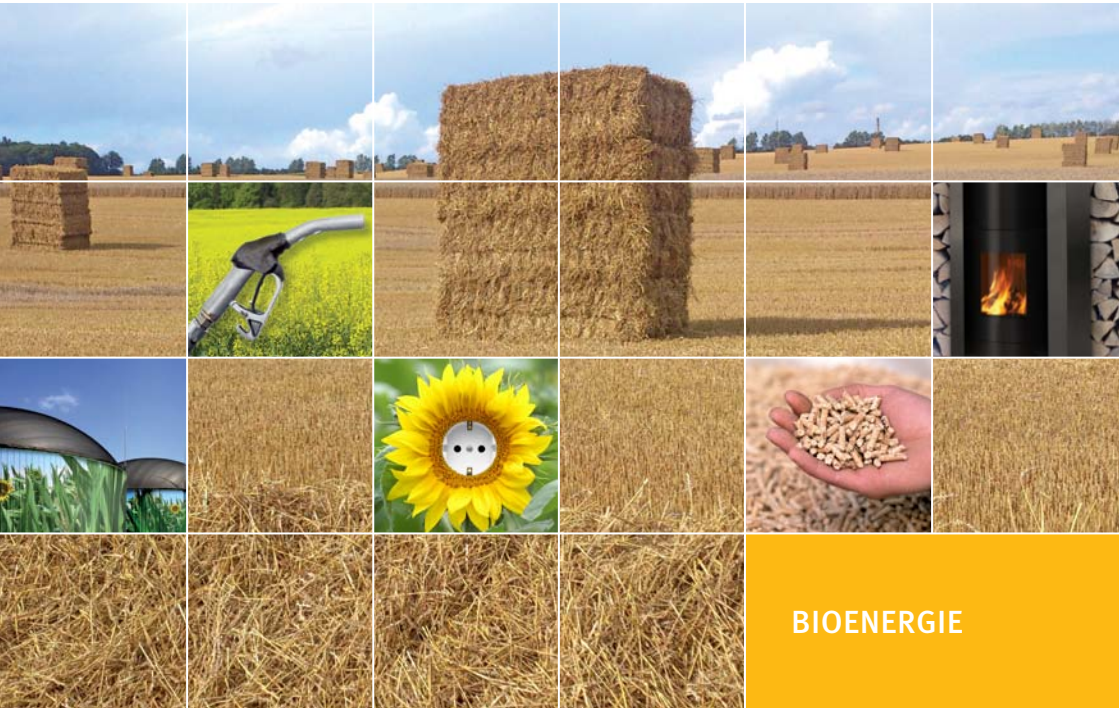
bioenergie.fnr.de

BIOENERGIE

die vielfältige erneuerbare Energie



Gefördert durch:

Bundesministerium für
Ernährung, Landwirtschaft
und Verbraucherschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

FNR
Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

IMPRESSUM

Herausgeber
Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)
OT Gülzow, Hofplatz 1
18276 Gülzow-Prüzen
Tel.: 03843/6930–0
Fax: 03843/6930–102
info@fnr.de
www.nachwachsende-rohstoffe.de
www.fnr.de

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz aufgrund eines
Beschlusses des Deutschen Bundestages

Redaktion
Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR),
Abteilung Öffentlichkeitsarbeit

Bilder
Titel: Dr. H. Hansen, FNR/
Sofern nicht am Bild vermerkt: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)

Gestaltung/Realisierung
www.tangram.de, Rostock

Druck
www.druckerei-weidner.de, Rostock

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier
mit Farben auf Pflanzenölbasis

Bestell-Nr. 196
5. überarbeitete Auflage
FNR 2013

BIOENERGIE

die vielfältige erneuerbare Energie

5. überarbeitete Auflage (2013)

VORWORT

Bioenergie ist Deutschlands bedeutendster erneuerbarer Energieträger und wird dies auch in absehbarer Zeit bleiben. Mit rund zwei Drittel trägt die Bioenergie den größten Anteil zur Energiebereitstellung aus Erneuerbaren Quellen bei. So ist Biomasse im Kraftstoffsektor bislang die einzige und bei der Wärmeerzeugung mit rund 90 Prozent die ganz überwiegende regenerative Energiequelle. Bei der Erzeugung erneuerbaren Stroms steht die Bioenergie nach der Windkraft und vor der Photovoltaik an zweiter Stelle. Bioenergie leistet damit einen wesentlichen Beitrag zur Schonung fossiler Ressourcen, zur Minderung der Abhängigkeit vom Erdöl, zum Klimaschutz und zu Wertschöpfung und Beschäftigung im ländlichen Raum.

Vor dem Hintergrund endlicher fossiler Ressourcen und des voranschreitenden Klimawandels stehen Deutschland und Europa vor der dringenden Aufgabe, die Energieversorgung effizienter und umweltverträglicher zu gestalten. Energie aus nachhaltig erzeugter Biomasse ist dabei ein sehr wichtiger Baustein. Die EU und die Bundesregierung planen daher, die Nutzung der Bioenergie weiter deutlich auszubauen. Die Zielvorgaben sind in verschiedenen Richtlinien und Plänen festgeschrieben. In ihnen zeigen die Regierungen außerdem Möglichkeiten und Potenziale einer nachhaltigen Biomassenutzung auf und legen dar, mit welchen Maßnahmen die Bioenergie – eingebettet in das Gesamtkonzept der Energieversorgung – entwickelt werden soll.

Ziel ist es, den Bioenergieanteil künftig deutlich zu erhöhen und gegenüber dem aktuellen Stand in etwa zu verdoppeln. Die Treibhausgasminderungswerte und die Energieeffizienz der Bioenergie sollen weiter verbessert werden. Besonderer Wert wird auf den Einsatz nachhaltig erzeugter Biomasse zur Erzeugung von Bioenergie gelegt. Die Planungen der Bundesregierung beinhalten dabei die verbesserte Erschließung von Reststoffpotenzialen und den Ausbau der Nutzung von Energiepflanzen.

Diese Broschüre will Ihnen einen Überblick über diese vielfältigen Möglichkeiten, Vorteile und Chancen geben, die sich mit der Nutzung von Biomasse und Bioenergie verbinden.

Dr.-Ing. Andreas Schütte,
Geschäftsführer Fachagentur
Nachwachsende Rohstoffe e. V.

INHALT

1	**Biomasse – der vielseitige erneuerbare Energieträger**	4
2	**Biomasse ist gespeicherte Sonnenenergie – die biochemischen Grundlagen**	7
3	**Politische Ziele, Gesetze und Rahmenbedingungen**	9
4	**Biomasse-Potenziale**	14
5	**Biomasse und Nachhaltigkeit**	17
6	**Biomassegewinnung durch Energiepflanzenanbau**	21
7	**Bioenergieträger und ihre Nutzung**	25
7.1	Feste Bioenergieträger	25
7.2	Biogas	32
7.3	Biokraftstoffe als flüssige Bioenergieträger	40
8	**Bioenergiedörfer und Bioenergie-Regionen**	47
9	**Weiterführende Informationen und Quellen**	48

1 BIOMASSE – DER VIELSEITIGE ERNEUERBARE ENERGIETRÄGER

Für Biomasse finden sich verschiedene Begriffsbestimmungen und Definitionen. Weit gefasst bezeichnet Biomasse die Gesamtheit aller Lebewesen, einschließlich des abgestorbenen Materials. Im Kontext der Erneuerbaren Energien werden alle organischen Stoffe pflanzlichen oder tierischen Ursprungs, die als Energieträger genutzt werden, als Biomasse bezeichnet.

Die Europäische Union definiert in ihrer Erneuerbare-Energien-Richtlinie Biomasse folgendermaßen: Biomasse ist der biologisch abbaubare Teil von Erzeugnissen, Abfällen und Reststoffen der Landwirtschaft mit biologischem Ursprung (einschließlich tierischer und pflanzlicher Stoffe), der Forstwirtschaft und damit verbundener Wirtschaftszweige einschließlich der Fischerei und der Aquakultur. Auch der biologisch abbaubare Teil von Abfällen aus Industrie und Haushalten zählt nach dieser Definition zur Biomasse.

Biomasse ist damit also u. a.

- Pflanzen und Pflanzenbestandteile und die aus Pflanzen oder Pflanzenbestandteilen hergestellten Energieträger;
- Abfälle und Nebenprodukte (pflanzlicher und tierischer Herkunft) aus Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft und den jeweils nachgelagerten Verarbeitungsbetrieben;
- Restholz aus Betrieben der Holzbe- und -verarbeitung und der Holzwerkstoffindustrie;
- Landschaftspflegegut und Treibsel aus Gewässerpflege, Uferpflege und -reinhaltung;
- Altholz bzw. Gebrauchtholz und
- Bioabfälle.

Nicht als Biomasse gelten biogene fossile Brennstoffe wie Erdöl, Kohle, Erdgas und Torf, da diese sich nicht in überschaubaren Zeiträumen regenerieren und damit nicht die Kriterien der Erneuerbarkeit erfüllen.

Holz mit seinen verschiedenen Herkünften ist derzeit im Bereich Biomasse der bedeutendste Energieträger. Holz kommt dabei nicht allein aus dem Wald. Neben Waldrestholz sind als bedeutende Holzaufkommen u. a. Gebrauchtholz/Altholz, Industrierestholz, Holz aus der Landschaftspflege und Holz aus der Landwirtschaft (Agrarholz, Kurzumtriebsplantagen) zu nennen.

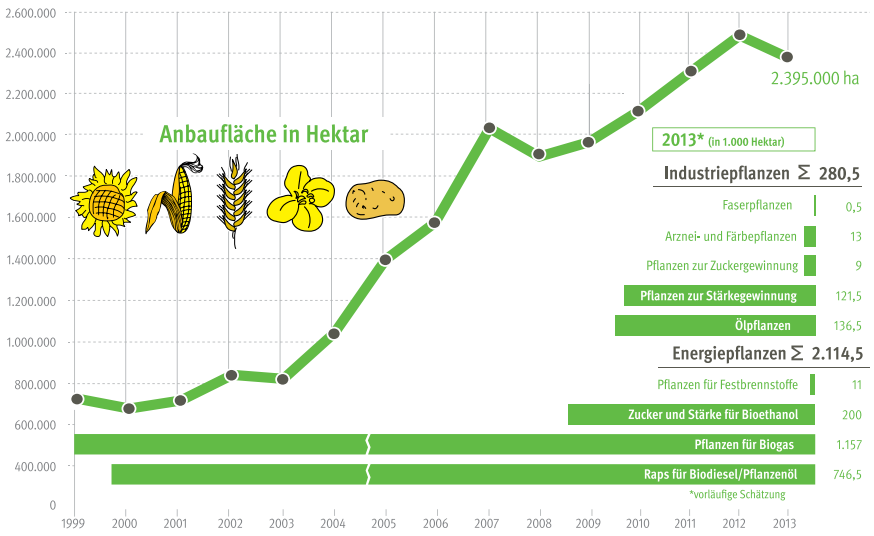
Mit Blick auf die Möglichkeiten und Potenziale werden Energiepflanzen beim geplanten Ausbau der Energieerzeugung aus Biomasse künftig den größten Beitrag zu leisten haben. Energiepflanzen werden speziell für die energetische Nutzung angebaut und liefern wahlweise

- Substrate für die Biogaserzeugung (Anbau von Mais, Gras, Getreide, Hirse, Zuckerrüben und weiteren Kulturen);
- holzartige bzw. lignocellulosehaltige Biomasse zur Nutzung als Festbrennstoff (z. B. schnell wachsende Baumarten, Miscanthus und andere Großgräser) und/oder
- Zucker bzw. Stärke oder Pflanzenöle für die Biokraftstoffgewinnung (Anbau z. B. von Raps, Getreide, Mais oder Zuckerrüben).

Energiepflanzen erzeugen als ein- oder mehrjährige Kulturen regelmäßige und nachhaltige Biomasseerträge. Ein besonderer Vorteil der Biomasse zeichnet sie gegenüber den anderen erneuerbaren Energien aus: Biomasse ist über längere Zeiträume (viele Monate oder Jahre) lagerfähig bzw. speicherbar und kann somit je nach Bedarf zur Energieerzeugung bereitgestellt bzw. genutzt werden.

Energiepflanzen zählen zu den nachwachsenden Rohstoffen. Die derzeitige Bedeutung und den Umfang des landwirtschaftlichen Anbaus von Energiepflanzen verdeutlicht die nachstehende Grafik:

ANBAU NACHWACHSENDER ROHSTOFFE IN DEUTSCHLAND



Quelle: FNR 2013

Aber nicht nur die Rohstoffbasis ist vielfältig, auch die daraus gewonnenen Energieträger, die Umwandlungsverfahren und die Formen der Endenergie bieten eine breite Varianz: Biomasse steht in fester, flüssiger und gasförmiger Form zur Wärmeerzeugung, zur Stromgewinnung und zur Herstellung von Biokraftstoffen zur Verfügung. Mit den verschiedensten Technologien und Verfahren und in den unterschiedlichsten Leistungsklassen kann aus Biomasse Energie gewonnen werden. Bioenergie in Form von Wärme liefern z. B. Kaminöfen und Pelletheizungen in privaten Haushalten. Biogene Wärme erzeugen auch die mit Waldrestholz-Hackschnitzeln befeuerten Dampferzeuger in Industrie und Gewerbe und Holzheizwerke zur Nahwärmeversorgung in Dörfern und Städten. Bioenergie entsteht durch Stromerzeugung aus Altholz und Industrierestholz in Biomasse-Kraftwerken und durch Mitverbrennung von Biomassepellets in Kohlekraftwerken. Bioenergie ist Biogas aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen, das je nach Aufbereitung und Konversionsverfahren – an der Anlage oder über das Erdgasnetz verteilt – vielseitig zur Wärme- und Strombereitstellung oder als Kraftstoff genutzt wird. Auch das auf landwirtschaftlichen Betrieben gepresste und in Traktoren als Kraftstoff genutzte Rapsöl ist Bioenergie, ebenso wie Biodiesel und Bioethanol, die von der Mineralölwirtschaft den Diesel- und Ottokraftstoffen anteilig beigemischt werden. Und nicht zuletzt wird auch die aus Bioabfall, Klärgas und Deponiegas erzeugte Energie der Bioenergie zugerechnet.

Anwendungsgerechtes Klassieren von Holzhackschnitzeln

2 BIOMASSE IST GESPEICHERTE SONNENENERGIE – DIE BIOCHEMISCHEN GRUNDLAGEN

Biomasse entsteht im Wesentlichen durch Photosynthese von Pflanzen. Mittels Sonnenenergie werden aus dem Kohlendioxid der Luft, Wasser und verschiedenen Nährstoffen Biomassen gebildet, die sich in folgende wesentliche Stoffgruppen einteilen lassen:

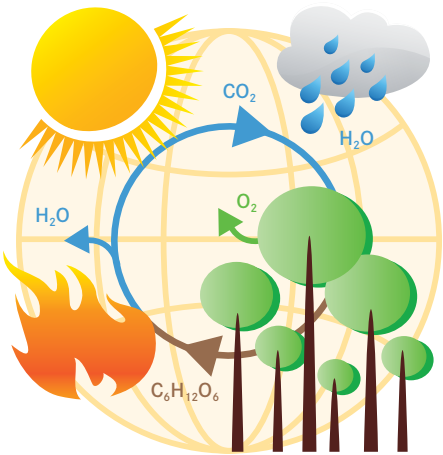
- Holz und Halmgut (Lignin, Hemicellulose und Cellulose)
- Zucker, Stärke und Cellulose (Kohlenhydrate)
- Öle und Fette
- Proteine

Die Photosynthese findet unter Freisetzung von Sauerstoff statt. Die dabei erzeugte Biomasse besteht überwiegend aus den Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Sonnenenergie wird somit als chemische Energie gespeichert, z. B. in Form von Holz, Zucker, Ölen und Fetten. Als vereinfachte Formel wird die Photosynthese am Beispiel Zucker oft wie folgt dargestellt:

$$6\ CO_2 + 6\ H_2O + \text{Licht} = C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2$$

Wird Biomasse energetisch genutzt, bleibt der Kohlendioxid-Kreislauf – je nach Art der Nutzung – weitgehend geschlossen. Damit ist die CO_2-Bilanz deutlich positiv im Vergleich zu fossilen Brennstoffen, denn das bei der Nutzung wieder freigesetzte CO_2 wurde beim Wachstum der Pflanze aus der Atmosphäre entnommen und gebunden. In der CO_2-Bilanz zu berücksichtigen ist jedoch der zusätzliche Energieaufwand für Ernte, Transport, Aufbereitung und Umwandlung (in Wärme, Strom oder Kraftstoff), sofern er nicht aus erneuerbaren Quellen gedeckt wird. Für Holzbrennstoffe wie Scheitholz, Hackschnitzel oder Holzpellets ist dieser zusätzliche Energieaufwand besonders gering und liegt bei unter 5 Prozent des Energiegehalts der Brennstoffe.

CO_2-KREISLAUF UND PHOTOSYNTHESE



Quelle: FNR

Ersetzt man fossile Brennstoffe wie Kohle, Erdöl oder Erdgas durch biogene Energieträger, leistet dies einen wichtigen Beitrag zur Vermeidung zusätzlicher CO_2-Emissionen. Zwar steht auch am Ursprung der fossilen Rohstoffe nichts anderes als Biomasse, denn sie entstanden in einem Jahrmillionen dauernden Prozess aus abgestorbenen Pflanzen und Tieren. Doch die Menschheit verbraucht die weltweiten Öl-, Gas- und Kohlevorkommen im Verhältnis dazu rasend schnell, nämlich innerhalb weniger Jahrhunderte. Die CO_2-Bilanz der Nutzung fossiler Rohstoffe ist deshalb nicht ausgeglichen, zumal eine Neubildung fossiler Rohstoffe heute nur in äußerst geringem Maße stattfindet. Pflanzen können hingegen – eine nachhaltige Nutzung vorausgesetzt – in gleichem Umfang, in dem sie verbraucht werden, auch wieder nachwachsen.

Die CO_2-Bilanz bei der Holzverbrennung verbessert sich noch weiter, wenn Altholz, das zuvor viele Jahrzehnte als Bauholz oder in anderen Holzprodukten Verwendung fand, erst im Anschluss an diese stoffliche Nutzung als Energieträger eingesetzt wird (sogenannte Kaskadennutzung). Dieses Holz hat der Atmosphäre zunächst lange Zeit CO_2 entzogen und gespeichert und verbrennt dann CO_2-neutral. Der Unterschied zu den fossilen Brennstoffen besteht darin, dass nicht sämtliches stofflich genutzte Holz in einem kurzen Zeitraum gleichzeitig verbrannt wird, außerdem wachsen in der Zeitspanne der stofflichen Holznutzung im Wald bereits neue Bäume im gleichen Umfang nach. Übrigens: Verrottet das Holz im Wald, setzt es die gleiche Menge an Energie und CO_2 frei wie bei der Verbrennung, denn der Prozess des biologischen Abbaus läuft energetisch quasi analog ab.

Von den weltweit mittels Photosynthese an Land und in den Meeren gebildeten Biomassen wird nur ein sehr kleiner Teil für die Ernährung von Mensch und Tier oder für stoffliche und energetische Zwecke genutzt. Das globale theoretische Potenzial von Biomasse als Energieträger wird auf 2.400 Exajoule (EJ) geschätzt, das nachhaltig nutzbare allerdings auf lediglich 100 EJ. Der weltweite Primärenergieverbrauch lag in 2008 bei rund 500 EJ. Daraus ergibt sich näherungsweise, dass etwa 20 Prozent des derzeitigen weltweiten Energiebedarfs aus Biomasse gedeckt werden können.

Seit jeher nimmt der Mensch durch Auslese und Züchtung Einfluss auf die Ausprägung und Leistungsfähigkeit von Pflanzen als Lieferant von Rohstoffen für Nahrung, Energie und stoffliche Produkte. Viele Pflanzen, ob Bäume im Wald oder Getreide, Hackfrüchte und Ölpflanzen auf dem Acker, decken mit ihren Haupt- und Nebenprodukten oder Reststoffen dabei die verschiedenen Bedürfnisse. Mit der wachsenden Bedeutung der Bioenergie werden auch Pflanzen mit optimierten Merkmalsausprägungen und Eigenschaften für diese Nutzungsrichtung gezüchtet und so sind in den zurückliegenden Jahren auch neue Begriffe wie z. B. Energierübe und Biogasmais geprägt worden. Sie heben hervor, dass Rüben und Mais mit besonders vorteilhaften und leistungsfähigen Merkmalen für den Einsatz in Biogasanlagen gezüchtet werden.

3 POLITISCHE ZIELE, GESETZE UND RAHMENBEDINGUNGEN

Der Hintergrund für die staatliche Unterstützung erneuerbarer Energien und der Bioenergie, sowohl seitens der Bundesregierung als auch der EU, liegt in der Endlichkeit fossiler Rohstoffe und in der Verstärkung des Treibhauseffektes begründet, den ihre Nutzung verursacht. So setzen die Strategien zur Sicherung der Energieversorgung und zum Klimaschutz neben der Energieeinsparung und Effizienzsteigerung auf die Nutzung Erneuerbarer Energien.

Die Ziele und Maßnahmen der Bundesregierung zum Ausbau der Biomassenutzung sind auf Grundlage der 2009 durch die Europäische Union erlassenen Erneuerbare-Energien-Richtlinie[1]

- im „Aktionsplan für Erneuerbare Energien“ (BMU August 2010),
- im „Nationalen Biomasseaktionsplan für Deutschland“ (BMELV, BMU, September 2010) und
- im „Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung“ (BMWi, BMU, vom 28. September 2010) verankert.

Der Biomasseaktionsplan zeigt auf, welche Bioenergie-Potenziale Deutschland hat, welcher Anteil bereits genutzt wird und welche Reserven noch erschlossen werden können.

Darauf aufbauend wird dargelegt, welche Strategien die Bundesregierung zum Ausbau der Nutzung von Bioenergie im Wärme-, Strom- und Kraftstoffbereich verfolgt und welche Maßnahmen dabei vorgesehen sind. Auch in ihrem Energiekonzept, in dem die Bioenergie in das Gesamtkonzept der künftigen Energieversorgung für Deutschland eingebettet ist, bekennt sich die Bundesregierung zum Ausbau der drei Bereiche Wärme, Strom und Kraftstoffe aus

© Fotolia

Deutscher Bundestag

[1] *„Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen“*

nachhaltiger Biomassenutzung. Das Energiekonzept formuliert Leitlinien für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Dabei wird in einer langfristigen, bis ins Jahr 2050 reichenden Strategie der Weg zur weitgehenden Umstellung der Energieversorgung auf erneuerbare Energien beschrieben. Im Ergebnis der Katastrophe von Fukushima im Frühjahr 2011 soll der im Energiekonzept angestrebte Umstieg noch schneller als geplant umgesetzt werden.

Wichtige messbare Kriterien des Energiekonzepts sind

- die Treibhausgas-Emissionsminderung,
- der Anteil der erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch,
- der Anteil der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch und
- der Primärenergieverbrauch.

Für diese Kriterien werden die in der nachstehenden Tabelle 1 dargelegten Entwicklungspfade beschrieben:

TABELLE 1: ENTWICKLUNGSPFADE DES ENERGIEKONZEPTS

	Treibhausgas-Emissionsminderung (Bezugsjahr 1990)	Anteil der erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch	Anteil der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch	Primärenergieverbrauch (Bezugsjahr 2008)
2020	–40 %	18 %	35 %	–20 %
2030	–55 %	30 %	50 %	
2040	–70 %	45 %	65 %	
2050	–80 % bis –95 %	60 %	80 %	–50 %

Darüber hinaus wird eine Verdoppelung der Sanierungsrate im Gebäudebestand von derzeit jährlich < 1 Prozent auf 2 Prozent angestrebt, um die Effizienz der Gebäudeenergieversorgung zu verbessern. Im Verkehrsbereich soll der Endenergieverbrauch bis 2020 um rund 10 Prozent und bis 2050 um rund 40 Prozent zurückgehen (Bezugsjahr 2005). Ausbaumaßnahmen und Restriktionen zur Bioenergie werden im Energiekonzept wie folgt beschrieben:

1. verbesserte Ausschöpfung heimischer Bioenergiepotenziale unter Vermeidung von Nutzungskonkurrenzen durch verstärkte Verwendung organischer Rest- und Abfallstoffe, landwirtschaftlicher Koppelprodukte, von Landschaftspflegematerial und von Holz aus Kurzumtriebsplantagen;
2. Steigerung der Energie- und Flächeneffizienz durch verbesserte Bewirtschaftungsformen, Verfahrensentwicklung,

stärkere Biomasseverwertung in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, Ausbau der steuerbaren Stromproduktion aus Biomasse zur Ergänzung anderer, nicht steuerbarer erneuerbarer Energien sowie die Weiterentwicklung integrierter Biomassenutzungskonzepte, also die innovative Kombination von Anlagen und Verfahren;

3. stärkere Nutzung von Biomethan durch Schaffung weiterer Einspeisemöglichkeiten ins Erdgasnetz zur Energiebereitstellung und
4. Ergänzung des Bioenergiebedarfs durch Importe nachhaltig erzeugter Biomasse.

Ein besonderes Anliegen sind dabei also die Vermeidung von Nutzungskonkurrenzen zur Erzeugung von Nahrungs- und Futtermitteln und die Wahrung einer nachhaltigen, effizienten, naturverträglichen Land- und Forstwirtschaft.

Neben den genannten politischen Richtlinien und Konzepten zum künftigen Bioenergieausbau sind vielfältige staatliche Regelungen entscheidend, die sowohl die aktuelle Nutzung flankieren als auch die Erreichung der weiteren Ausbauziele unterstützen sollen. Dazu zählen Gesetze, Verordnungen und Richtlinien, die Ge- und Verbote, Nutzungsverpflichtungen, steuerliche Anreize, Investitionsbeihilfen und Vergütungshöhen festlegen.

Folgende gesetzliche Regelungen in Bezug auf Bioenergie sind von besonderem Interesse auch für den Endverbraucher:

Bundes-Immissionsschutz-Verordnung (1. BImSchV, 2010)

Die Kleinfeuerungsanlagenverordnung regelt die in Heizkesseln und Öfen zugelassenen Brennstoffe, technische und Emissionsanforderungen an Heizkessel und Öfen und deren Überwachung durch den Bezirksschornsteinfegermeister. Deren Novelle im Jahr 2010 legte hinsichtlich Effizienz und Emissionen deutlich höhere Anforderungen für neu zu installierenden Anlagen fest. Zudem wurden Sanierungsregeln für Bestandsanlagen getroffen, die zu bestimmten Terminen nachzurüsten oder außer Betrieb zu setzen sind. Verschiedene feste Biobrennstoffe wie z. B. Getreide und nachwachsende Rohstoffe wurden – bei spezifischen Auflagen – neu als Regelbrennstoffe aufgenommen und für Holzbrennstoffe wurden konkretere Eigenschaftsanforderungen festgelegt. Einhergehende strengere Anforderungen an Staub- und CO-Emissionen und die Bürgerberatung bei handbeschickten Biomasseanlagen sollen Emissionsfrachten und Nachbarschaftsbelästigungen durch den Anlagenbetrieb, insbesondere bei Kaminöfen, mindern. Weitere Informationen gibt der Schornsteinfeger.

Die Energieeinsparverordnung (EnEV)
Über die Wärmeschutzverordnung von 1995 und die bereits mehrfach novellierte Energieeinsparverordnung wird nachdrücklich auf eine Verbesserung der Wärmedämmung und eine Reduzierung des Energieverbrauchs von Gebäuden hingewirkt. Die EnEV 2009 regelt Anforderungen an neu zu errichten Gebäude und an bestehende Gebäude und Anlagen. Auch Anforderungen an Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlagen sowie Wasseraufbereitungsanlagen werden in der EnEV geregelt.

Die EnEV schreibt die Erstellung von Energieausweisen vor, die den Energiebedarf von Gebäuden für den Hauseigentümer und für Wohnungsmieter aufzeigen und transparent machen.

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)
Das wichtigste rechtliche Instrument zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen ist das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG). Es trat erstmalig im Jahr 2000 in Kraft und wurde Mitte 2004 sowie jeweils zum Jahresbeginn 2009 und 2012 unter Berücksichtigung der Marktentwicklung novelliert. Das EEG verpflichtet die Netzbetreiber dazu, Anlagen, die Strom aus erneuerbaren Energien erzeugen, vorrangig an ihr Netz anzuschließen und den erzeugten Strom zu festgelegten Vergütungssätzen abzunehmen. Das Gesetz hat damit die Rahmenbedingungen für die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien immens verbessert. Die Vergütungshöhe differiert je nach Anlagentyp und -leistung. Der Vergütungszeitraum beträgt 20 Jahre zuzüglich dem Jahr der Inbetriebnahme der Anlage. Die Grundvergütung und die Boni unterliegen einer jährlichen Degression, die 1 Prozent für nach dem EEG 2009 in Betrieb genommene Anlagen beträgt und 2 Prozent für Anlagen, die ab 2012 in Betrieb gehen (EEG 2012).

Für Biogas- und Biomasseanlagen, die ihren Betrieb ab 2012 aufnehmen, gibt es neben der gestaffelten Grundvergütung eine zusätzliche Rohstoffvergütung, unterteilt in zwei Vergütungs-Klassen: In der Einsatzstoffvergütungsklasse 1 befinden sich Energiepflanzen wie Mais oder Rüben, in der Einsatzstoffvergütungsklasse 2 ökologisch vorteilhafte Einsatzstoffe (z. B. Gülle, Landschaftspflegematerial oder neue Energiepflanzen wie Wildblumenaufwuchs). Die Rohstoffe in Klasse 2 erhalten eine etwas höhere Vergütung als diejenigen in Klasse 1. Die Zusatzvergütungen für beide Rohstoffklassen unterliegen nicht der jährlichen Degression. Boni werden für Bioabfallvergärungsanlagen und Anlagen zur Biomethanproduktion gewährt, außerdem gibt es eine Sondervergütung für sogenannte Gülle-Kleinanlagen bis maximal 75 kW elektrische Leistung. Neu eingeführt wurden mit der EEG-Novelle 2012 auch eine verpflichtende Mindestwärmenutzung und die Begrenzung des Einsatzes von Mais und Getreidekorn. Die Nachweispflicht der Betreiber im Rahmen des EEG umfasst beispielsweise die Dokumentation der Einsatzstoffe und die Prüfung durch einen Umweltgutachter. Um die erneuerbaren Energien an den Markt heranzuführen und eine bedarfsgerechte Stromproduktion zu initiieren, wurden optional eine Markt- und eine Flexibilitätsprämie eingeführt.

Für Neuanlagen, die ab 2012 Strom aus Pflanzenöl oder Altholz erzeugen, entfällt die EEG-Vergütung.

Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz (EEWärmeG)

Zweck des EEWärmeG ist es, die Weiterentwicklung von Technologien zur Erzeugung von Wärme und Kälte aus Erneuerbaren Energien zu fördern. Das Gesetz soll – unter Wahrung der wirtschaftlichen Vertretbarkeit – dazu beizutragen, den Anteil Erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte bis zum Jahr 2020 auf 14 Prozent zu erhöhen. Das EEWärmeG orientiert auf die Vorbildfunktion öffentlicher Gebäude und legt Nutzungspflichten für Wärme aus erneuerbaren Energien für Neubauten fest. Eigentümer von neu zu errichtenden Gebäuden müssen den Wärme- und Kälteenergiebedarf durch die anteilige Nutzung von Erneuerbaren Energien decken. Bei öffentlichen Gebäuden gelten Nutzungspflichten auch im Fall grundlegender Renovierungen von Bestandsgebäuden.

Daneben regeln das Energiesteuergesetz, die Nachhaltigkeitsverordnung, die Biomasseverordnung und andere die Erzeugung und Nutzung von Bioenergie.

Biogasanlage

4 BIOMASSE-POTENZIALE

Im Jahr 2008 betrug der globale Primärenergieverbrauch ca. 500 Exajoule (EJ). Erneuerbaren Energien lieferten 64 EJ, davon entfielen auf Biomasse mit 50,4 EJ nahezu 80 Prozent der regenerativen Quellen. Der Wissenschaftliche Beirat Globale Umweltveränderungen der Bundesregierung (WBGU) schätzt das weltweite, jährliche nachhaltige Bioenergiepotenzial auf 80–170 EJ (davon 30–120 EJ aus Energiepflanzen und 50 EJ aus Abfall- und Reststoffen).

Die Potenziale der Erneuerbaren Energien sind enorm und reichen aus, um den Energiebedarf der Welt zu decken. Die Nutzung von Biomasse, überwiegend als Holz, ist heute bereits vielfach wirtschaftlich, entsprechend groß ist ihr Anteil. Um Aspekte der Nahrungsversorgung und des Naturschutzes zu berücksichtigen, unterliegen die nachhaltig nutzbaren Biomassepotenziale Restriktionen.

Bei der Umstellung von fossilen auf erneuerbare Energieträger hat auch in Deutschland die Biomasse einen besonderen Stellenwert. Die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) kommt im Rahmen einer Potenzialabschätzung zu folgenden Ergebnissen: 23 Prozent unserer Primärenergie können im Jahr 2050 aus heimischer Biomasse bereitgestellt werden! Dieser Abschätzung zugrunde liegt unter anderem die Annahme, dass sich der Primärenergiebedarf in Deutschland bis zum Jahr 2050 gegenüber dem Bezugsjahr 2008 von rund 14.000 PJ

TABELLE 2: WELTWEITE THEORETISCHE, TECHNISCHE UND NACHHALTIG NUTZBARE POTENZIALE DER ERNEUERBAREN ENERGIEN

	Theoretisches Potenzial (EJ/Jahr)	Technisches Potenzial (EJ/Jahr)	Nachhaltig nutzbares Potenzial (EJ/Jahr)	Produktion 2008 (EJ)
Biomasse	2.400	800	100	50,3
Geothermie	41.700.000	720	22	0,4
Wasserkraft	504.000	160	12	11,6
Solarenergie	3.900.000	280.000	10.000	0,5
Windenergie	110.000	1.700	>1.000	0,8
Gesamt Erneuerbare Energie	**46.000.000**	**283.500**	**>11.000**	**64,0**

Quelle: WBGU (2011)

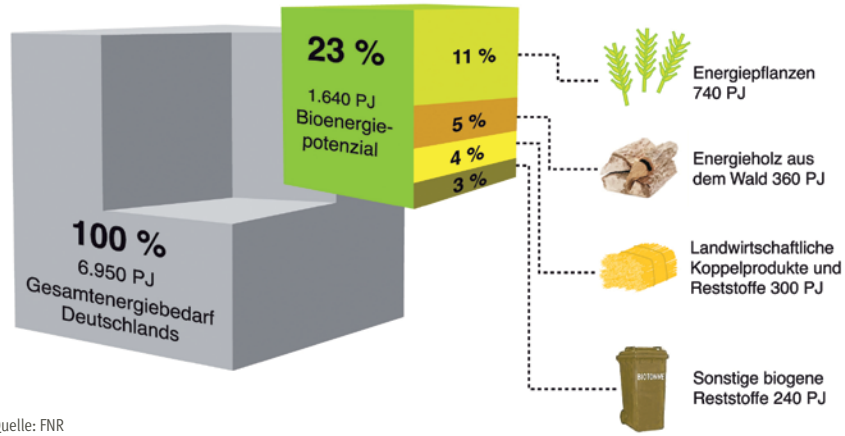
Energieholzernte

auf 7.000 PJ halbieren wird (Quelle: Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung 2010). Die Gründe dafür liegen u. a. in der demografischen und technologischen Entwicklung. Etwa 2.200 der insgesamt 7.000 PJ könnte Biomasse dann liefern, davon wiederum rund 1.640 PJ (oder etwa 23 Prozent des Gesamtprimärenergiebedarfs) ließen sich aus einheimischen Quellen erzeugen. Die benötigte Energie würden Energiepflanzen vom Acker, Energieholz aus dem Wald, Koppelprodukte und biogene Reststoffe liefern. Die restlichen knapp 600 PJ Biomasse müssten durch Biomasseimporte gedeckt werden.

Energiepflanzen stellen das größte einheimische Biomassepotenzial dar. Unter Berücksichtigung naturschutzfachlicher Restriktionen können Energiepflanzen im Jahr 2050 auf bis zu 4 Mio. Hektar Ackerfläche (2012 ca. 2,1 Mio. Hektar) angebaut werden. Bei Annahme eines Biomasseertrages von 10 Tonnen pro Hektar (gerechnet als Trockenmasse, Wassergehalt 0 Prozent) und eines Brennwertes von 18,5 GJ pro Tonne ließen sich so auf einem Hektar 185 GJ und auf 4 Mio. Hektar 740 PJ erzeugen. Die verschiedene Reststoffe, Koppelprodukte und Energieholz aus dem Wald werden im Jahr 2050 voraussichtlich mit 900 PJ zum Primärenergieverbrauch beitragen.

Der FNR-Potenzialabschätzung liegt die Annahme zugrunde, dass sich die Anteile von Nahrungs- und Futtermittelimporten und -exporten nicht wesentlich ändern und der heutige Selbstversorgungsgrad mit Lebensmitteln konstant bleibt. Zudem wird erwartet, dass sich die sogenannte Kaskadennutzung durchsetzt, nachwachsende Rohstoffe also zunächst stofflich und erst am Ende ihres Lebenszyklus zur Energiegewinnung genutzt werden.

EINHEIMISCHE BIOENERGIE: WAS KANN SIE 2050 LEISTEN?



Quelle: FNR

Die in der Grafik benannten Biomasse-Fraktionen setzen sich wie folgt zusammen:

1. **Energiepflanzen:** Mais, Raps, Getreide, Gräser und neue Energiepflanzen sowie Agrarholz (schnell wachsende Baumarten) für Biogas, Biokraftstoffe und Festbrennstoffe
2. **Landwirtschaftliche Koppelprodukte und Reststoffe:** Stroh und sonstige Erntereste, Gülle und Mist, Landschaftspflegematerial, etc.
3. **Energieholz aus dem Wald:** Durchforstungsholz, Schwachholz, Kronenreste etc.
4. **Sonstige biogene Reststoffe:** Industrierestholz, Gebrauchtholz, Klärschlamm, organische Abfälle aus Haushalten, Industrie und Gewerbe, Deponie- und Klärgas etc.

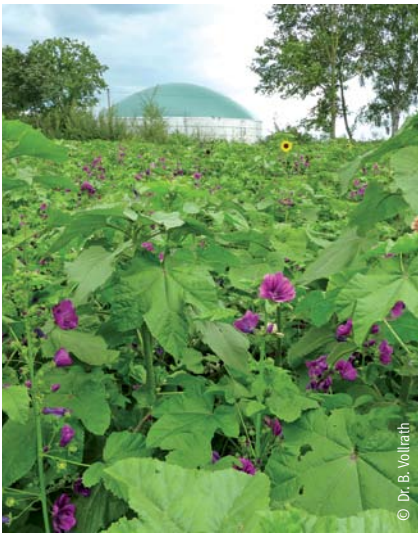
5 BIOMASSE UND NACHHALTIGKEIT

Nachhaltigkeit umfasst mehr als nur eine Ebene, das wird in der Definition des „Drei-Säulen-Modells“ deutlich: Danach besitzt Nachhaltigkeit eine ökologische, eine ökonomische und eine soziale Komponente. Einfach ausgedrückt: Das beste ökologische Konzept kann nicht nachhaltig sein, wenn es unbezahlbar ist und/oder sich mit sozialen Ansprüchen nicht vereinbaren lässt. In diesem Fall wäre keine Nachhaltigkeit als Ganzes gegeben. Entsprechend gilt es, viele Facetten bei der Nachhaltigkeit von Bioenergie zu berücksichtigen. Im Vordergrund steht zunächst die

ÖKOLOGISCHE NACHHALTIGKEIT DER BIOENERGIE

Sie gliedert sich wiederum in mehrere Ebenen. **Klimaschutz:** Die Nutzung von Biomasse zur Gewinnung von Energie hat ein hohes Nachhaltigkeitspotenzial, denn sie dient grundsätzlich der Verminderung von Treibhausgas-, speziell CO_2-Emissionen. Die Ursachen dafür liegen im wahrsten Sinne des Wortes „in der Natur der Sache“, denn sie gründen auf den biochemischen Zusammenhängen bei der Entstehung und energetischen Umwandlung von Biomasse, erläutert in Kapitel 2. Diese Grundsätze werden jedoch manchmal unterlaufen, wenn die Erzeugung und Aufbereitung der Biomasse selbst mit einem hohen (fossil gedeckten) Energieaufwand verbunden sind, oder wenn, um Platz für den Anbau der Biomasse zu schaffen, Urwälder gerodet und Moore entwässert und dabei große Treibhausgasmengen freigesetzt werden. Unter Umständen sind diese Mengen dann größer, als bei der eigentlichen Energiegewinnung gegenüber fossilen Brennstoffen eingespart werden kann. Daraus folgt: Die Nutzung von Bioenergie muss unter bestimmten Rahmenbedingungen erfolgen, die immer wieder neu zu hinterfragen und zu kontrollieren sind.

Artenvielfalt: Auch hier gilt: Bioenergie hat unter den richtigen Rahmenbedingungen das Potenzial, einen Beitrag zur Artenvielfalt zu leisten. Schließlich ist die Bandbreite an Energiepflanzen und weiteren nachwachsenden Rohstoffen deutlich größer, als das gegenwärtig angebaute, recht begrenzte Spektrum der Pflanzen zur Erzeugung von



Wildpflanzen

Nahrungs- und Futtermitteln. Noch ist diese Bandbreite bei weitem nicht ausgeschöpft, vielmehr konzentrieren sich die meisten „Energiewirte“ bislang auf ertragreiche Kulturen, die sie gut kennen und für die sie über die geeignete Anbau- und Erntetechnik verfügen: Mais, Raps, Getreide. Doch der Wandel hat begonnen. Der Gesetzgeber hat zum Beispiel im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) festgelegt, dass Landwirte nicht ausschließlich Mais in ihren ab 2012 in Betrieb genommenen Biogasanlagen vergären dürfen, wenn sie die EEG-Vergütung (EEG: Erneuerbare-Energien-Gesetz; vgl. Kapitel 3) erhalten wollen. Forschungsarbeiten zu neuen Energiepflanzen laufen auf Hochtouren. Und viele Landwirte sind schon jetzt sehr interessiert daran, Neues auf ihrem Acker auszuprobieren. Festzuhalten ist: Die Bioenergienutzung bedarf gesetzgeberischer Rahmenbedingungen, Forschung und Entwicklung, einem funktionierenden Wissenstransfer aus der Forschung in die Praxis und Landwirten, die neue Erkenntnisse umsetzen – dann steht einer vielfältigen Agrarlandschaft, die neben Nahrungs- und Futtermitteln auch Energie und Rohstoffe erzeugt, nichts im Wege.

Umweltgefährdende Stoffe: Eine Holzheizung emittiert mehr Feinstaub als eine Gasheizung, aber Biodiesel ist weniger wassergefährdend als fossiler Diesel. Ein nicht abgedecktes Gärrückstandslager einer Biogasanlage setzt Ammoniak frei, aber ein herkömmliches Güllelager tut dies ebenso. Diese Aufzählung ließe sich fortsetzen. Fazit: Die Realität ist auch hier nicht schwarzweiß. Biomasse ist tendenziell weniger toxisch und umweltgefährdend als fossile Rohstoffe, doch im Einzelfall kommt es immer auf das WIE der Nutzung an. Durch technische Entwicklung und geeignete Rahmenbedingungen lässt sich aber auch hier die Nachhaltigkeit schrittweise immer weiter erhöhen – so emittieren moderne Holzheizungen zum Beispiel viel weniger Feinstaub und durch die inzwischen gesetzlich geregelte Pflicht zur gasdichten Abdeckung des Gärrückstandslagers werden die Ammoniak-Emissionen bei Biogasanlagen weitgehend verhindert.

ÖKONOMISCHE NACHHALTIGKEIT DER BIOENERGIE

Die Biomassenutzung muss wirtschaftlich tragfähig sein, sonst hat sie keine Aussicht auf langfristigen Erfolg. Das bedeutet jedoch nicht, dass in der Phase der Entwicklung nicht höhere Kosten anfallen dürfen. Mittel- bis langfristig muss sich die Bioenergie jedoch, auch gegenüber anderen erneuerbaren Energien, wirtschaftlich behaupten können und es müssen vor allem die Umwandlungsoptionen verfolgt werden, die am ökonomischsten sind. Das Gebot der Wirtschaftlichkeit hängt eng zusammen mit dem der Effizienz – oft sind die effizientesten Verfahren auch die wirtschaftlichsten. Und ein sparsamer Umgang mit der Ressource Biomasse ist eine Grundvoraussetzung für Nachhaltigkeit – schließlich sind die Potenziale groß, aber nicht unendlich.

Ein wirtschaftlicher Aspekt ist auch der der Regionalentwicklung durch Bioenergie – die Schaffung von Arbeitsplätzen und Wertschöp-

fung insbesondere in bislang eher strukturschwachen ländlichen Räumen. Verbindet sich die Bioenergienutzung auf diese Art mit wirtschaftlicher Entwicklung, steigert das die Nachhaltigkeit, weil mehr Wohlstand wiederum ein mehr an Bildung und Investitionen in moderne, umweltschonende Technologien ermöglicht.

SOZIALE NACHHALTIGKEIT DER BIOENERGIE

Die Übergänge zur ökonomischen Nachhaltigkeit sind fließend, insbesondere beim Aspekt der Regionalentwicklung. Bioenergie birgt ein hohes soziales Nachhaltigkeitspotenzial insbesondere für ländliche Räume. Aus reinen „Schlaf-Dörfern“, deren Bewohner zur Arbeit in urbane Zentren pendeln und ihre Energieversorgung großen Unternehmen und Energielieferanten aus fernen Ländern überlassen, werden regionale Selbstversorger. Orte beleben sich, neue Arbeitsplätze im Mittelstand und in der Land- und Forstwirtschaft entstehen. Privatpersonen, Firmen und Kommunen engagieren sich wirtschaftlich, in der Folge wächst auch der soziale Zusammenhalt. Dies alles führt zu mehr gesellschaftlicher Teilhabe und sozialem Frieden, ohne den es langfristig keine Nachhaltigkeit geben kann.

ZERTIFIZIERUNG VON BIOMASSE

Die Bedeutung einer gesetzlichen „lenkenden Hand“ zur Sicherung von Nachhaltigkeit im Bioenergiebereich wurde bereits erwähnt. Die Bundesregierung hat dem unter anderem Rechnung getragen, in dem sie mit der Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung vom Juli 2009 und der Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung vom September 2009 zwei Verordnungen erlassen hat, die sich ausschließlich dem Thema Nachhaltigkeit bei der Biomassenutzung widmen. Damit hat die Bundesregierung als erstes Land in Europa die Anforderungen der Erneuerbare-Energien-Richtlinie der EU umgesetzt. Aufgrund der Verordnungen unterliegen die Biomasseerzeugung und der Handel mit flüssigen Bioenergieträgern für die Stromerzeugung sowie für die Kraftstoffproduktion bei uns strengen Kontrollen; es werden nur noch entsprechend zertifizierte Biomassen staatlich gefördert. Auch aus dem Ausland importierte Biomasse muss zertifiziert sein. Die Bundesregierung erwägt zudem eine Ausweitung der Biomassezertifizierung auch auf feste und gasförmige Bioenergieträger.

Kernanforderungen der Nachhaltigkeitsverordnungen im Rahmen der Bioenergieförderung sind

- keine Verwendung von Biomasse von Flächen mit hohem Naturschutzwert (z. B. Grünland mit hoher biologischer Vielfalt, Naturschutzflächen, bestimmte bewaldete Flächen);
- keine Verwendung von Biomasse von Flächen mit hohem Kohlenstoffbestand (z. B. Moorflächen, Feuchtgebiete);
- keine Verwendung von Biomasse von Torfmooren;
- Referenzzeitpunkt für die genannten schützenswerten Flächen ist der 1. Januar 2008;
- der Biomasseanbau in der EU hat entsprechend der guten fachlichen Praxis zu erfolgen, die auch für die Nahrungsmittelproduktion bindend ist und deren Nicht-Beachtung sanktioniert werden kann und
- das Treibhausgasminderungspotenzial von Biokraftstoffen muss mindestens 35 Prozent, ab 2017 mindestens 50 Prozent und ab 2018 mindestens 60 Prozent betragen.

Die Einhaltung dieser Kriterien wird von zugelassenen Zertifizierungsstellen kontrolliert, die nach entsprechenden Kontrollen Zertifikate an alle zentralen Glieder einer Biokraftstoff- oder Biostrom-Produktionskette vergeben. Für die Anerkennung und Kontrolle der Zertifizierungssysteme und -stellen ist die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) verantwortlich.

Ein aktuell viel diskutiertes Problem sind die systemimmanenten Grenzen der Zertifizierung, die diese vor allem außerhalb Europas einschränken: In asiatischen oder südamerikanischen Ländern kann nicht an in Europa bestehende Umweltgesetze und -kontrollen in der Landwirtschaft angeknüpft werden. Der Anbau für Nahrungs- und Futtermittel oder für technische Zwecke findet dort nicht immer unter nachhaltigen Bedingungen statt. Lediglich für die Biokraftstoffproduktion für den europäischen Markt existiert seit einigen Jahren eine Nachhaltigkeitskontrolle. Das bedeutet: Während die Nachhaltigkeit der Biokraftstoffproduktion nun über die Zertifizierung belegt werden kann, besteht die Möglichkeit, dass sich der Anbau für andere Nutzungsrichtungen ungehindert auf ökologisch wertvolle Flächen, z. B. bisher nicht landwirtschaftlich genutzte Flächen hoher Biodiversität (Savannen, Buschland, Regenwald), verlagert. Biomasse-Zertifizierungen sind derzeit nicht in der Lage, dieses als „Indirekte Landnutzungsänderungen“ (englisch „Iluc“ von indirect land use change) bezeichnete Phänomen zu erfassen. Nur wenn sich die Zertifizierung weltweit oder zumindest in den wichtigen Anbauländern auf alle Nutzungsrichtungen landwirtschaftlich erzeugter Rohstoffe ausdehnen würde, wäre das Problem zu lösen. Tatsächlich sind entsprechende Absichtserklärungen der Politik in Deutschland und Europa erfolgt.

6 BIOMASSEGEWINNUNG DURCH ENERGIEPFLANZENANBAU

Für Pflanzen, die gezielt ganz oder überwiegend für die energetische Nutzung in der Landwirtschaft angebaut werden, hat sich der Begriff „Energiepflanzen“ eingebürgert. Der Oberbegriff „Nachwachsende Rohstoffe“ umfasst daneben auch Holz aus dem Forst, diverse organische Reststoffe und Nebenprodukte sowie jegliche Biomasse, die für die stofflich-technische Nutzung bestimmt ist.

2012 wurden nachwachsende Rohstoffe auf knapp 2,4 Mio. der gut 12 Mio. Hektar Ackerfläche in Deutschland angebaut. Auf Energiepflanzen entfallen davon ca. 2,1 Mio. Hektar. Hinzu kommt die in den über 11 Mio. Hektar Wald forstlich erzeugte Biomasse. Sie stellt den größten Anteil nachwachsender Rohstoffe.

TABELLE 3: ANBAU NACHWACHSENDER ROHSTOFFE IN DEUTSCHLAND FÜR DIE JAHRE 2012/2013 (IN HEKTAR)

Pflanzen	Rohstoff	2012	2013*
Industriepflanzen	Industriestärke	121.500	121.500
	Industriezucker	10.000	9.000
	technisches Rapsöl	125.000	125.000
	technisches Sonnenblumenöl	7.500	7.500
	technisches Leinöl	4.000	4.000
	Pflanzenfasern	500	500
	Arznei- und Farbstoffe	13.000	13.000
	Summe Industriepflanzen	**281.500**	**280.500**
Energiepflanzen	Raps und Biodiesel/Pflanzenöl	786.000	746.500
	Pflanzen für Bioethanol	201.000	200.000
	Pflanzen für Biogas	1.158.000	1.157.000
	Pflanzen für Festbrennstoffe (u. a. Agrarholz, Miscanthus)	11.000	11.000
	Summe Energiepflanzen	**2.156.000**	**2.114.500**
Anbau NR insgesamt		**2.437.500**	**2.395.000**

Quelle: FNR (2013)

** Werte für 2013 geschätzt*

Kurzumtriebsplantage (KUP) mit Pappeln

Verschiedene Kulturarten, die aus der Nahrungs- und Futtermittelproduktion bekannt sind, gewinnen als Energiepflanzen an Bedeutung, wie z. B. Mais, Raps, Rüben und Getreidearten. Sie werden als einjährige Kulturen angebaut, d. h. sie erfordern eine jährliche Bodenbearbeitung und Neueinsaat. Meistens erfolgt der Anbau in mehrgliedrigen Fruchtfolgen, auf einer Fläche werden also im jährlichen Wechsel verschiedene Kulturen angebaut. Einige Arten wie Mais sind aber auch „mit sich selbst verträglich“ und können mehrere Jahre in Folge auf der gleichen Fläche wachsen, andere wie z. B. Raps brauchen Anbaupausen von 3–4 Jahren.

Als Energiepflanzen werden auch mehrjährige Kulturen angebaut. Diese können – einmal gesät oder gepflanzt – über einen langen Zeitraum von bis zu 30 Jahren genutzt werden. Dazu zählen zum Beispiel Stauden wie die Durchwachsene Silphie oder Großgräser wie Miscanthus, beide werden jährlich geerntet. In Kurzumtriebsplantagen wiederum wachsen Baumarten wie Pappeln und Weiden, die in Reihen angepflanzt und alle 3–5 Jahre geerntet werden. Danach treiben die schnellwüchsigen Bäume aus dem Wurzelstock wieder aus. In den Zwischenjahren wird die Fläche so gut wie nicht bearbeitet, die Bäume kommen weitestgehend ohne Düngung und chemischen Pflanzenschutz aus. Dadurch eignen sie sich auch sehr gut für den Anbau in Trinkwassereinzugs- oder -schutzgebieten. Alle mehrjährigen Energiekulturen werden im Gegensatz zu den einjährigen erst in relativ geringem Umfang angebaut, das Interesse der Landwirtschaft nimmt hier aber deutlich zu.

Neu bei den einjährigen Energiepflanzen sind innovative Anbausysteme: etwa der Mischfruchtanbau, bei dem verschiedene Pflanzenarten, wie z. B. Mais und Sonnenblumen oder Getreide und Leindotter, gemeinsam auf einem Feld stehen, oder das Zweikulturnutzungssystem – es ermöglicht binnen eines Jahres zwei Ernten. Eine Beispiel-Fruchtfolge für Letzteres ist die Ernte der Wintergetreidekultur Roggen als Ganzpflanzensilage im Mai/Juni und der Nachbau von Hirse oder Mais mit Ernte im Oktober. Diese Anbausysteme bieten interessante Optionen in Hinblick auf eine diversifizierte, ökologische Ausrichtung des Energiepflanzenanbaus, in dem sie zum Beispiel den Boden ganzjährig bedecken und Erosion vorbeugen.

Eine interessante Kombination des Anbaus von ein- und mehrjährigen Arten in einem

System stellt die sogenannte Agroforstwirtschaft dar. Hierbei werden z. B. schnellwachsende Baumarten in Reihen und in den dazwischen liegenden Feldblöcken einjährige Kulturen gepflanzt (mit an moderne Saat- und Erntetechnik angepassten 36 oder 48 Meter Breite). Die Baumreihen leisten in solchen Systemen einen wichtigen Beitrag zur Minderung der Bodenerosion durch Wind und Wasser (Starkregen). Zudem werden diesen Anbauverfahren durch die Verbesserung des Mikroklimas und der Begünstigung von Nützlingen ertragssichernde und ertragssteigernde Effekte zugesprochen.

Umfangreiche Informationen zu den einzelnen Kulturen finden Sie im Internet unter: http://energiepflanzen.fnr.de

EXTENSIVER ENERGIEPFLANZENANBAU UND ÄNDERUNG DER AUSGLEICHSREGELUNG – SYNERGIEN ZWISCHEN NATURSCHUTZ, LANDWIRTSCHAFT UND BIOENERGIE?

Nach der sogenannten Eingriff-Ausgleichs-Regelung sind Eingriffe in den Naturhaushalt bei Baumaßnahmen, etwa für Gewerbe, Siedlungen oder neue Straßen, durch anschließende Naturschutz fördernde Maßnahmen wieder auszugleichen. Finanzieren muss sie der Bauherr, der dazu Flächen von Landwirten kauft. Der einzelne Landwirt verdient zwar an diesem Verkauf, insgesamt muss die Landwirtschaft jedoch gleich doppelt Boden abgeben: Einmal für die Baumaßnahmen selbst und dann für die Ausgleichsflächen, die für die landwirtschaftliche Produktion in der Regel nicht mehr zur Verfügung stehen. Dieser Flächenverlust ist ein nicht unerhebliches Problem in Deutschland, so beträgt die Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsflächen noch immer Tag für Tag rund 87 Hektar (Stat. Bundesamt, Berechnungszeitraum 2007–2010), die Ausgleichsflächen kommen noch dazu. In einem Modellvorhaben wird deshalb untersucht, ob extensiv genutzte Energiepflanzenflächen wie z. B. Kurzumtriebsplantagen eine Lösung für beide Seiten darstellen könnten: Die Flächen haben aus Naturschutzsicht einen höheren Wert als die dort zuvor befindliche intensive landwirtschaftliche Nutzung und dennoch bewirtschaftet sie der Landwirt weiter und erzielt auf ihnen ein Einkommen. Auch für den Naturschutz wären extensive Energiepflanzenflächen vorteilhaft. Im Gegensatz zu den aktuellen Ausgleichsprojekten, die häufig sehr kleinteilig sind, könnte man sie wesentlich größer dimensionieren. Auch Bauherren, z. B. Kommunen, die bei den steigenden Bodenpreisen zunehmend Probleme haben, Ausgleichsflächen zu erwerben, würden von der neuen Regelung profitieren, denn künftig blieben die Flächen im Eigentum der Landwirte.

Informationen zu den Modellvorhaben unter: www.landnutzungsstrategie.de

Für die Planung des Energiepflanzenanbaus sind die zu erwartende Erträge und der Energiewert eine wichtige Grundlage. Die nachfolgende Tabelle 4 zeigt eine vergleichende Übersicht auf Basis des Heizöläquivalents.

TABELLE 4: BIOENERGIETRÄGER, IHRE TYPISCHEN UMWANDLUNGSVERFAHREN UND ERTRÄGE, ANGEGEBEN ALS HEIZÖLÄQUIVALENT IN LITERN PRO HEKTAR UND JAHR

Energieträger	**Umwandlungsverfahren**	**Ertrag Heizöläquivalent l/(ha • a)**
Rückstände		
Waldrestholz	Verbrennung	434
Getreidestroh	Verbrennung	2.390
Energiepflanzen		
Maissilage	Vergärung zu Biogas	5.280
Rapsöl	Verbrennung/ Umesterung zu Biodiesel	1.528
Kurzumtriebsplantagen (z. B. Pappeln, Weiden)	Verbrennung	5.120
Getreideganzpflanzen	Vergärung zu Biogas	4.013
Getreidekörner	Verbrennung/ Vergärung zu Biogas/ Vergärung zu Ethanol	2.232
Futtergräser (z. B. Rohrschwingel)	Vergärung zu Biogas	3.016
Miscanthus (Chinaschilf; ab 3. Jahr)	Verbrennung	6.081

Quelle: Leitfaden Bioenergie, FNR (2007) und eigene Berechnungen

7 BIOENERGIETRÄGER UND IHRE NUTZUNG

7.1 Feste Bioenergieträger

Der derzeit wichtigste Bioenergieträger ist das Holz. Seit Menschengedenken wird mit Holz geheizt, auch in Deutschland gibt es eine lange Tradition in diesem Bereich. Heute heizt wieder jeder vierte Haushalt mit Holz. Jährlich rund 34 Mio. Festmeter Holz werden in Form von Scheitholz, Hackschnitzeln, Pellets und Briketts in insgesamt etwa 16 Mio. Feuerstätten für Holzbrennstoffe zum Heizen genutzt. Mit über 22 Mio. Festmetern ist Scheitholz aus dem Wald – vielfach in Selbstwerbung gewonnen – der bedeutendste Holzbrennstoff. Aber auch Holz aus dem eigenen Garten oder der Landschaftspflege sowie unbehandeltes Gebrauchtholz, Stückholzreste aus Sägewerken, Holzbriketts und Waldholz-Hackschnitzel sind von nennenswerter Bedeutung.

HEIZEN MIT HOLZ IN PRIVATEN HAUSHALTEN

In privaten Haushalten kommen vornehmlich Einzelraumfeuerstätten wie z. B. Kaminöfen, Grund- und Kachelöfen etc. zur Beheizung einzelner Wohnräume oder Wohnbereiche zum Einsatz. Sie ergänzen zumeist eine Zentralheizung und werden oft nur gelegentlich betrieben. Gut eine Million Haushalte in Deutschland verfügen über eine Holzzentralheizung (Scheitholzvergaserkessel, Pelletheizung, Hackschnitzelheizung etc.), die über das wasserführende Zentralheizungssystem alle Räume mit Wärme versorgt und in der Regel zugleich auch der Brauchwassererwärmung dient.

Dank technischer Entwicklung weisen moderne Biomasseanlagen wie z. B. Pelletöfen/Pelletkessel, Scheitholzvergaserkessel und Hackschnitzelheizungen heute Wirkungsgrade von oftmals schon deutlich über 90 Prozent auf. Die technische Entwicklung ist bemerkenswert, so erreichen moderne Anlagen rund 20 Prozent höhere Wirkungsgrade als Holzkessel, die vor 20–30 Jahren eingebaut wurden! Mehrere Hersteller haben inzwischen auch die Brennwerttechnik bei Holzheizungen zur Marktreife entwickelt. Kessel mit Brennwerttechnik nutzen den Energiegehalt des Brennstoffs nahezu vollständig, indem sie auch die Kondensationswärme des Wasserdampfes im Abgas verwerten. Sie sind dadurch besonders effizient.

Holzvergaserkessel für den Wohnraum

Die Weiterentwicklung und Optimierung von Feuerungsräumen und Verbrennungssystemen sowie der Steuerung bzw. Regelung der Verbrennung bei Öfen und Kesseln führte aber nicht allein zu besserer Effizienz der Holzverbrennung. Einhergehend damit wurde auch das Emissionsverhalten maßgeblich verbessert. Moderne Holzfeuerungen zeichnen sich durch sehr geringe Emissionen an Staub, Kohlenmonoxid und Stickoxiden aus. Im Jahr 2010 wurde die 1. Bundes-Immissonsschutz-Verordnung, auch Kleinfeuerungsanlagenverordnung genannt, novelliert. Sie legt Mindestwirkungsgrade und deutlich verschärfte Emissionsanforderungen für Einzelraumfeuerstätten fest.

Der Regelungsbereich der Verordnung erstreckt sich auch auf Bestandsanlagen. Mit den Anforderungen an neu zu errichtende Anlagen und mit den Regelungen zur Sanierung bzw. Außerbetriebnahme alter Feuerungen wird ein wichtiger Beitrag zur Luftreinhaltung und Minderung von Feinstaubbelastungen geleistet.

Die Errichtung emissionsarmer Pelletöfen und Holzzentralheizungen wird aus dem sogenannten Marktanreizprogramm des Bundesumweltministeriums finanziell gefördert. Die „Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich“ haben einen deutlichen Ausbau des Marktes für effiziente und emissionsarme Biomasseanlagen bewirkt.

Nachfolgend werden bestimmte Typen von Biomasseanlagen kurz beschrieben und charakterisiert:

KAMINÖFEN UND HEIZKAMINE

Kaminöfen und Heizkamine, aber auch weitere Einzelraumfeuerstätten wie Grundöfen, Lehmöfen, Kachelöfen, Holzkochherde etc. erfreuen sich großer Beliebtheit und kaum ein Neubau wird heute ohne eine solche Einzelraumfeuerstätte errichtet. Sie bieten im Wohnbereich ein besonderes Ambiente, wohlige Strahlungswärme und geben ein Gefühl der Sicherheit für den Fall, dass die Zentralheizung ausfallen sollte. Bei hohen Brennstoffpreisen für Öl und Gas können sie die Heizkosten deutlich mindern.

Die anzahlmäßig größte Marktbedeutung haben Einzelraumfeuerstätten wie z. B. Kaminöfen und Heizkamine, die zunehmend auch als wasserführende Modelle zur Heizungsunterstützung angeboten und nachgefragt werden. In Haushalten von Berufstätigen sind Kaminöfen und Heizkamine erste Wahl, da sie bereits kurz nach dem Anfeuern ein schönes Flammenspiel und wohlige Wärme bieten.

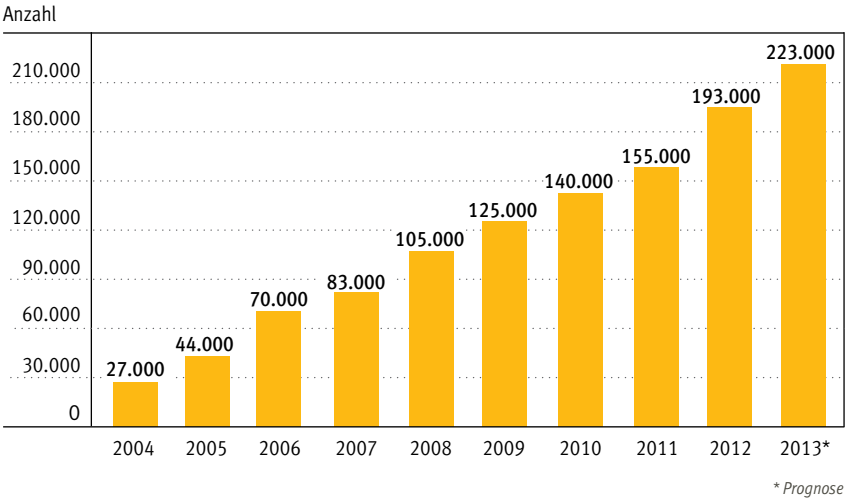
Für ganztägig belebte Häuser, z. B. Mehrgenerationenhäuser, bieten sich Grundöfen, Lehmöfen, schwere Kachel- und Speck-steinöfen und andere Speicherheizungen an. Morgens angefeuert und mit reichlich aufgelegtem Holz versorgt, dauert es zwar einige Zeit, bis sich die Ofenmasse aufheizt, dann aber gibt sie den ganzen Tag lang eine angenehme Strahlungswärme ab.

Die Gesamtzahl der Einzelraumfeuerstätten liegt bei ca. 15 Mio. Stück, in den zurückliegenden Jahren wurden jährlich ca. 300.000–500.000 Kaminöfen verkauft. Die Preise für Einzelraumfeuerstätten variieren in einem weiten Bereich, wobei die Unterschiede meist mehr in Materialauswahl und Design als in technologischen Aspekten wie Effizienz und Emissionen begründet sind. Einzelraumfeuerstätten werden – abgesehen von Pelletöfen – mit Scheitholz oder Holzbriketts befeuert.

PELLETHEIZUNGEN

Mit den Holzpellets ist seit gut 15 Jahren ein neuer Brennstoff am Markt, der einen deutlichen Entwicklungsschub bei hoch effizienten und besonders emissionsarmen Holzheizungen ausgelöst hat. Es gibt ein vielfältiges Angebot an Pelletzentralheizungen und an luft- und wassergeführten Pelletöfen für den Wohnbereich. Mit Holzpellets befeuerte Kochherde sind ebenso verfügbar wie Kaminöfen mit Pelletmodul, die wahlweise von Hand mit Scheitholz

GESAMTBESTAND AN PELLETHEIZUNGEN IN DEUTSCHLAND



Quelle: DEPI auf Basis Biomasseatlas.de, ZIV, HKI (Januar 2013)

© FNR 2013

Holzpelletofen

und Holzbriketts oder – z. B. bei Abwesenheit – automatisch mit Holzpellets befeuert werden. Mit den Pelletheizungen wurden für Holzbrennstoffe erstmals auch holzbefeuerte Brennwertkessel geschaffen.

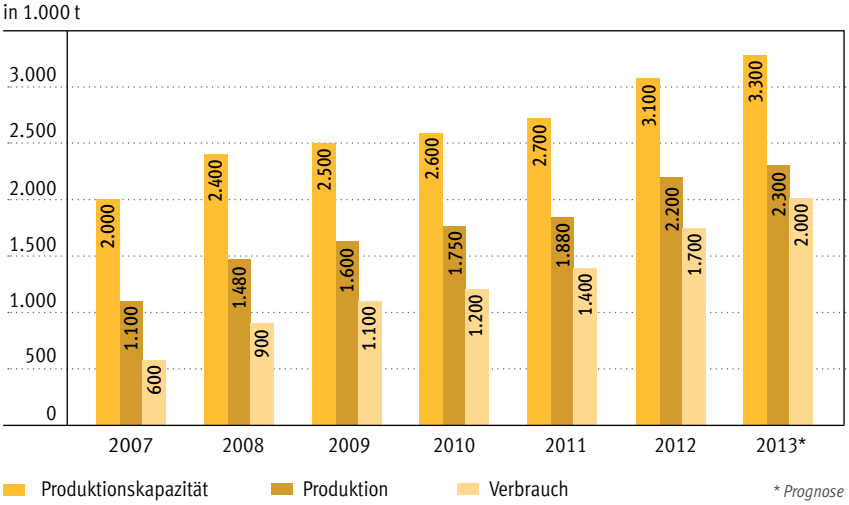
Pelletheizungen werden mit sehr kleinen Heizleistungen angeboten, die sie zur idealen Heizung für moderne Passiv- und Niedrigenergiehäuser machen. Hier reichen oft schon wasserführende Pelletöfen aus, errichtet überwiegend in Kombination mit Solarthermie-Anlagen, um die Heizwärmebereitstellung und Brauchwassererwärmung komplett zu übernehmen.

Pelletöfen und Pelletkessel weisen eine elektronische Steuerung und Regelung auf, die die Wärmebereitstellung bedarfsgerecht vornimmt und in jedem Lastzustand für eine optimale, emissionsarme Verbrennung sorgt. Die Regelungen sind meist dafür ausgelegt, mehrere Heizkreise gezielt zu bedienen und auch weitere Wärmeerzeuger z. B. Solarthermie und Pufferspeicher, in das System einzubinden. Es werden auch niedertemperaturfähige Pelletheizungen für Gebäude mit Fußboden- und Wandflächenheizungen angeboten. Pelletheizungen zeichnen sich im Holzheizungsvergleich durch sehr großen Komfort und geringen Heiz- und Lagerraumbedarf aus. Es sind platzsparende, an der Wand stehende oder hängende Pelletheizungen verfügbar.

Pelletöfen haben einen 15–25 kg fassenden Vorratsbehälter. Je nach Jahreszeit und Heizbedarf ist der Brennstoff täglich bis wöchentlich von Hand nachzufüllen. Holzpellets können als Sackware – in handlichen 15-kg-Säcken – bei regionalen Brennstoffhändlern oder in Baumärkten erworben werden. Per Spedition liefern Pelletwerke und Pellethändler auch palettenweise Sackware mit einer Tonne Holzpellets je Palette frei Haus.

Die Lager für Pelletheizkessel sind bei privaten Haushalten meist so dimensioniert, dass sie den Jahresbedarf an Holzpellets fassen können. Die Holzpellets werden in diesem Fall mit Silotankwagen geliefert und in die Lagerräume eingeblasen. Bei großen Pelletheizanlagen sind die Lagerkapazitäten so ausgelegt, dass eine ganze Lastwa-

HOLZPELLETS – PRODUKTION UND VERBRAUCH IN DEUTSCHLAND



Quelle: DEPI, FNR (2013)

© FNR 2013

genlieferung aufgenommen werden kann. Die Holzpellets werden dem Pelletheizkessel aus dem Lagerraum oder Silobehälter per Förderschnecke oder pneumatischer Fördersysteme vollautomatisch zugeführt.

KOHLENMONOXID IN PELLETLAGERN: VOR DEM BETRETEN LÜFTEN!

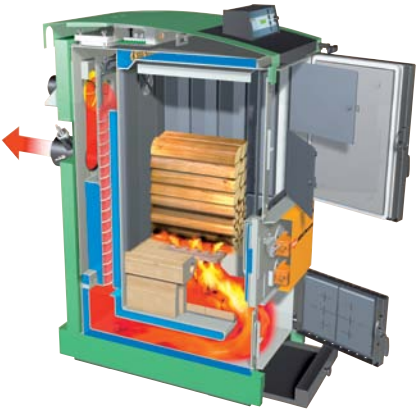
Das farb- und geruchlose Gas, das eine unter Umständen tödliche Kohlenmonoxidvergiftung verursachen kann, entsteht vermutlich durch natürliche Abbauprozesse im trockenen Holz. Pelletlagerräume müssen deshalb vor dem Betreten gründlich gelüftet werden!

SCHEITHOLZVERGASERKESSEL

Im Gebäudebestand und insbesondere im ländlichen Raum erfreuen sich Scheitholzvergaserkessel großer Beliebtheit. Für Verbraucher mit eigenem Holzaufkommen und günstigem Zugriff auf Brennholz, wie Land- und Forstwirte, Gewerbetreibende mit Anfall an Resten naturbelassenen Holzes oder auch Selbstwerber, die ihre Arbeitskraft zur Aufarbeitung von Holz einbringen, wird hiermit eine zwar aufwendige, aber preiswerte Wärmebereitstellung ermöglicht. Betreiber von Scheitholzvergaserkesseln müssen dazu über den erforderlichen Lagerplatz bzw. Lagerraum verfügen, denn es gilt, für das Abtrocknen des Holzes und zum Ausgleich von witterungsbedingt schwankendem Holzbedarf einen

Brennholzvorrat für mindestens 2–3 Jahre vorzuhalten und regengeschützt zu lagern.

Scheitholzvergaserkessel stehen dank enormer Entwicklungsfortschritte in den letzten Jahren den Pelletheizungen hinsichtlich Effizienz und Emissionsniveau inzwischen kaum nach. Sie sind in keiner Weise mehr mit den herkömmlichen Oberbrandkesseln für Holz und Kohle mit ihren geringen Wirkungsgraden, hohen Emissionen und Nachbarschaftsbelästigungen vergleichbar. Moderne Scheitholzkessel gibt es im Leistungsbereich von 5 bis zu mehreren 100 kW, modernste Feuerungs- und Regelungstechnik sorgt für eine effiziente und saubere Verbrennung, sodass viele Kesseltypen die 2010 in der novellierten Kleinfeuerungsanlagenverordnung strenger gefassten Emissionsgrenzwerte sehr deutlich unterschreiten. Mittels Feuerungsregelung per Rauchgastemperaturfühler und Lambda-Sonde wird stetig die für eine vollständige Verbrennung erforderliche Luft- bzw. Sauerstoffmenge zur Verfügung gestellt.



Scheitholzvergaserkessel – Schema

Bei Scheitholzvergaserkesseln gilt es, diese morgens anzufeuern und reichlich Holz im Füllraum aufzulegen. Das Holz gast über viele Stunden aus und wird in einer unter oder hinter dem Rost angeordneten Nachbrennkammer vollständig ausgebrannt. Leistungssteuerung und Feuerungsregelung garantieren beste Verbrennung und ermöglichen es, direkt die Heizkreise zu bedienen. Überschüssige Wärme wird im Pufferspeicher gespeichert. Vorrangschaltungen tragen für warmes Brauchwasser Sorge, hierfür kommt aber auch oft die Kombination mit Solarthermie zum Einsatz.

HACKSCHNITZELHEIZUNGEN

Hackschnitzelheizungen werden ab ca. 15 kW für Ein- und Mehrfamilienhäuser angeboten. Lohnenswert sind Hackschnitzelheizungen aber insbesondere dann, wenn der Leistungsbereich über 50 oder gar 100 kW liegt. Hackschnitzelheizungen kommen vielfach für die Wärmeversorgung einzelner Gebäude oder nahegelegener Gebäudeensembles zum Einsatz (Mikronetze). Bei größeren Hackschnitzelheizungen, die über Nah- bzw. Fernwärmenetze Straßenzüge, Ortschaften oder Stadtteile mit Wärme aus Biomasse versorgen, spricht man von Hackschnitzel- oder Biomasse-Heizwerken.

Viele Betreiber von Holzhackschnitzelheizungen verfügen über Holzressourcen, die sie mit eigenem Hacker oder von einem land- bzw. forsttechnischen Lohnunternehmen zu Hackschnitzeln verarbeiten lassen. Es wächst aber auch die Zahl der Biomassehöfe, die sich auf die Bereitstellung von

Holzbrennstoffen aller Art spezialisieren, und auch Komposthöfe und Recyclingbetriebe erweitern vielfach ihr Geschäftsfeld um den Bereich Biobrennstoffe und vermarkten Holzhackschnitzel und Schredderholz. Hiermit bietet sich auch für Betriebe ohne eigene Holzressourcen (und insbesondere bei hohem Brennstoffverbrauch) die Option, sich von hohen und volatilen Kosten für fossile Brennstoffe zu verabschieden und auf eine nachhaltige, preisstabile Wärmeversorgung umzustellen.

BIOMASSEHEIZKRAFTWERKE

Ist die Feuerungswärmeleistung so groß dimensioniert, dass sich per Dampfturbine, ORC-(Organic-Rankine-Cycle) Turbine oder Dampfmotor eine Stromerzeugung rentiert, werden Holzheizkraftwerke bzw. Biomasseheizkraftwerke als Kraft-Wärme-gekoppelte (KWK)-Anlage errichtet.

Holzheizkraftwerke sind häufig an Standorten der holzverarbeitenden Industrie im Einsatz, so in Sägewerken und Holzpelletwerken, bei Herstellern von Span- und OSB-Platten, Parkett und Laminat und Werken der Papier-, Holzstoff- und Zellstoffproduktion. Nicht in den Produktionsprozessen nutzbare oder anderweitig besser zu verwertende Holzreste werden in den Biomasseanlagen eingesetzt, um Strom, Wärme und Prozessdampf zu erzeugen. Überschüssiger Strom wird ins öffentliche Netz eingespeist. Auch Energieversorger, Städte und Kommunen bzw. deren Stadt- und Gemeindewerke haben in den zurückliegenden Jahren zahlreiche Holzheizkraftwerke errichtetet. Während in den Anlagen der Energieversorger, die vielfach mit Leistungen zwischen 10 und 20 MW elektrischer Leistung dimensioniert sind, vorwiegend Alt-/Gebrauchtholz zum Einsatz kommt, werden in Anlagen der Städte und Kommunen, die meistens mit Leistungen ‹ 5 MW_{el} ausgelegt sind, überwiegend Waldrestholzsortimente und Landschaftspflegeholz aus der Region sowie kommunaler Gehölzschnitt energetisch genutzt. Über Nah- und Fernwärmenetze wird die Wärme der Biomasseanlagen den Gewerbe-, Handels- und Dienstleistungsbetrieben sowie Wohnungsgesellschaften, privaten Haushalten und öffentlichen Gebäuden zur Verfügung gestellt.

Holzhackschnitzelheizung

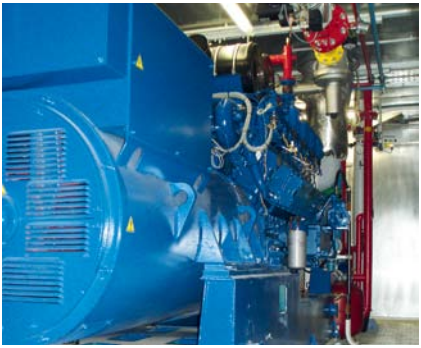
Transportband und Ballenöffner am Strohheizwerk

STROHHEIZWERKE

In Dänemark sind Strohheizwerke weit verbreitet. In der Landwirtschaft erzeugen sie u. a. Wärme für die Ställe der Geflügel und Schweine haltenden Betriebe. Vielfach liefern Landwirte aber auch überschüssiges Stroh an große kommunale Heizwerke, die Nah- und Fernwärmenetze versorgen. Selbst in einem Kohlekraftwerk wird Stroh verfeuert, um damit Strom für Kopenhagen zu erzeugen. In Deutschland finden sich dagegen bisher nur wenige Strohheizwerke, aber das Interesse an diesen Anlagen wächst. Ein Hersteller in Mecklenburg-Vorpommern fertigt Strohballenvergaserkessel, in denen ganze Rundballen verfeuert werden können, daneben kommen Strohfeuerungsanlagen zum Einsatz, die große Quaderballen einer Auflöse- und Häckselvorrichtung zuführen und das Häckselstroh dosiert im Luftstrom zur Feuerung transportieren. Mit Leistungen von ca. 400 – 1.000 kW werden so auch in mehreren deutschen Strohheizwerken aus den örtlich nachhaltig verfügbaren Strohüberschüssen die Grundlast für kommunale Heizwerke erzeugt oder größere Stallanlagen mit preiswerter Wärme versorgt. Ein solches 1.000-kW-Strohheizwerk wird ab August 2013 auch die FNR und weitere Liegenschaften in Gülzow mit Wärme versorgen.

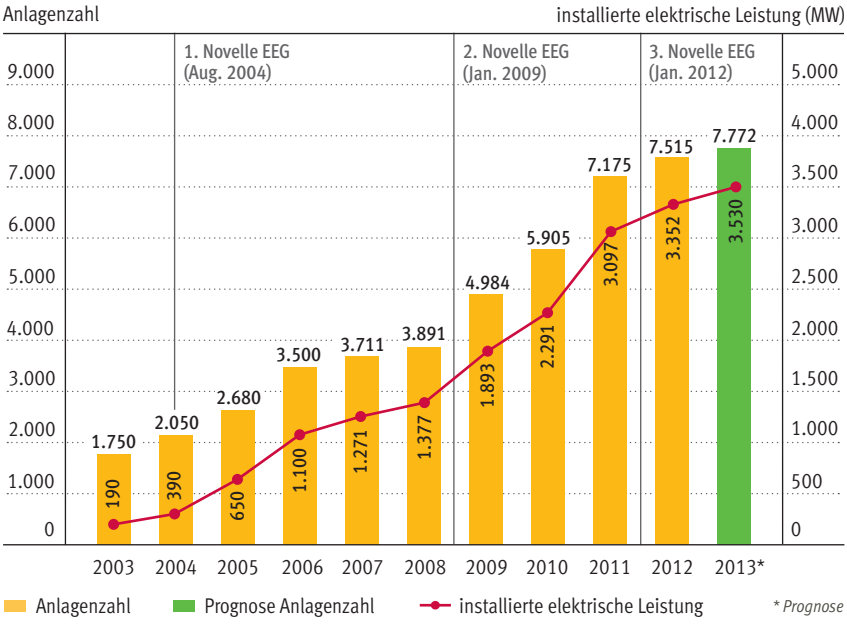
7.2 Biogas

Ob in Mooren und Sümpfen oder im Verdauungstrakt von Wiederkäuern: Biogas bildet sich überall dort, wo organisches Material in feuchter Umgebung unter Sauerstoffabschluss zersetzt wird. Verschiedene Bakterien, darunter Methanbakterien, leisten dabei die Hauptarbeit. In einer Biogasanlage wird dieser Prozess technisch nachvollzogen. Die Biogaserträge, aber auch die Zusammensetzung des Biogases variieren je nach Zusammensetzung der Ausgangsstoffe sowie der Verfahrens- und Prozesstechnik. Der Energiegehalt des Biogases ist schließlich direkt vom Methangehalt abhängig. So hat ein Kubikmeter (m^3) Methan einen Energiegehalt von etwa 10 Kilowattstunden (9,97 kWh).



BHKW-Aggregat einer Biogasanlage

BESTANDSENTWICKLUNG BIOGASANLAGEN



Quelle: FNR nach FvB (2013)

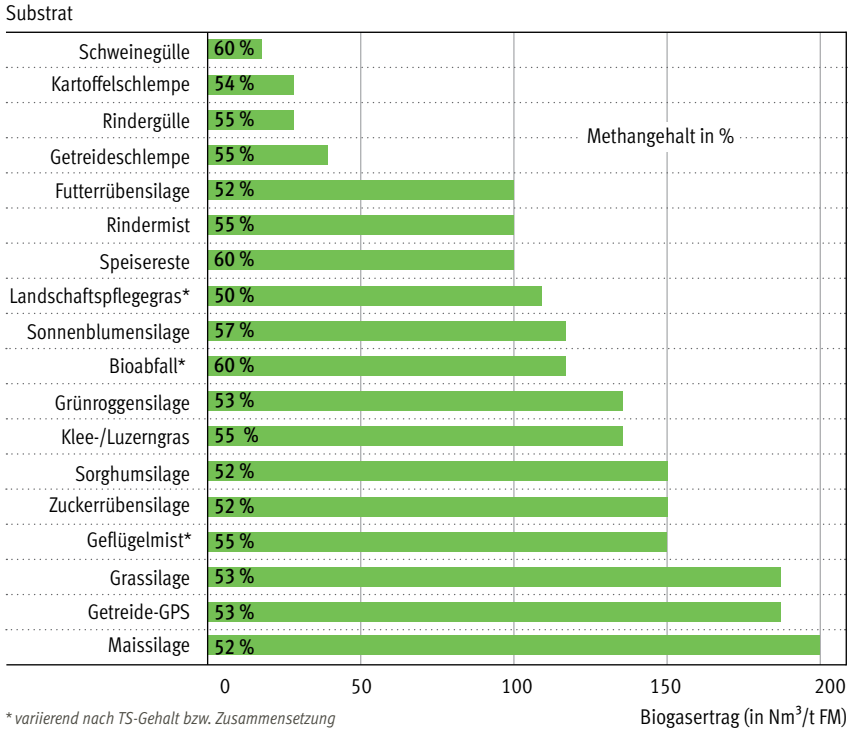
© FNR 2013

Mit Inkrafttreten des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) stieg die Zahl der Biogasanlagen in Deutschland deutlich an (siehe Abbildung oben). Ende 2012 waren mehr als 7.500 Biogasanlagen mit einer elektrischen Leistung von insgesamt fast 3.352 MW am Netz und lieferten soviel Strom wie fünf mittlere Kohlekraftwerke.

DIE ROHSTOFFE

Biogas kann aus einer Vielzahl von organischen Ausgangsstoffen gewonnen werden. In landwirtschaftlichen Anlagen dienen überwiegend gezielt angebaute Energiepflanzen und tierische Exkremente (Gülle und Mist) als Substrate. Die Nutzung von Gülle und anderen Wirtschaftsdüngern ist nicht nur aus Sicht des Klimaschutzes (Emissionsvermeidung) von großer Bedeutung, sondern hat auch eine den Prozess stabilisierende Wirkung. Als nachwachsende Rohstoffe kommen zum Beispiel Mais, Getreide, Gräser, Zuckerrüben u.v.m. in Frage, wobei der Mais derzeit als Kultur mit hohen Masse- und Gaserträgen sowie mit den geringsten spezifischen Kosten den größten Anbauumfang einnimmt. Negativ kann sich der hohe Maisanbau in einigen Regionen jedoch auf Bodenfruchtbarkeit und Biodiversität auswir-

BIOGASAUSBEUTEN



** variierend nach TS-Gehalt bzw. Zusammensetzung*

Quelle: KTBL (2010)

© FNR 2013

ken. In Folge der zunehmenden öffentlichen Diskussion wird unter Hochdruck an Alternativen geforscht. Ziel ist es, den Energiepflanzenanbau so nachhaltig und umweltschonend wie möglich zu gestalten. So sind neue Energiepflanzen wie die Durchwachsene Silphie, Hirsen, Wildblumen oder schnellwachsende Gräser in den Fokus gerückt.

Wie obige Abbildung zeigt, erzielen die verschiedenen Substrate zum Teil sehr unterschiedlichen Biogaserträge und auch die Methangehalte des jeweiligen Biogases differieren. Je nach Zusammensetzung des Gärsubstrates schwanken somit auch Gasausbeute und Methangehalt.

Neben nachwachsenden Rohstoffen und landwirtschaftlichen Abfällen und Reststoffen eignen sich auch außerlandwirtschaftliche Substrate wie Rückstände aus der Lebensmittelindustrie (z. B. Trester, Schlempe, Fettabscheiderrückstände), Gemüseabfälle von Großmärkten, Speiseabfälle, Rasen-

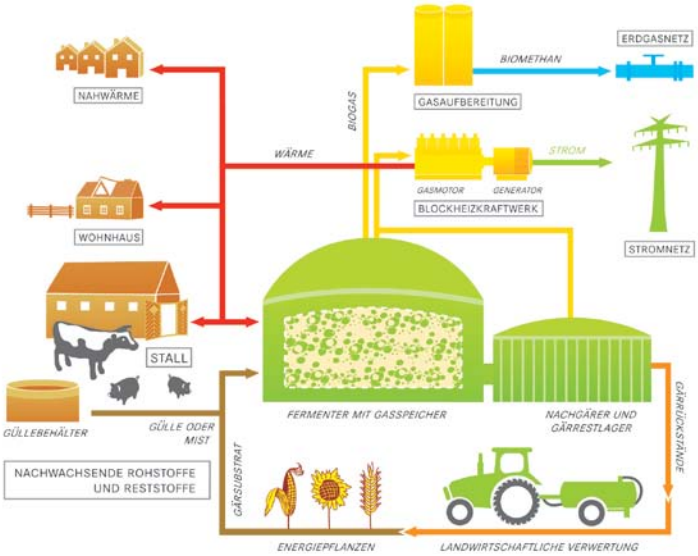
schnitt, Landschaftspflegematerial oder Bioabfälle aus der Kommunalentsorgung für die Biogasproduktion.

AUFBAU EINER BIOGASANLAGE

Bei der Biogasgewinnung kommen verschiedenste Anlagenkonzepte zum Einsatz. Sie unterscheiden sich nach Verfahrensmerkmalen, wie dem Trockensubstanzgehalt (TS-Gehalt), der Art der Beschickung oder der Anzahl der Prozessphasen. So wird in Abhängigkeit vom TS-Gehalt in Nass- und Trockenvergärung unterschieden. Fast alle landwirtschaftlichen Anlagen arbeiten im Nassfermentationsverfahren bei einer Betriebstemperatur im mesophilen Bereich (32–42 °C), mit den bekannten Rundbehältern und Gashauben. Bei der Nutzung von Gülle kommt nur die Nassvergärung in Frage, die zugeführte feste Biomasse muss gut zerkleinert und gemeinsam mit der Flüssigkeit pump- und rührfähig sein.

Die Trockenvergärung ist hingegen besonders für Betriebe von Interesse, denen weder Gülle noch andere flüssige Basissubstrate zur Verfügung stehen. Im Gegensatz zur Nassvergärung ist bei der Trockenvergärung das Gärgut weder pump- noch fließfähig, noch erfolgt eine ständige Durchmischung. Aber wie bei der Nassfermentation ist ein feuchtes Milieu für den biologischen Vergärungsprozess notwendig. Dieses wird durch Vermischen (Anmaischen) mit Prozessflüssigkeit vor der Vergärung oder durch stän-

AUFBAU EINER LANDWIRTSCHAFTLICHEN BIOGASANLAGE



Quelle: FNR

diges Besprühen mit Gärflüssigkeit während des Vergärungsvorgangs hergestellt.

Die vorstehende Abbildung zeigt, wie eine landwirtschaftliche Biogasanlage funktioniert und wie die Grundelemente Vorgrube/Substrateinbringung, Fermenter mit Rührwerk, Gasspeicher, Gärrückstandslager und Biogasverwertung (Gasaufbereitung, Blockheizkraftwerk o. a.) angeordnet sind. In der Vorgrube werden die Substrate zwischengelagert, wenn nötig zerkleinert, verdünnt und vermischt und gelangen von hier in den isolierten und beheizten Fermenter. Er ist das Kernstück der Anlage und muss gas- und wasserdicht sowie lichtundurchlässig ausgeführt sein. Entsprechende Rührtechnik gewährleistet die Homogenität des Gärsubstrates und unterstützt die Gasbildung. Das Biogas gelangt in den Gasspeicher, während das ausgegorene Substrat in das Gärrückstandslager transportiert wird, das i. d. R. auch als Nachgärbehälter dient.

Werden seuchenhygienisch bedenkliche Substrate wie z. B. Schlacht- oder Speiseabfälle mitvergoren, muss hygienisiert und für mindestens eine Stunde auf über 70 °C erhitzt werden, um Keime abzutöten.

Der flüssige oder feste Rückstand der Vergärung wird als Gärrückstand, Gärrest oder Biogasgülle bezeichnet und von den Landwirten wegen seiner hohen Nährstoffgehalte meist als organischer Dünger verwendet. Gegenüber unvergorener Roh-Gülle haben Gärrückstände wesentliche Vorteile, wie z. B. verringerte Geruchsintensität und Ätzwirkung. Die Nährstoffzusammensetzung schwankt in Abhängigkeit von den eingesetzten Substraten.

DIE ABLÄUFE IM FERMENTER

Der Vergärungsprozess im Fermenter läuft prinzipiell in vier voneinander abhängigen Teilschritten unter anaeroben Bedingungen (ohne Sauerstoff) ab, an denen jeweils verschiedene Gruppen von Mikroorganismen beteiligt sind. In der Verflüssigungsphase (Hydrolyse) werden die komplexen organischen Verbindungen in einfachere Verbindungen zerlegt. Diese Produkte werden in der anschließenden Versäuerungsphase (Acidogenese) zu organischen Säuren abgebaut. Hierbei entstehen außerdem Alkohole, Wasserstoff und Kohlendioxid als Ausgangsstoffe für die Methanproduktion. In der nachfolgenden Essigsäurephase (Acetogenese) werden die organischen Säuren und Alkohole zu Essigsäure, Wasser und Kohlendioxid. Die Produkte der vorangegangenen Phasen werden dann in der abschließenden Methanbildungsphase (Methanogenese) zu Methan, Kohlendioxid und Wasser umgesetzt.

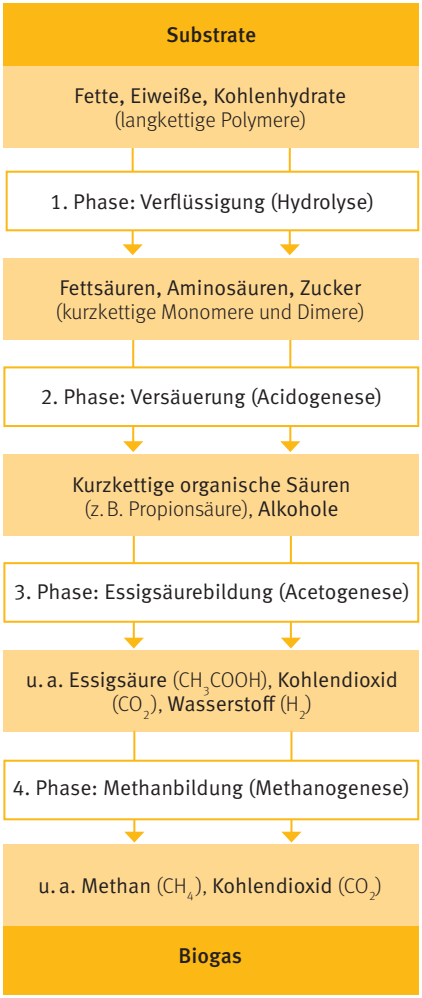
Das so gebildete Gasgemisch besteht überwiegend aus

- 50–75 % Methan (CH_4),
- 25–45 % Kohlendioxid (CO_2),
- 2–7 % Wasserdampf (H_2O),
- < 2 % Sauerstoff (O_2),
- < 2 % Stickstoff (N_2),
- < 1 % Schwefelwasserstoff (H_2S) und
- < 2 % Spurengasen.

Grundsätzlich finden die vier Phasen zeitgleich und parallel statt. Aufgrund der unterschiedlichen Milieubedingungen der verschiedenen Mikroorganismen muss da-

her ein Kompromiss der optimalen Parameter, wie beispielsweise Gärtemperatur, pH-Wert oder Nährstoffversorgung, gefunden werden.

SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DES FERMENTATIONSPROZESSES



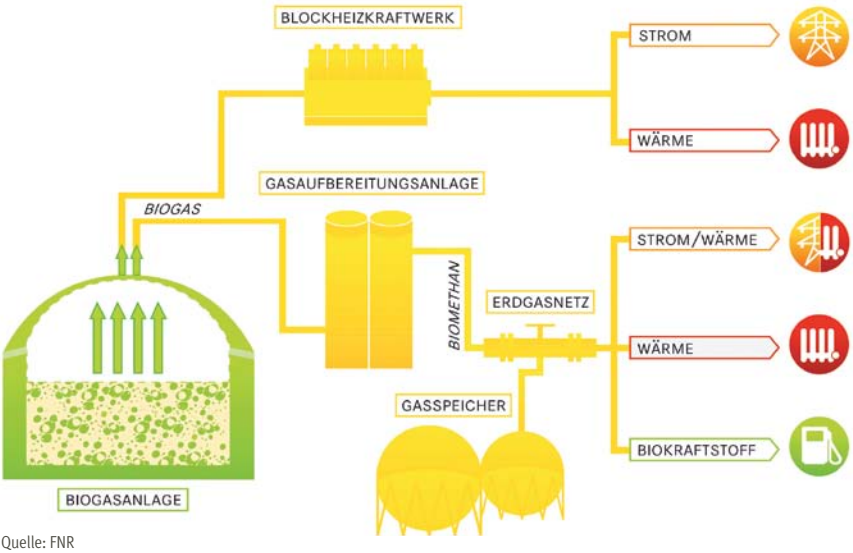
AUFBEREITUNG UND NUTZUNG – VON BIOGAS

Biogas bietet eine Vielzahl von Nutzungsoptionen. Es kann sowohl für die Strom- und Wärmeerzeugung als auch als Kraftstoff und Erdgas-Äquivalent eingesetzt werden. Hinzu kommt, dass Biogas speicherbar und über das Erdgasnetz transportierbar ist und dadurch jederzeit und unabhängig vom Entstehungsort zur Verfügung steht. Die Energieerzeugung aus Biogas unterliegt keinen tages- und jahreszeitlichen oder witterungsbedingten Schwankungen und kann somit bedarfsgerecht und auch kontinuierlich erfolgen.

Dank fester Vergütungssätze für die Verstromung ist die Erzeugung von Strom und Wärme direkt an der Biogasanlage die derzeit vorrangige Nutzungsart von Biogas. Sie erfolgt in Blockheizkraftwerken (BHKW), man spricht dabei von Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), weil Strom und Wärme gleichzeitig erzeugt werden. Das BHKW besteht aus einem mit Biogas betriebenen Verbrennungsmotor, der einen Generator zur Erzeugung von elektrischer Energie antreibt.

Neben der elektrischen Energie fällt beim BHKW-Betrieb die Wärme als Koppelprodukt an. Die Biogasanlage selbst benötigt je nach Anlagentyp und Jahreszeit 20–40 Prozent der Abwärme für die Beheizung des Fermenters. Aus ökologischer Sicht und für einen wirtschaftlichen Betrieb der Anlage ist eine sinnvolle Nutzung der überschüssigen Wärme unabdingbar. Eine Option besteht darin, mit der Abwärme der BHKW die Wohn-

NUTZUNGSMÖGLICHKEITEN VON BIOGAS



Quelle: FNR

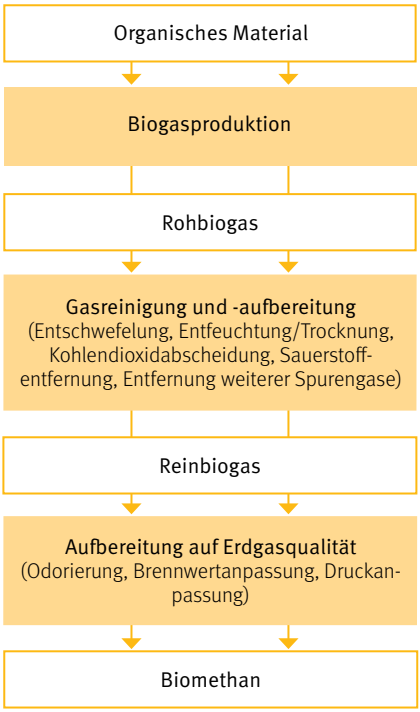
und Wirtschaftsgebäude des landwirtschaftlichen Betriebes zu beheizen. Ist eine Abnahme der Wärme in unmittelbarere Anlagennähe nicht gegeben, kann sie mithilfe von dezentralen Wärmenetzen zu den Verbrauchern gebracht werden. So lassen sich neben Wohnhäusern auch kommunale Einrichtungen wie Schwimmbäder oder Krankenhäuser und Gewerbebetriebe mit Wärme versorgen. Bei größeren Entfernungen kann auch das Biogas selbst über Gasleitungen zu einem sogenannten Satelliten-BHKW transportiert werden, das dann am Ort des Verbrauches Strom und Wärme produziert.

Grundsätzlich eignet sich Biogas auch als Energieträger für Brennstoffzellen, Stirlingmotoren und Mikrogasturbinen. Vorteile dieser Technologien, wie größere Wirkungsgrade oder geringere Betriebskosten, werden derzeitig noch durch die höheren Kosten überlagert. Eine weitere Möglichkeit der effizienten Nutzung bietet die ORC-Technologie. Sie erzeugt aus der BHKW-Abwärme zusätzlichen Strom.

In den letzten Jahren hat sich außerdem die Aufbereitung und Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz zunehmend etabliert. Ende 2012 produzierten 117 Biogasaufbereitungsanlagen etwa 73.000 Normkubikmeter Biomethan pro Stunde. Diese Menge entspricht einer Gesamtkapazität von ca. 6 Mrd. kWh pro Jahr. Gängige Aufbereitungstechnologien für Biomethan sind die Druckwasserwäsche, die Druckwechseladsorption,

physikalische und chemische Wäschen sowie die Membrantechnologie. Sie separieren das Biogas und trennen das gewünschte Methan von den anderen Begleitgasen ab. So wird der Methananteil im Biogas durch die Abscheidung von Kohlendioxid und ggf. weiteren Spurengasen von rund 50 Prozent auf das für das jeweilige Gasnetz erforderliche Niveau von 85–98 Prozent erhöht. In der nachfolgenden Abbildung sind die generellen Verfahrensschritte der Reinigung und Aufbereitung von Biogas zu Biomethan dargestellt.

VERFAHRENSSCHRITTE ZUR BIOGASAUFBEREITUNG



Das aufbereitete Biogas, nun „Biomethan“ genannt und chemisch mit Erdgas quasi identisch, kann durch die vorhandene Infrastruktur des Erdgasnetzes über beliebige Distanzen hin zu Standorten mit hohem, ganzjährigem Wärmebedarf transportiert werden. Das Gasnetz verfügt über ein erhebliches Transport- und Speicherpotenzial und ist damit in der Lage, die Energieerzeugung vom -bedarf zu entkoppeln. Gleichzeitig vermindert sich durch die Nutzung des Gasnetzes die Notwendigkeit des Ausbaus von Höchstspannungsnetzen. Viele Gasversorger bieten Biomethan/Erdgas-Mischprodukte mit unterschiedlichen Biomethananteilen an (5, 10 oder 20 Prozent Biomethan), die auch für die privaten Nutzer erhältlich sind. 100-prozentige Biomethanprodukte sind eher selten und in der Regel deutlich teurer als reine Erdgasprodukte mit gleichem Energiegehalt. Jeder Erdgaskunde kann diese Produkte nutzen, ohne seine bestehende Heizung hierfür austauschen zu müssen. Auch herkömmliche Haushaltsgasgeräte, wie z. B. Gasherde oder Gastrockner, können mit Biomethan betrieben werden.

Der Prozess der Aufbereitung und Einspeisung rentiert sich wegen der höheren Investitions- und Betriebskosten bisher vor allem für größere Anlagen, aber der technische Fortschritt lässt auch zunehmend kleinere Anlagen direkt an diesem Markt teilhaben.

Biomethan kommt auch als Kraftstoff in Erdgasfahrzeugen zum Einsatz. Während Erdgas zwar vergleichsweise sauber verbrennt, aber als fossiler Kraftstoff zusätzliches CO_2 emittiert, hat Biomethan aufgrund seiner

pflanzlichen Basis ein sehr hohes CO_2-Einsparpotenzial, das auch innerhalb der Biokraftstoffpalette hervorragend abschneidet. So senkt ein Anteil von 25 Prozent Biomethan im Erdgas die CO_2-Emissionen um 20 Prozent. In den europäischen Vorreiterländern Schweden und der Schweiz wird schon seit Jahren Biogas in Pkw, Bussen und Lkw eingesetzt. In Deutschland steht diese Nutzungsart allerdings noch am Anfang. Trotz einsatzbereiter Technik werden die Potenziale längst nicht ausgeschöpft. Derzeit gibt es nur sehr wenige Tankstellen, an denen reines Biomethan erhältlich ist. Aber etwa ein Drittel der 900 Erdgastankstellen in Deutschland bieten bereits Biomethan-Erdgas-Gemische an.

WAS MUSS BEACHTET WERDEN?

Für die Errichtung und den anschließenden Betrieb von Biogasanlagen sowie die Ausbringung der Gärrückstände sind eine Vielzahl von Gesetzen und Verordnungen zu beachten. Diese Anforderungen umfassen das Planungs-, Bau-, Wasser-, Naturschutz- und Abfallrecht, relevant sind auch die Vorschriften von Immissionsschutz-, Düngemittel- und Hygienerecht.

Biogas ist brennbar und in Mischungen mit 6–12 Prozent Luft explosiv. Aus diesem Grund sind die Sicherheitsregeln für landwirtschaftliche Biogasanlagen und die entsprechenden allgemeinen Regelwerke zu beachten. Grundsätzlich sind die Entstehung und das Entweichen von gefährlichen Gasen zu vermeiden. Die Betreiber haben eine Vielzahl von Nachweisen zu erbringen und Prüfungen durchzuführen, die den sicheren Betrieb gewährleisten. Bei Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben und Empfehlungen birgt der Umgang mit Biogas kein größeres Risiko als der mit Erdgas.

Für den wirtschaftlichen Erfolg einer Biogasanlage ist es geboten, alle Kostenminderungspotenziale bei Bau und Betrieb zu nutzen. Vor allem aber gilt es, die produzierte Energie bestmöglich zu verwerten.

7.3 Biokraftstoffe als flüssige Bioenergieträger

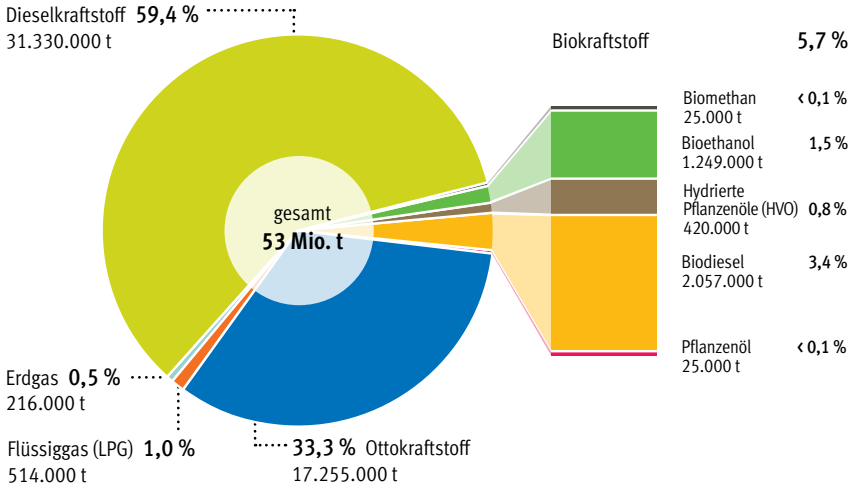
Flüssige Bioenergieträger wie Pflanzenöle, Biodiesel und Ethanol ersetzen bereits heute fossile Otto- und Dieselkraftstoffe. Sie substituieren aber ebenso auch Heizöl in Kesseln von Ein- und Mehrfamilienhäusern oder in Blockheizkraftwerken, die z. B. in Kommunen Strom und Wärme erzeugen. Vor allem aufgrund ihrer hohen Energiedichte haben flüssige Energieträger Vorteile

beim Transport und der Bevorratung. Ein Großteil der heutigen Infrastruktur ist auf flüssige Energieträger ausgelegt, sodass flüssige Biomasse bei ihrer Verteilung auf die vorhandenen Transport- und Lagersysteme zurückgreifen kann. Während die Erzeugung von Strom und Wärme aus Biomasse vor allem durch Festbrennstoffe und Biogas erfolgt, sind Biokraftstoffe im Mobilitätsbereich die wichtigste erneuerbare Alternative.

Unsere Gesellschaft ist heute mobiler denn je. Auch wenn aktuelle Prognosen einen Rückgang des Personenverkehrs vor allem durch neue Verkehrskonzepte voraussagen, wird der Güterverkehr auf unseren Straßen deutlich zunehmen. Da die Elektromobilität nach momentanem Stand hierfür noch keine Option bietet, dürften flüssige Kraftstoffe zumindest unseren Schwerlast-, Schiffs- und Flugverkehr auch in den nächsten Jahrzehnten dominieren. Und auch aus dem Pkw-Bereich verschwinden Otto- und Dieselaggregate nicht von heute auf morgen. Um so mehr rücken Nachhaltigkeit und Treibhausgasvermeidung sowie Effizienz und Ressourcenschonung in den Mittelpunkt der Mobilitäts-Diskussion. Biokraftstoffe wie Biodiesel, Ethanol und Pflanzenölkraftstoff leisten hier einen entscheidenden Beitrag.

Von den in Deutschland in 2012 verbrauchten 53 Mio. Tonnen Otto- und Dieselkraftstoff wurden etwa 5,7 Prozent (bezogen auf

KRAFTSTOFFVERBRAUCH DEUTSCHLAND 2012



Quelle: BAFA, erdgas mobil, DVFG, BMF, FNR (2013)

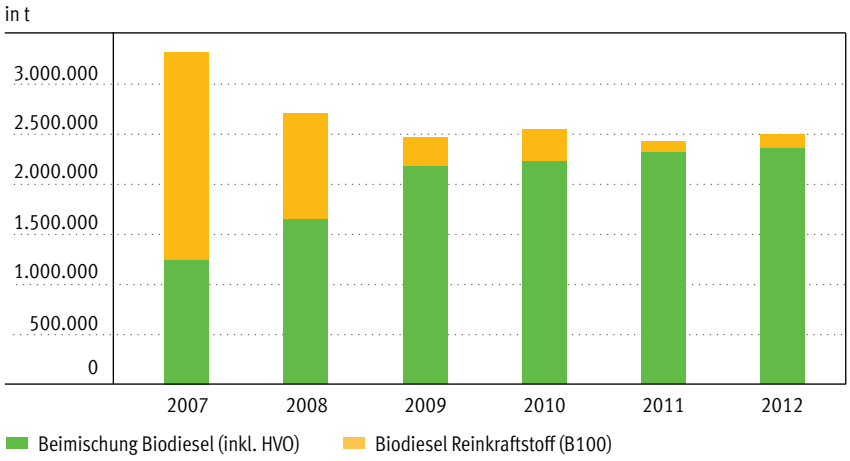
© FNR 2013

den Energiegehalt) durch Biokraftstoffe – hauptsächlich über die Beimischung (siehe Kasten) – ersetzt. Mit einem Absatz von 3,8 Mio. Tonnen belegt Deutschland innerhalb der EU den Spitzenplatz. Dabei ist der Biokraftstoffabsatz nach dem starken Rückgang in 2008 in etwa konstant – im Jahr 2007 lag der Anteil noch bei 7,2 Prozent. Aus Gründen der Markteinführung waren Bio-Reinkraftstoffe ursprünglich weitgehend von der Mineralöl- bzw. Energiesteuer befreit. Die schrittweise Besteuerung sowie gestiegene Rohstoffpreise sorgten für einen Einbruch im Bio-Reinkraftstoffmarkt – insbesondere im Nutzfahrzeugsektor. Seit Januar 2013 entfällt für Biodiesel und Pflanzenöl als Reinkraftstoff die Steuerermäßigung. Bis zum Jahr 2020 ist in Deutschland – durch die aktuellen Biokraftstoffziele – mit einem deutlichen Anstieg des Biokraftstoffeinsatzes zu rechnen.

BIODIESEL

Biodiesel oder auch Fettsäuremethylester (FAME) hat mit etwa 65 Prozent den größten Marktanteil der in Deutschland verbrauchten Biokraftstoffe. An über 30 Produktionsstandorten wird er aus Pflanzenölen und Fetten – hierzulande vor allem aus Rapsöl – produziert, daher auch der Name Rapsölmethylester (RME). Bei der Herstellung werden die im Öl enthaltenen drei Fettsäuren in Gegenwart eines Katalysators vom Glycerin abgespalten und mit Methanol verestert. Die für die Kraftstoffqualität notwendigen

BIODIESELABSATZ IN DEUTSCHLAND



Quelle: Bafa, FNR (2013)

© FNR 2013

Anforderungen schreibt die europaweit gültige Norm DIN EN 14214 fest.

Seit 2004 mischen Mineralölkonzerne herkömmlichem Diesel bis zu 5 und seit 2010 bis zu 7 Prozent Biodiesel bei – auf diesen Anteil bezieht sich auch die Kraftstoffbezeichnung „B7“. Während 2006 nur etwa 40 Prozent des deutschen Biodiesels über die Beimischung abgesetzt wurden, sind es heute über 90 Prozent.

BEIMISCHUNG

Die Mineralölkonzerne sind nach dem Biokraftstoffquotengesetz als sogenannte „Inverkehrbringer“ von Kraftstoffen verpflichtet, bestimmte Mindestanteile ihres Diesel- und Ottokraftstoffabsatzes durch biogene Kraftstoffe sicherzustellen. Hierfür sind definierte Quoten verbindlich vorgegeben. Dies erfolgt hauptsächlich durch die Beimischung von Biodiesel zu Diesel bzw. von Bioethanol zu Superbenzin. Die Obergrenzen dafür geben die Kraftstoff-Qualitätsnormen vor: Demnach dürfen bis zu 7 Prozent Biokraftstoffe dem Diesel und bis zu 10 Prozent dem Benzin beigemischt werden.

Mit der Beimischungsverpflichtung kommt Deutschland europäischen Vorgaben zum Klimaschutz nach. So schreibt die Erneuerbare-Energien-Richtlinie der EU vor, dass bis zum Jahr 2020 in allen Mitgliedsstaaten 10 Prozent des Endenergieverbrauchs im Verkehrssektor aus erneuerbaren Energien stammen müssen.

Ab 2015 wird die Biokraftstoffquote in Deutschland auf eine Treibhausgasvermeidungsquote umgestellt. Für sie ist dann nicht mehr der mengenmäßige Anteil der in Verkehr gebrachten Biokraftstoffe entscheidend, sondern ihr Beitrag zur Treibhausgasminderung.

Während Reinkraftstoffe in den Anfangsjahren des Biokraftstoff-Booms in Deutschland eine wichtige Rolle spielten, wird der Markt heute von der Beimischung dominiert. Beigemischte und andere auf die Biokraftstoffquote angerechnete Biokraftstoffe sind nicht steuerbefreit.

PFLANZENÖL

Ein weiterer Rein-Biokraftstoff ist Rapsölkraftstoff. In umgerüsteten Motoren ist er vor allem in der Land- und Forstwirtschaft eine Alternative. Während beim Biodiesel der Kraftstoff durch die Veresterung an die erforderlichen Eigenschaften des Motors angepasst wird, muss beim Pflanzenölkraftstoff der Motor an den Kraftstoff angepasst werden. Der Handel bietet dafür spezielle Umrüstsätze an. Da die Öl- bzw. Kraftstoffqualität entscheidende Auswirkungen auf den einwandfreien Betrieb hat, kommt der Einhaltung der Rapsölkraftstoffnorm DIN 51605 große Bedeutung zu.

Wie für Biodiesel galt auch für Rapsölkraftstoff ein ermäßigter Energiesteuersatz bis Dezember 2012. In der Land- und Forstwirtschaft hingegen ist der Einsatz dieser Reinkraftstoffe von der Energiesteuer befreit. Die derzeit nur bedingte Wettbewerbsfähigkeit gegenüber herkömmlichem Dieselkraftstoff hat den Absatz von Pflanzenölkraftstoff von 840.000 Tonnen (2007) auf unter 25.000 Tonnen (2012) einbrechen lassen.

Rapsölbetriebenes Blockheizkraftwerk

Pflanzenöle werden in Deutschland nicht nur als Kraftstoff, sondern auch für die Strom- und Wärmeerzeugung genutzt. 2010 erzeugten etwa 1.400 Pflanzenöl-BHKW etwa 1,8 TWh (entspricht 1,8 Mrd. kWh) Strom. Bei einem Stromverbrauch in deutschen Haushalten von ca. 3.600 kWh pro Jahr entspricht dies einer Stromproduktion für 500.000 Haushalte. Pflanzenöl-BHKW werden in der Regel hocheffizient wärmegeführt betrieben – der Vorteil ist ein hoher Gesamtwirkungsgrad von über 80 Prozent. Auch wenn die Verstromung von Pflanzenöl in bestehenden Anlagen über das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG, siehe auch Kapitel 3) vergütet wird, belasten hohe Rohstoffpreise der letzten Jahre deren wirtschaftlichen Betrieb. Für Neuanlagen, die ab 2012 in Betrieb gehen, ist die EEG-Vergütung gestrichen, sodass diese Nutzungsform künftig nicht weiter ausgebaut werden wird.

BIOETHANOL

Während Pflanzenöl und Biodiesel Dieselmotoren antreiben, kann Bioethanol Ottokraftstoffe, also Superbenzin ersetzen. Ethanol entsteht bei der Vergärung von Kohlenhydraten, die in stärkehaltigen (Kartoffeln, Mais, Getreide) oder zucker-

haltigen Pflanzen (Zuckerrüben, Zuckerrohr) vorkommen. Unter Einsatz von Hefe und Enzymen wird dieser Zucker zu Ethanol und CO_2 umgewandelt. Für die Nutzung als Kraftstoff muss der Alkoholgehalt dann über eine mehrstufige Destillation und Entwässerung auf mindestens 99,7 Prozent erhöht werden.

Ethanol wird in Deutschland vor allem aus Getreide oder Zuckerrüben erzeugt. Sechs Groß- und einige kleinere Anlagen mit einer gesamten Produktionskapazität von über 1 Mio. Tonnen produzieren derzeit ca. 0,6 Mio. Tonnen Ethanol im Jahr. Die Branche setzte 2012 ca. 1,2 Mio. Tonnen Bioethanol ab, die nahezu vollständig in die Beimischung von Superkraftstoffen (Super E5, Super E10) gingen. Lediglich etwa 1 Prozent bzw. 17.000 Tonnen E85 wurden als Reinkraftstoff an deutschen Tankstellen verkauft.

E10

Wurden Ottokraftstoffen in Deutschland bis 2010 maximal 5 Prozent Bioethanol beigemischt (bezogen auf das Volumen), ist es seit Januar 2011 möglich, den biogenen Anteil auf bis zu 10 Prozent zu verdoppeln. Die Beimischung von Ethanol zu einem Basis-Ottokraftstoff erfolgt in den Raffinerien. Von dort wird er an die Tankstellen verteilt. „E10“, so auch die neue Bezeichnung an den Zapfsäulen, vertragen mehr als 90 Prozent der Fahrzeuge mit Ottomotor. Die verbleibenden Fahrzeuge sind im Wesentlichen aufgrund von Materialunverträglichkeiten für den Betrieb mit E10 nicht geeignet. Daher wird an deutschen Tankstellen auch weiterhin Superbenzin mit einem Ethanolanteil von bis zu 5 Prozent (E5) angeboten. Negative Auswirkungen auf das Fahrverhalten (z. B. Kaltstart, Leistungsverhalten) beim Betrieb von geeigneten Fahrzeugen sind mit E10 nicht bekannt. Der 10-prozentige Bioethanolanteil im Benzin wirkt sich zudem nicht signifikant auf den Kraftstoffverbrauch im Vergleich zu herkömmlichen Ottokraftstoffen aus. Zum einen ist der Unterschied des Energiegehalts insbesondere zu E5 nur gering, zum anderen kann dieser bei entsprechender Motortechnik durch die vorteilhaften Eigenschaften von Ethanolkraftstoff (z. B. hohe Verdampfungswärme, hohe Oktanzahl) weitgehend kompensiert werden. Flottentests, die zum Beispiel an der TU Wien durchgeführt wurden, bestätigen dies.

E85 UND FLEXIBLE FUEL VEHICLES (FFV)

Seit 2005 werden in Deutschland sogenannte Flexible Fuel Vehicles (FFV) angeboten. Die Motoren dieser Fahrzeuge verkraften neben herkömmlichem Ottokraftstoff auch Kraftstoffe mit einem höheren Ethanolanteil (E85). E85 ist ein Kraftstoffgemisch aus 85 Prozent Ethanol und 15 Prozent Ottokraftstoff. Da Ethanol einen geringeren Energiegehalt hat, muss bei E85 im Vergleich zu E10 mit einem Mehrverbrauch zwischen 10–30 Prozent gerechnet werden. Der Mehrverbrauch wird jedoch durch einen geringeren Kraftstoffpreis zum Teil ausgeglichen. E85 kann hierzulande an über 300 Tankstellen getankt werden.

NACHHALTIGKEIT

Allen in Deutschland, aber auch der EU abgesetzten Biokraftstoffen ist gemein, dass sie seit 2011 besondere Anforderungen in Bezug auf ihre nachhaltige Erzeugung erfüllen müssen (vgl. Kapitel 5). Über die Nachhaltigkeitsverordnung sind Kriterien definiert, die sicherstellen, dass beim Biomasseanbau weltweit keine wertvollen Lebensräume für seltene Pflanzen und Tiere – wie Moore oder Regenwälder – verloren gehen. Zudem müssen Biokraftstoffe über die gesamte Wertschöpfungskette ab 2011 mindestens 35 Prozent Treibhausgase (ab 2017: 50 Prozent und ab 2018: 60 Prozent) gegenüber fossilen Kraftstoffen einsparen – eine positive Umweltwirkung ist somit gesetzlich vorgeschrieben.

DIE ZUKUNFT

Momentan und in absehbarer Zeit werden vor allem Pflanzenölmethylester (aus Raps, aber auch aus Soja- und Palmöl) und Bioethanol (aus Getreide, Mais, Zuckerrohr und Zuckerrüben) in größeren Mengen als Mischungsbestandteil in Kraftstoffen genutzt. Perspektivisch dürften Biomethan und neue, zukünftige Biokraftstoffoptionen, zu denen, Ethanol aus Lignocellulose (Stroh) oder synthetische Biokraftstoffe (BtL-Kraftstoffe) zählen, diese Palette spürbar erweitern und ergänzen.

Die Herstellung von synthetischen Kraftstoffen aus fester Biomasse befindet sich derzeit noch in der Entwicklung, die Inbetriebnahme entsprechender Pilotanlagen wird für 2014 erwartet. Damit verbindet sich die Hoffnung, dass die Verfahren zur Herstellung der sogenannten BtL-(Biomass-to-liquid) Kraftstoffe in den kommenden Jahren zur Marktreife gelangen. Diese Kraftstoffe versprechen eine Reihe von Vorteilen: Verwertet wird die komplette Biomasse, nicht nur einzelne Bestandteile der Pflanzen wie Öl oder Stärke. BtL weist dadurch eine hohe Flächeneffizienz auf, zudem ist für seine Herstellung eine breite Rohstoffbasis geeignet wie z. B. Holzhackschnitzel, Stroh oder Bioabfälle, die zum Teil nicht in Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion stehen.

Forschen zu Bioenergie

8 BIOENERGIEDÖRFER UND BIOENERGIE-REGIONEN

Viele Dörfer versorgen sich bereits ganz oder zu wesentlichen Teilen mit Strom und Wärme aus Biomasse – sie sind zum Bioenergiedorf geworden. In einem Bioenergiedorf wird das Ziel verfolgt, den überwiegenden Anteil des Wärme- und Strombedarfs auf Basis regionaler, nachhaltig erzeugter Biomasse zu decken, oft ergänzt durch weitere Erneuerbare Energien wie Windenergie, Solarthermie und Photovoltaik.

In Dörfern und Kommunen, in denen die Mehrheit der Einwohner, die Land- und Forstwirte wie auch die kommunalen Vertreter von der Idee eines Bioenergiedorfes überzeugt sind, bestehen die besten Aussichten für die Umsetzung von Bioenergiedorf-Konzepten. Die größten Hindernisse ergeben sich in der Regel nicht aufgrund technischer Probleme oder mangels Verfügbarkeit von Biomasse, sondern vielmehr aufgrund von Informationsdefiziten und Vorbehalten in der Bevölkerung. Die Dorfbewohner sind es, die als Wärmekunden und/oder Anlagenbetreiber von dem Projekt überzeugt sein müssen. Mit der Errichtung und dem Betrieb von Biomasseheizwerken, Holzheizkraftwerken oder Biogasanlagen und dem Bau von Wärme- oder kleinen Gasnetzen können Landwirte und Waldbauern zu Energiewirten werden und sich Bewohner und Gewerbetreibende in Betreibergesellschaften zusammenfinden und eine langfristig gesicherte, nachhaltige Energieversorgung aufbauen. Energiegenossenschaften z. B. geben dabei allen Beteiligten die Möglichkeit für eine aktive Mitgestaltung und finanzielle Beteiligung.

In Deutschland haben nicht nur Bioenergiedörfer die Chancen für Arbeit und Wertschöpfung sowie nachhaltige Wirtschaftskreisläufe erkannt, sondern auch ganze Regionen, die sich als Bioenergie-Regionen profiliert haben. Das BMELV fördert in diesen seit 2009 die Netzwerk- und Öffentlichkeitsarbeit. Die damit etablierten Bioenergie-Netzwerke haben ein aktives Management, dass durch Wissenstransfer Akteure ausbildet und durch Öffentlichkeitsarbeit Akzeptanz in der Bevölkerung schafft. Auf diese Weise wird der Weg bereitet für Investitionen in Bioenergie-Anlagen und Logistik . In der aktuellen Förderphase stehen effizienter Rohstoffeinsatz, regionale Wertschöpfung, Weitergabe von Erfahrungen und Verstetigung der Strukturen im Fokus. Durch die wissenschaftliche Begleitung in technischen, ökonomischen und sozialwissenschaftlichen Aspekten werden Erkenntnisse gewonnen, die den Beteiligten Ansätze zu Verbesserung und Optimierung aufzeigen. Im Ratgeber Bioenergie in Regionen wurden diese Erfahrungen aus den Bioenergie-Regionen anschaulich aufbereitet und anderen Kommunen und Regionen als Entscheidungsgrundlage und Planungshilfe verfügbar gemacht.

9 WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN UND QUELLEN

Informationen und Literatur der FNR
Die FNR bietet weiterführende Informationen zum Thema Bioenergie in Broschüren, Leitfäden und Marktübersichten. Unter
www.fnr.de
http://bioenergie.fnr.de
http://heizen.fnr.de
http://biogas.fnr.de
http://biokraftstoffe.fnr.de
http://energiepflanzen.fnr.de
stehen Ihnen die überwiegend kostenlosen FNR-Publikationen zur Bestellung und zum Download sowie weitergehende Informationen zur Verfügung.

Sonstige Informationen
Nationaler Biomasseaktionsplan für Deutschland
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)
Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV)
(September 2010)
www.bmelv.de

Nationaler Aktionsplan für erneuerbare Energie gemäß der Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen der Bundesregierung vom 4. August 2010
www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/nationaler_aktionsplan_ee.pdf

Energiekonzept für eine umweltschonende zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung
Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), Berlin, www.bmwi.de
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) Berlin, www.bmu.de (September 2010)
www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energiepolitik/energiekonzept.html

Richtlinie 2009/28/EG des europäischen Parlamentes und des Rates vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen
http://de.wikipedia.org/wiki/Richtlinie_2009/28/EG_(Erneuerbare-Energien-Richtlinie)

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)
OT Gülzow, Hofplatz 1
18276 Gülzow-Prüzen
Tel.: 03843/6930-0
Fax: 03843/6930-102
info@fnr.de
www.nachwachsende-rohstoffe.de
www.fnr.de

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier
mit Farben auf Pflanzenölbasis

Bestell-Nr. 196
FNR 2013

FNR
Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.