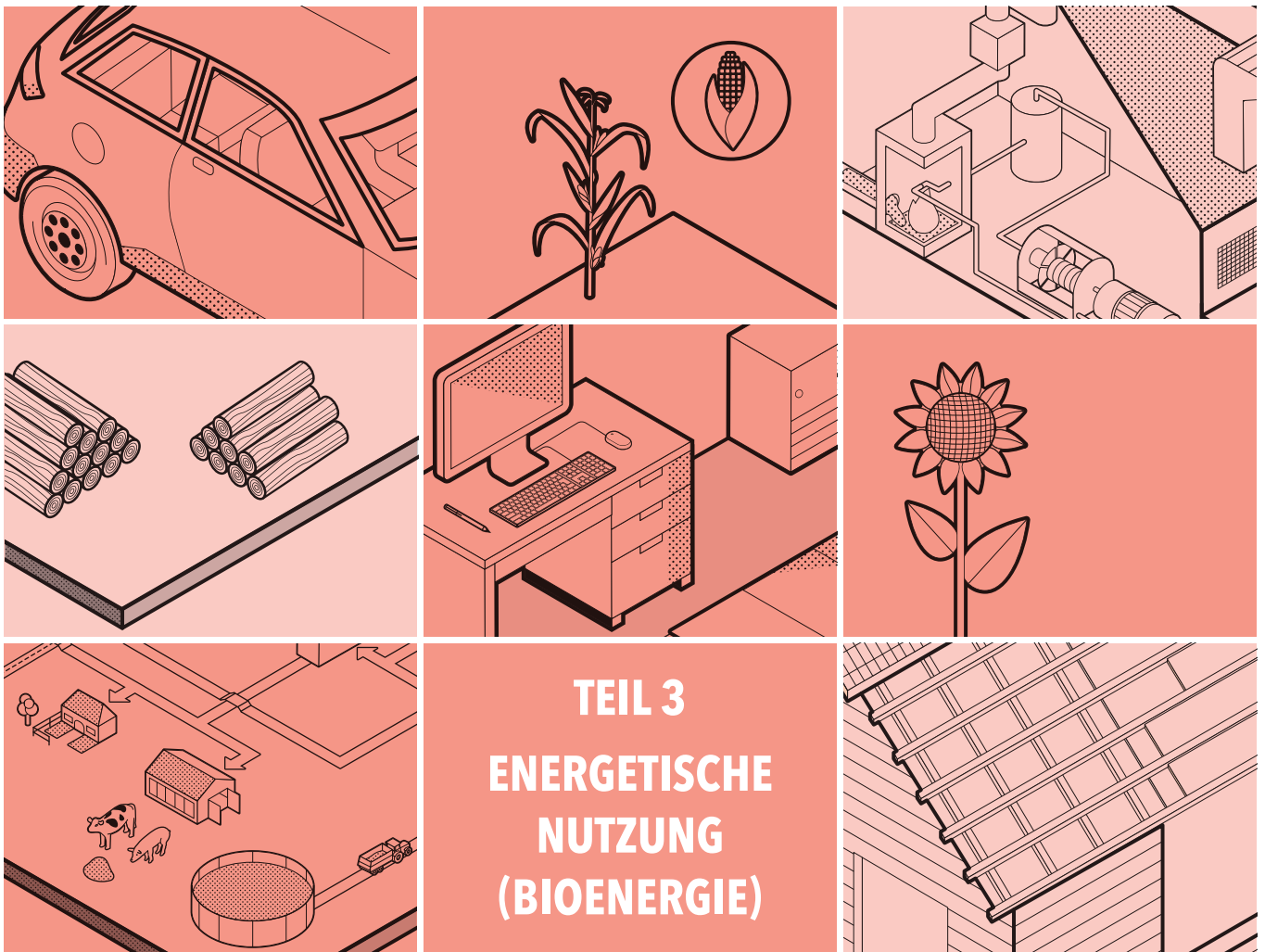


# NACHWACHSENDE ROHSTOFFE

INFORMATIONSMATERIALIEN FÜR BERUFSBILDENDE SCHULEN

## BASISMODUL - ANLAGEN



Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

## MATERIALIEN FÜR DEN UNTERRICHT

### Kapitel III. Energetische Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen (Bioenergie)

---

**ANLAGE: M13 Hintergrundinformationen**

Übersicht Bioenergie  
Bioenergie und Nachhaltigkeit  
Biomasse und Energiepflanzen  
Das Energiekonzept  
Biogas  
Feste Brennstoffe  
Biokraftstoffe  
Fünf Gründe für Bioenergie  
Bioenergie – kritisch nachgefragt

**ANLAGE: M14 Grafiken**

Bioenergie – Anteil an der Energieversorgung  
Bioenergie – Wirtschaft u. Bedeutung  
Übersicht Energiepflanzen  
Steckbrief Energiepflanzen  
Nutzungspfade von nachwachsenden Rohstoffen  
Biogas – vielfältige Nutzung von Biogas  
Biogas – Substrateinsatz  
Nutzungspfade von Energieholz  
Schaubild Biomasse-Heizkraftwerk  
Biokraftstoffe – Anteil am Kraftstoffverbrauch  
Biokraftstoffe im Vergleich, Biomass-to-Liquid (BtL)  
Deutschlandkarte Bioenergiedörfer

### **Bioenergie**

Die Bioenergie ist unter den Erneuerbaren Energien der Alleskönner: Sowohl Strom, Wärme als auch Treibstoffe können aus fester, flüssiger und gasförmiger Biomasse gewonnen werden. Die Vielfalt der Nutzungsmöglichkeiten wird in Deutschland weiter erforscht.

### **Entwicklung im ländlichen Raum**

Ein dezentraler Ausbau der Bioenergienutzung kann insbesondere die regionale Wertschöpfung stärken: Die Bioenergie bietet der Landwirtschaft ein zusätzliches Standbein. Werden lokale Synergien erschlossen und Kreisläufe geschlossen, kann die Nutzung von Bioenergie zum Motor der ländlichen Entwicklung werden und gleichzeitig können die Energiekosten deutlich gesenkt werden. Immer mehr Bioenergie-Dörfer machen es vor.

### **Der Energiemix**

Als flexibel einsetzbare und optimal speicherfähige Quelle Erneuerbarer Energien übernimmt die Bioenergie eine zentrale Rolle in der zukünftigen Energieversorgung, die überwiegend auf Erneuerbaren Energien basieren wird. Im Zusammenspiel mit Wind und Sonne schafft Bioenergie zuverlässig und sicher eine ausschließliche Versorgung mit Erneuerbaren Energien.

### **Klimaschutz mit Bioenergie**

Bioenergie – einschließlich der verschiedenen Formen von Biokraftstoffen – macht heute mehr als die Hälfte des Klimaschutz-Beitrags der Erneuerbaren Energien in Deutschland aus. Mit Bioenergie wurden 2014 in Deutschland rund 142 Mio. Tonnen Treibhausgase vermieden, das ist mehr als alle Emissionen Schwedens. Biokraftstoffe allein reduzierten 2014 die Treibhausgas-Emissionen um über 5 Mio. Tonnen – etwa so viel wie Hannover jährlich ausstößt. Wer die internationalen Klimaschutz-Ziele erreichen will, muss auch die Nutzung der Bioenergie massiv voranbringen. Mit einem Anteil von etwa 70 Prozent an den Erneuerbaren Energien ist die Bioenergie derzeit die wichtigste erneuerbare Energiequelle in Deutschland.

### **Biogas**

Biogas wird in Deutschland dezentral in landwirtschaftlichen Biogasanlagen erzeugt. Importe von Biomasse spielen dabei kaum eine Rolle. Die Biogaserzeugung stärkt so die regionale Wertschöpfung, schließt Stoffkreisläufe und nutzt Synergien vor Ort. Biogas bietet der Landwirtschaft ein zusätzliches Standbein zur Diversifizierung ihrer wirtschaftlichen Tätigkeiten. Blockheizkraftwerke (BHKWs) nutzen Biogas für die Strom- und Wärmeerzeugung. Diese gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung (KWK) ist besonders effizient. Die Entfernung zu den Verbrauchern überbrücken Strom-, Erdgas-, Mikrogas- oder auch Nahwärmenetze. Dass besonders große Biogaspotenziale vor allem im dünn besiedelten ländlichen Raum erschlossen werden können, stellt keine Hürde für eine effiziente Biogasnutzung dar. Oft bringt eine gezielte Standortwahl die landwirtschaftlichen Erzeuger und die Wärmeabnehmer zusammen. Ab einer bestimmten Siedlungsdichte und Abnahmemenge lohnt sich auch die Errichtung kleiner, lokal begrenzter Nahwärme- und Mikrogasnetze.

### **Holzenergie**

Mit dem urzeitlichen Lagerfeuer beginnt die Geschichte der Holzenergie. Heute stehen deutlich effizientere Technologien zur Verfügung, um mit Holz Wärme und Strom zu erzeugen. Rund 8 Prozent des deutschen Wärmeverbrauchs wurden 2014 durch Holzenergie gedeckt. Angesichts steigender Preise für fossile Energieträger bietet sich unerschlossenes Potenzial von Wald- und Restholz für die Wärmeerzeugung an. Holz dient

traditionell vor allem als Wärmelieferant – für Raumwärme, Warmwasser oder Prozesswärme in der industriellen Nutzung. Ein- und Mehrfamilienhäuser lassen sich heute sauber und effizient mit Holzpellettheizungen beheizen. Die moderne und vollautomatische Technologie der Pellettheizungen sorgt dafür, dass der Ausstoß von Feinstaub und CO<sub>2</sub> deutlich unter den gesetzlich festgelegten Grenzwerten liegt. Problematisch sind falsch gehandhabte ältere Scheitholzöfen und Kamine. Deswegen ist der Austausch alter Holzöfen durch moderne Holzheizungen (Pellettheizungen, Hackschnitzelheizungen, Scheitholzvergaser) der optimale Weg, sowohl Feinstaubemissionen zu reduzieren als auch Holz effizienter zu nutzen. Mit größeren Holzheizkraftwerken können gleichzeitig Strom und Wärme für Siedlungen und Stadtteile erzeugt werden. Eine weitere Technologie ist die Gewinnung von Holzgas, das eine Strom- und Wärmeerzeugung in Blockheizkraftwerken auch kleinerer Leistungsklassen ermöglicht. Bisher mit technischen und wirtschaftlichen Risiken verbunden, macht die Verfahrensentwicklung Fortschritte. Erste Unternehmen produzieren Holzgas-BHKW in Kleinserie.

### **Biokraftstoffe**

Zu Land, zu Wasser und in der Luft: Biokraftstoffe können für den Antrieb von Verbrennungsmotoren in Autos, Lkw, Schiffen oder Flugzeugen eingesetzt werden. Biokraftstoffe sind neben erneuerbarer Elektromobilität unverzichtbar für energieeffiziente Verkehrsstrukturen der Zukunft. Im Jahr 2014 deckten Biokraftstoffe rund 5 Prozent des deutschen Kraftstoffverbrauchs ab. Mit einem Jahresverbrauch von 1,9 Mio. Tonnen machte Biodiesel 2014 den Großteil des deutschen Biokraftstoffmarktes aus, während 1,3 Mio. Tonnen Bioethanol und 0,1 Mio. Tonnen reines Pflanzenöl abgesetzt wurden. Aufbereitetes Biogas kann uneingeschränkt als Kraftstoff in Fahrzeugen mit Gasmotor eingesetzt werden. Synthetische Biokraftstoffe (Biomass-to-Liquid, BtL), die so genannte „Zweite Generation“, sind noch in der Forschungs- bzw. Pilotphase und werden bisher nicht frei am Markt angeboten. Je nach Herkunft, Anbau- und Produktionsverfahren bieten Biokraftstoffe unterschiedliche Potenziale.

### **Weitere Informationen: M13-Grafiken**

**Wirtschaftlichkeitsrechner Biogas**

Fermentation und Erträge	
Substrate	12.500 t/a
Substratzufuhr Trockenmasse (TM)	27,0 % der FM
Substratzufuhr Organische Masse (oTM)	91,9 % der TM
Mittlere Verweilzeit im Fermenter	89 d
Erforderlicher Fermenterraum (Nettovolumen)	3.400 m³
Faulraumbelastung	2,5 kg oTM/(m³ Fermenterraum · d)
Rohgaserzeugung	1.890.850 m <sub>n</sub> <sup>3</sup> /a
	215,9 m <sub>n</sub> <sup>3</sup> /h
davon Methan	991.615 m <sub>n</sub> <sup>3</sup> /a
Energiegehalt	
Rohgas (H <sub>i,n</sub> )	9.886.401 kWh/a
BHKW	
Motorart des BHKW	Gas-Otto-Motor
Energie aus Zündöl	0 kWh/a
Vollbenutzungsstunden	8.000 h/a
Elektrische Leistung	495 kW <sub>el</sub>
Elektrischer Wirkungsgrad	40,1 %
BHKW- und Trafoverluste	1,0 %
Thermische Leistung	534 kW <sub>th</sub>
Thermischer Wirkungsgrad	43,2 %
Bemessungsleistung	448 kW <sub>el</sub>
Eingespeiste Strommenge	3.921.024 kWh <sub>el</sub> /a
Erzeugte Wärmemenge	4.272.402 kWh <sub>th</sub> /a
davon extern zu nutzende Wärmemenge	1.495.341 kWh <sub>th</sub> /a
Wärmenutzung ist sichergestellt	Ja
Gärreste und Gärrestlager	
Gärreste	9.997 t/a
Abbaurate der Gesamtmasse	20,0 % der FM
Abbaurate der organischen Masse	80,7 %
Angestrebte Lagerzeit	6,0 Monate
Gärrestlager (Nettovolumen)	4.999 m³

Substrat	Trockenmasse (TM)		Richtwert Biogasertrag (Normgas)		Methan-gehalt Vol.-%	Jahresmenge		Substrat-preis €/t FM	Substrat-kosten €/a
	% i.d. Frisch-masse (FM)	davon organisch (oTM) % i.d. TM	l <sub>n</sub> /kg oTM	m <sub>n</sub> <sup>3</sup> /t FM		t FM/a	Gew.-%		
Maissilage, 35% TM	35,0	95,0	650,0	216,1	52,0	6.000	48,0	35,00	210.000,00
Rindergülle mit Futterresten, 10% TM	10,0	80,0	380,0	30,4	55,0	4.000	32,0	0,00	0,00
Grassilage, 35% TM	35,0	90,0	600,0	189,0	53,0	2.500	20,0	31,00	77.500,00
Summe						12.500	100		287.500,00
Gewogenes Mittel	27,0	91,9	609,5		52,4				
Wird ein Gas-Otto-Motor verwendet, kann ein Aggregat mit einer Leistung von 495,1 kW <sub>el</sub> installiert werden.									
Ihre Substratauswahl entspricht einer Biogasanlage nach § 27 EEG 2012.									

© 2014 Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.

## **Ökologische Nachhaltigkeit der Bioenergie**

**Klimaschutz:** Die Nutzung von Biomasse zur Gewinnung von Energie hat ein hohes Nachhaltigkeitspotenzial, denn sie dient grundsätzlich der Verminderung von Treibhausgas-, speziell von CO<sub>2</sub>-Emissionen. Wenn aber die Erzeugung und Aufbereitung der Biomasse 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 Treibhausgasemissionen freigesetzt werden, sind Aspekte der Nachhaltigkeit nicht mehr gegeben. 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 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.

### **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. 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 zeigt sich auch bei der Regionalentwicklung durch Bioenergie – die Schaffung von Arbeitsplätzen und Wertschöpfung 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.

### **Weitere Informationen: M13-Grafiken**

### **Biomasse**

Mit Biomasse bezeichnet man die Gesamtheit aller Lebewesen, einschließlich des abgestorbenen Materials. In Bezug auf die Erneuerbaren Energien werden alle organischen Stoffe pflanzlichen oder tierischen Ursprungs, die als Energieträger genutzt werden, als Biomasse bezeichnet.

Biomasse ist damit also

- Pflanzen und Pflanzenbestandteile und die aus Pflanzen oder Pflanzenbestandteilen hergestellten Energieträger (z. B. Energiepflanzen, Pflanzenöle);
- Abfälle und Nebenprodukte (pflanzlicher und tierischer Herkunft) aus Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft und den jeweils nachgelagerten Verarbeitungsbetrieben (z. B. Gülle, Mist, Stroh);
- Restholz, Altholz bzw. Gebrauchtholz aus Betrieben der Holzverarbeitung und der Holzwerkstoffindustrie;
- Landschaftspflegegut aus der Gewässerpflege, Uferpflege und -reinhaltung;
- Bioabfälle (z. B. Lebensmittelabfälle).

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

### **Energiepflanzen**

Energiepflanzen werden speziell für die energetische Nutzung angebaut und liefern wahlweise

- Rohstoff für die Biogaserzeugung (Anbau von Mais, Gras, Getreide, Hirse, Zuckerrüben und weiteren Kulturen);
- holzartige bzw. lignin- und cellulosehaltige Biomasse zur Nutzung als Festbrennstoff (z. B. schnellwachsende Baumarten, Miscanthus und andere Großgräser)
- 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 werden angebaut, um ihre Biomasse für die Energieerzeugung zu nutzen, dadurch fossile Energieträger einzusparen und Treibhausgasemissionen zu reduzieren. Zu den wichtigsten Energiepflanzen zählen in Deutschland:



- Mais
- Raps
- Rüben
- Getreide
- Kurzumtriebshölzer (Weiden, Pappeln)

Mais ist dabei die wichtigste Kulturpflanze zur Erzeugung von Biogas aus nachwachsenden Rohstoffen. Der Anbau von Mais als Energiepflanze zur Biogasproduktion wird häufig als zu einseitig kritisiert (Stichwort: „Vermaisung“ der Landschaft). Eine Alternative könnte der Anbau neuer Energiepflanzen sein.

- Durchwachsene Silphie
- Miscanthus (Chinaschilf)
- Sorghumhirsen
- Steinklee
- Sida
- Wildpflanzen

### **Durchwachsene Silphie**

Die nordamerikanische Pflanze wird bis zu 3 Meter hoch und produziert tonnenweise Blattmasse. Silphie braucht als Dauerkultur keine jährliche Aussaat und kann Unkraut gut unterdrücken, es müssen also kaum Herbizide eingesetzt werden. Zudem muss der Boden nicht so häufig befahren werden wie beim Maisanbau und Silphie wirkt sich positiv auf die biologische Vielfalt aus, weil sie eine Bienenweide ist.

### **Miscanthus**

Wird gemeinhin auch als Chinaschilf bezeichnet. Es ist ein ausdauerndes Gras, das ebenso wie Zuckerrohr und Hirse zur Familie der Süßgräser gehört. Miscanthus stammt aus Ostasien und wurde 1935 zunächst als Zierpflanze nach Europa eingeführt. Bei günstigen Boden- und Klimabedingungen zeigt Miscanthus eine hohe Wachstumsleistung, die sie als nachwachsenden Rohstoff sowohl für die energetische als auch für die (werk-)stofflich-technische Nutzung interessant macht.

### **Zuckerhirse**

Zuckerhirse und Sudangras stammen aus Afrika und zählen zu den Sorghumhirsen. Beide Hirsearten sind aber aufgrund ihres hohen Wärmebedarfes nur für bessere Ackerbaulagen geeignet. Aufgrund des guten Wachstums, auch bei Trockenheit, sind die Hirsen als Alternative für den Energiemais in Europa in Erprobung. Dieser Aspekt dürfte bei den möglicherweise zunehmend trockeneren Jahren zukünftig immer interessanter werden.

### **Steinklee**

Die alte Wild- und Heilpflanze, wurde erst ab dem 18. Jahrhundert kultiviert. Sie ist als Bienenweide hervorragend geeignet. Ein blühendes Steinkleefeld ist am typischen waldmeisterartigen Geruch und dem Gesumme vieler Bienen gut erkennbar. Derzeit gewinnt er aufgrund seines großen Massenaufwuchses – er kann bis 1,50 Meter hoch werden – als potenzielle Energiepflanze für die Biogasgewinnung an Interesse.

### **Sida**

Sida stammt ursprünglich aus dem warmen Nordamerika und gehört zu der Familie der Malvengewächse (Malvaceae). Sie ist eine mehrjährige, sehr frosttolerante Pflanze, die aufgrund ihres starken Wachstums und des sehr ausgeprägten Wurzelsystems verschiedene Vorteile bietet und dadurch vielseitig einsetzbar ist. Dazu zählen ihre gute Eignung für den Anbau auf leichten Böden, die hohe Resistenz gegenüber Wassermangel während der

Wachstumsphase und hohe Biomasseerträge. Sie kann als Futter-, Heil-, Energie- und Bienenweidepflanze Verwendung finden.

### **Wildpflanzen**

Ein artenreiches Anbaukonzept für in Biogasanlagen genutzte Energiepflanzen, bei dem auch Wildpflanzen mit einbezogen werden, bietet nicht nur aus naturschutzfachlicher Sicht Vorteile. Wildpflanzen könnten für den Einsatz in Biogasanlagen eine interessante Alternative sein. Sie sind eine wichtige Bienenweide, werden nicht gedüngt und nicht beackert.

**Weitere Informationen: M13-Grafiken**

### **Das Energiekonzept der Bundesregierung**

Im Herbst 2010 beschloss die Bundesregierung ein „Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung“. Der Anteil von Erdöl, Erdgas und Kohle an der Energieversorgung in Deutschland soll schrittweise gesenkt werden, der Anteil klimafreundlicher erneuerbarer Energien wie Sonne, Wind, Wasser, Erdwärme und Biomasse von heute 11 Prozent auf 60 Prozent im Jahr 2050 steigen. Auch der Stromanteil aus erneuerbaren Energien soll weiter wachsen: von heute rund 20 Prozent auf 80 Prozent im Jahr 2050. Nach der Reaktorkatastrophe von Fukushima im März 2011 hat der Deutsche Bundestag darüber hinaus beschlossen, zügig aus der Nutzung der Kernenergie auszusteigen. Spätestens Ende 2022 soll das letzte deutsche Kernkraftwerk vom Netz gehen.

### **Voraussetzungen für die Energiewende**

Damit die Energiewende gelingt, müssen einige wichtige Rahmenbedingungen geschaffen werden: Der Bedarf an Energie in Deutschland soll in den nächsten Jahren und Jahrzehnten deutlich sinken – vor allem durch die energetische Sanierung von Gebäuden sowie genaue Auflagen zum Energiesparen bei Neubauten. Gerade bei der Wärmeenergie gibt es in Deutschland noch große Einsparpotenziale. Der Stromverbrauch soll sich bis 2050 um 25 Prozent gegenüber 2008 verringern. Auch die Bedingungen zur Erzeugung und Verteilung von Energie müssen noch verbessert werden: Planungs- und Genehmigungsverfahren sollen beschleunigt, die Entwicklung neuer Energiespeicher gefördert und der Ausbau der Stromnetze vorangetrieben werden.

### **Die Rolle der Bioenergie**

Durch ihr breites Einsatzspektrum und ihre gute Speicherfähigkeit kommt der Bioenergie in der künftigen Energieversorgung eine zentrale Bedeutung zu. Sie wird in allen drei Nutzungspfaden „Wärme“, „Strom“ und „Kraftstoffe“ weiter eine wichtige Rolle spielen. Ihr Anteil am Endenergieverbrauch\* von heute beträgt rund 8 Prozent. Damit hat Bioenergie unter den erneuerbaren Energieträgern derzeit die Nase vorn und trägt dazu bei, die fluktuierende Stromerzeugung aus Wind- und Sonnenenergie auszugleichen. Nach Potenzialschätzungen könnte die Bioenergie bis 2050 rund 23 Prozent des Gesamtenergiebedarfs mit einheimischer Biomasse decken.

### **Chancen für Umwelt und Wirtschaft**

Die Energiewende erfordert eine große Kraftanstrengung, sie bedeutet aber auch eine große Chance: Deutschland ist auf dem Weg, sich zur ersten großen Industrienation mit einem effizienten Energiesystem zu entwickeln, das auf erneuerbaren Energien beruht. So können die Treibhausgasemissionen in Deutschland bis 2050 um 80 Prozent im Vergleich zu 1990 verringert und weitere Belastungen für die Umwelt vermieden werden. Deutschland wird unabhängiger von fossilen Energieimporten und Perspektiven für Export und Beschäftigung bilden sich heraus. Im Wirtschaftssektor der erneuerbaren Energien könnten bis 2020 schätzungsweise 500.000 Arbeitsplätze entstanden sein.

### **Kommunen profitieren von erneuerbaren Energien**

Kommunen sind wichtige Akteure beim Ausbau erneuerbarer Energien und profitieren gleichzeitig davon. Erneuerbare Energien ermöglichen eine Steigerung der Wertschöpfung und stärken so die regionale Wirtschaft. Kommunale Wertschöpfung umfasst die Gewinne beteiligter Unternehmen, die Einkommen der Beschäftigten sowie Steuern auf Unternehmensgewinne und Einkommen, die an die Kommunen zurückfließen.

## **Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien seit den 1990er-Jahren mehr als verdreifacht**

Angesichts schwindender fossiler Energieträger versprechen die erneuerbaren Energien eine zuverlässige, klimafreundliche und wirtschaftliche Perspektive für die Erzeugung von Strom, Wärme und Kraftstoffen. Bis Mitte der 1990er-Jahre waren Wasserkraftwerke fast die einzige Quelle für erneuerbaren Strom in Deutschland. Seitdem hat sich die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien mehr als verdreifacht. Bis 2020 soll ihr Anteil am Bruttostromverbrauch nahezu 35 Prozent betragen.

Auch der Wärmebedarf wird in Deutschland zunehmend durch erneuerbare Energien gedeckt. Bisher stammt erneuerbare Wärme überwiegend aus Bioenergie in Form von Holz; aber auch solarthermische Anlagen und Erdwärmepumpen sind geeignete Wärmequellen. Bis 2020 soll der Anteil erneuerbarer Energien am gesamten Wärmeverbrauch 14 Prozent betragen. Auch Güter und Personen lassen sich mit erneuerbaren Energien bewegen. 2013 betrug ihr Anteil am Kraftstoffverbrauch 5,1 Prozent. Diesen Beitrag liefern bisher ausschließlich Biokraftstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen. Bis 2020 soll der Einsatz von Biokraftstoffen 7 Prozent der Treibhausgase im Verkehrssektor einsparen – dies entspricht einem Biokraftstoffanteil von 10–12 Prozent.

### **Was ist Biogas?**

Biogas ist ein Produkt des mikrobiellen Abbaus von organischen Stoffen in feuchter Umgebung unter Luftabschluss (anaerobes Milieu). Dieser Abbau wird auch als Vergärung bezeichnet. In der Natur findet dieser biologische Zersetzungsprozess u. a. auf dem Grund von Gewässern, in Mooren oder auch im Pansen von Wiederkäuern statt. Das Endprodukt der Vergärung ist das brennbare Biogas, ein Gasgemisch, das im Wesentlichen aus folgenden Bestandteilen besteht:

50–75%	Methan (CH <sub>4</sub> ),
25–45%	Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> ),
2–7%	Wasserdampf (H <sub>2</sub> O),
< 2%	Sauerstoff (O <sub>2</sub> ),
< 2%	Stickstoff (N <sub>2</sub> ),
< 1%	Ammoniak (NH <sub>3</sub> ),
< 1%	Schwefelwasserstoff (H <sub>2</sub> S)
< 2%	Spurengasen

Der Energiegehalt des Biogases ist direkt vom Methangehalt abhängig. Ein Kubikmeter (m<sup>3</sup>) Methan hat einen Energiegehalt von knapp zehn Kilowattstunden (9,97 kWh). Bei einem Methananteil im Biogas von 60 % beträgt der energetische Nutzen von einem Kubikmeter Biogas ca. sechs Kilowattstunden. Somit entspricht der durchschnittliche Heizwert eines Kubikmeters Biogas etwa dem von 0,6 Liter Heizöl.

### **Gärbiologie**

Der Vergärungsprozess läuft prinzipiell in vier voneinander abhängigen biologischen Teilschritten unter anaeroben Bedingungen ab, an denen jeweils verschiedene Gruppen von Mikroorganismen beteiligt sind (siehe auch M13-4 Biogas-2):

#### **Hydrolyse, Acidogenese, Acetogenese und Methanogenese**

Diese Organismen sind an eine flüssige Phase gebunden und verwerten die Produkte der vorangegangenen Abbauschritte und bilden zum Ende der Vergärung das gewünschte Methan.

Die erste Abbauphase der Methanvergärung ist die Verflüssigungsphase (**Hydrolyse**). Während dieser Phase werden die langkettigen organischen Verbindungen (z. B. Proteine, Fette, Kohlenhydrate) von Bakterien in einfachere organische Verbindungen (z. B. Aminosäuren, Fettsäuren, Zucker) zerlegt. Die festen Substanzen gehen durch die Abspaltung von Wasser in Lösung.

In der anschließenden **Acidogenese** (Versäuerungsphase) erfolgt deren Abbau zu niederen Fettsäuren. Hierbei entstehen außerdem Alkohole, Wasserstoff und Kohlendioxid als Ausgangsstoffe für die Methanproduktion.

In der **Acetogenese** (Essigsäurephase) werden die organischen Säuren und Alkohole zu Essigsäure, Wasserstoff und Kohlendioxid abgebaut.

In der vierten und letzten Phase, der **Methanogenese** (Methanbildungsphase), werden die Produkte der vorangegangenen Phasen durch methanogene Mikroorganismen zu Methan, Kohlenstoffdioxid und Wasser umgesetzt.

Grundsätzlich finden die vier Phasen im Fermenter zeitlich parallel statt. Aufgrund der unterschiedlichen Milieubedingungen der verschiedenen Mikroorganismen muss daher ein bestmöglicher Kompromiss der wichtigsten Parameter, wie Temperatur, pH-Wert oder Nährstoffversorgung gefunden werden.

### **Ausgangsstoffe**

Für die Biogasgewinnung lässt sich eine Vielzahl organischer Substrate verwenden. In landwirtschaftlichen Anlagen dienen überwiegend tierische Exkremente (z. B. Rinder- und Schweinegülle) und gezielt angebaute Energiepflanzen als Substrate. Aber auch Bioabfälle aus der Verarbeitung und Kommunalentsorgung oder Reststoffe aus Landwirtschaft und Industrie eignen sich für die Biogasproduktion. Als nachwachsende Rohstoffe werden vorrangig Mais, Getreideganzpflanzen, Gräser und Zuckerrüben angebaut. Für Mais sprechen hohe Energieerträge sowie der geringere Dünger- und Pflanzenschutz Aufwand im Vergleich zu Getreide. Als Risiken sind insbesondere der negative Einfluss auf Bodenfruchtbarkeit und Biodiversität zu nennen.

Als Folge der zunehmenden Kritik am stark wachsenden Maisanbau wird vermehrt an Alternativen geforscht. Ziel ist es, den Energiepflanzenanbau nachhaltig und umweltschonend durchzuführen. Der Anbau von Mischkulturen, Wildpflanzen und neuen Energiepflanzen wie der Durchwachsenen Silphie oder Sorghum-Arten werden in Forschungsprojekten untersucht. Insgesamt soll der Energiepflanzenanbau in mehrgliedrige Fruchtfolgen eingebunden werden und durch weitere geeignete Maßnahmen, wie z. B. Zwischenfrüchte oder Blühstreifen, entzerrt werden. Allerdings ist bei der Nutzung alternativer Energiepflanzen aufgrund geringerer Energieerträge im Vergleich zu Mais mit einer größeren Anbaufläche zu kalkulieren.

Durch den Einsatz von Gülle und anderen Wirtschaftsdüngern kommt es nicht nur zu einer sinnvollen energetischen Nutzung dieses vorhandenen Potenzials, es ist auch aus Sicht des Klimaschutzes (Emissionsvermeidung) von großer Bedeutung. Gülle ist problemlos mit den meisten anderen Einsatzstoffen kombinierbar, zudem wird ihr auch eine gute Wirkung auf den Vergärungsprozess zugeschrieben.

Neben nachwachsenden Rohstoffen, tierischen Exkrementen, Futterresten und weiteren landwirtschaftlichen Abfällen und Reststoffen eignen sich auch außerlandwirtschaftliche Substrate wie Rückstände aus der Lebensmittelindustrie (z. B. Trester, Schlempe, Fettabscheiderrückstände), Gemüseabfälle von Großmärkten, Speiseabfälle, Rasenschnitt, Landschaftspflegematerial oder Bioabfälle aus der Kommunalentsorgung für die Biogasproduktion.

Mit der gemeinsame Vergärung von Reststoffen, die nicht aus der Landwirtschaft stammen, können auch Schadstoffe (insbesondere Schwermetalle) und Störstoffe in die Anlagen und nachfolgend mit den Gärrückständen auf die landwirtschaftlichen Nutzflächen gelangen. Desinfektionsmittel sowie bestimmte Medikamente gehören nicht in die Biogasanlage, da sie den Gärprozess stören und ebenfalls nicht auf den Acker gelangen sollen. Auch zu hohe Ammoniumkonzentrationen hemmen die Methanproduktion, weshalb man Geflügelkot sowie gelegentlich auch Schweinegülle verdünnen oder mit stickstoffarmen Ko-Substraten vermischen sollte.

## **Vielseitige Nutzungsmöglichkeiten**

Biogas bietet eine Vielzahl von Nutzungsoptionen, z. B. die dezentrale Strom- und Wärmeproduktion, die Verteilung über Wärmenetze, die Aufbereitung zu Biomethan und Einspeisung in das Gasnetz und die anschließende Verwendung als Erdgasersatz (z.B. auch als Kraftstoff). Unabhängig von der gewählten Anwendung sollte eine möglichst effektive Energieausnutzung das Ziel sein. Im Jahr 2014 produzierten Biogasanlagen Strom für ca. acht Millionen und Wärme für über eine Million Haushalte. Oder anders gesagt, der derzeitige Bestand an Biogasanlagen kann vier Atomkraftwerke ersetzen (oder acht mittlere Kohlekraftwerke).

## **Strom und Wärme**

Derzeit wird der größte Teil des in Deutschland produzierten Biogases direkt am Entstehungsort verstromt. Auf Basis der Einspeisevergütung für Strom aus Biomasse gemäß Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) ist die Erzeugung von Strom und Wärme durch Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) in Blockheizkraftwerken (BHKW) die derzeit vorrangige Nutzungsart von Biogas. BHKW bestehen prinzipiell aus einem mit Biogas betriebenen Verbrennungsmotor, der einen Generator zur Erzeugung von elektrischer Energie antreibt. Biogas kann unabhängig von Wetter und Tageszeit produziert werden und eignet sich deshalb hervorragend als Ergänzung zur Stromproduktion aus Wind und Sonne. Diese sinnvolle und notwendige Produktion nach Bedarf nimmt in den letzten Jahren zu.

Bei der KWK-Nutzung fallen als Koppelprodukte Strom und Wärme an. Aus ökologischer Sicht und für eine effiziente Auslastung sowie einen wirtschaftlichen Betrieb der Anlage ist eine Wärmenutzung sinnvoll und notwendig. So spielt bei der Planung von neuen Anlagen ein geeignetes Wärmekonzept eine entscheidende Rolle. Von der zur Verfügung stehenden Wärme werden je nach Anlagentyp und Jahreszeit etwa 10–30 % der Abwärme für die Beheizung des Fermenters benötigt. Abzüglich der Verluste (ca. 15 %) stehen dann 50–60 % für eine externe Wärmenutzung zur Verfügung.

Neben der Wärmeversorgung von Wohn- und Wirtschaftsgebäuden des landwirtschaftlichen Betriebes werden in mehr und mehr Orten Wärmenetze verlegt und die angeschlossenen privaten, öffentlichen und gewerblichen Gebäude und Einrichtungen mit Biogaswärme versorgt.

## **Biomethan**

In den letzten Jahren hat sich die Biogasaufbereitung und Einspeisung in das Erdgasnetz etabliert. Um Biogas als Erdgasersatz nutzen zu können, wird es von unerwünschten Bestandteilen gereinigt, das CO<sub>2</sub> weitgehend abgetrennt und damit der Methangehalt erhöht. Das aufbereitete Biogas, nun Biomethan oder auch Bioerdgas genannt, wird dann durch das vorhandene Erdgasnetz transportiert. Dadurch ist die Nutzung unabhängig von der Produktion an einem beliebigen Standort mit ganzjährigem Wärmebedarf möglich. Außerdem kann das Biomethan im vorhandenen umfangreichen Gasnetz mit den unterirdischen Kavernen gespeichert werden und damit helfen, die Stromnetze zu entlasten. Dieses reduziert darüber hinaus auch den Bedarf, neue Stromleitungen zu bauen.

Wie beim Prinzip des Öko-Stroms wird das Biomethan vom Hersteller am Erzeugungsort in das Erdgasnetz eingespeist. Der Endkunde entnimmt dann das Biomethan an seinem Standort. Stadtwerke, Industrie und Gewerbekunden können das Biomethan in KWK-Anlagen zur Erzeugung von Wärme und Strom, Privathaushalte zur alleinigen Wärmeerzeugung in Gasheizkesseln oder für gasbetriebene Haushaltsgeräte einsetzen. Grundsätzlich kann Biomethan auch in der chemischen Industrie anstelle von Erdgas stofflich genutzt werden.

Biomethan eignet sich auch als Kraftstoff in Erdgasfahrzeugen. In Europa sind Schweden und die Schweiz als Vorreiter zu nennen, wo schon seit Jahren Biogas als Kraftstoff in PKW, Bussen und LKW oder auch Schienenfahrzeugen eingesetzt wird. Im Vergleich zu den herkömmlichen Kraftstoffen zeichnet sich Biomethan durch ein sehr hohes CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial aus. Bereits bei Beimischungen von 20 % Biomethan im Erdgas kann der Kohlendioxid ausstoß gegenüber Benzin deutlich verringert werden. In Deutschland steht diese Nutzungsart mehr oder weniger noch in den Anfängen. Trotz einsatzbereiter Technik werden die Potenziale nicht ausgeschöpft. Zunehmend bieten Tankstellen reines Biomethan aus Bioabfällen an und etwa 1/3 der 900 Erdgastankstellen deutschlandweit bieten bereits Biomethan-Erdgas-Gemische an, Tendenz steigend.

### **Gesetzliche Förderung**

Die Erzeugung von Strom aus Biogasanlagen wird in Deutschland auf der Grundlage des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes gefördert. Der Betreiber erhält für den in das öffentliche Stromnetz eingespeisten Strom 20 Jahre lang eine gesetzlich festgelegte Vergütung. Seit 2014 wird aber nur noch die Stromerzeugung aus Gülle in kleinen Anlagen und in Bioabfallvergärungsanlagen gesondert gefördert.

### **Weitere Informationen: M13-Grafiken**



### **Heizen mit Holz und Stroh**

Der derzeit wichtigste Bioenergieträger ist 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 zum Heizen genutzt. Mit über 22 Mio. Festmetern ist Scheitholz aus dem Wald 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 Bedeutung.

### **Heizen 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 Pelletöfen/Pelletkessel, Scheitholzvergaserkessel und Hackschnitzelheizungen heute Wirkungsgrade von oftmals schon deutlich über 90 Prozent auf. Mehrere Hersteller haben inzwischen auch die Brennwertechnik bei Holzheizungen zur Marktreife entwickelt. Kessel mit Brennwertechnik nutzen den Energiegehalt des Brennstoffs nahezu vollständig, indem sie auch die Kondensationswärme des Wasserdampfes im Abgas verwerten. Sie sind dadurch besonders effizient.

### **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 Pellet-Zentralheizungen und Pelletöfen für den Wohnbereich. Pelletheizungen zeichnen sich im Holzheizungsvergleich durch sehr großen Komfort und geringen Heiz- und Lagerraumbedarf aus. Die Holzpellets werden dem Pelletheizkessel aus dem Lagerraum oder Silobehälter per Förderschnecke oder pneumatischer Fördersysteme vollautomatisch zugeführt.

### **Scheitholzvergaserkessel**

Für Verbraucher mit eigenem Holzaufkommen und günstigem Zugriff auf Brennholz, wie Land- und Forstwirte, Gewerbetreibende mit Anfall an Resten naturbelassenen Holzes wird hier eine zwar aufwendige, aber preiswerte Wärmebereitstellung ermöglicht. Scheitholzvergaserkessel stehen dank enormer Entwicklungsfortschritte in den letzten Jahren den Pelletheizungen hinsichtlich Effizienz und Emissionsniveau inzwischen kaum nach. Moderne Feuerungs- und Regelungstechnik sorgt für eine effiziente und saubere Verbrennung, sodass viele Kesseltypen die Emissionsgrenzwerte der Kleinf Feuerungsanlagenverordnung sehr deutlich unterschreiten. Mittels Feuerungsregelung wird stetig die für eine vollständige Verbrennung erforderliche Luft- bzw. Sauerstoffmenge zur Verfügung gestellt. 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. Überschüssige Wärme wird im Pufferspeicher gespeichert und liefert damit auch warmes Brauchwasser.

### **Hackschnitzelheizungen**

Hackschnitzelheizungen werden für Ein- und Mehrfamilienhäuser angeboten. Lohnenswert sind Hackschnitzelheizungen aber insbesondere 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.

### **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 errichtet. 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  $< 5 \text{ MW}_{\text{el}}$  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.

### **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.

### **Weitere Informationen: M13-Grafiken**

### **Biokraftstoffe**

Biokraftstoffe wie Biodiesel, Ethanol und Pflanzenölkraftstoff sind im Mobilitätsbereich die wichtigste erneuerbare Alternative. Das bei der Verbrennung von Biomasse freigesetzte CO<sub>2</sub> entspricht der Menge, welche die Pflanze während ihres Wachstums aufgenommen hat. Nachwachsende Biomasse absorbiert wiederum die freigesetzte Menge CO<sub>2</sub>. Es handelt sich somit um einen geschlossenen CO<sub>2</sub>-Kreislauf. Die Klimabilanz der verschiedenen Biokraftstoffe hängt davon ab, wie energieintensiv der Anbau ist (z. B. Düngen, Pflügen) und wie aufwändig sich Transport und Umwandlung gestalten (z. B. Effizienz einer Bioraffinerie). Aus Sicht der Klimabilanz sind daher geschlossene, dezentrale Kreisläufe optimal, bei denen heimische Energiepflanzen effizient genutzt werden. Neue Verfahren der Biokraftstoffproduktion und verbesserte Anbaukonzepte für Energiepflanzen können die Energie- und Klimabilanz weiter verbessern.

### **Biodiesel**

Biodiesel hat mit etwa 65 Prozent den größten Marktanteil der in Deutschland verbrauchten Biokraftstoffe. Er wird 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.

### **Pflanzenöl**

Ein reiner 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.

### **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 zuckerhaltigen Pflanzen (Zuckerrüben, Zuckerrohr) vorkommen. Unter Einsatz von Hefe und Enzymen wird dieser Zucker zu Ethanol und CO<sub>2</sub> 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. Etwa 1,2 Mio. Tonnen Bioethanol werden jährlich in Deutschland hergestellt, die nahezu vollständig in die Beimischung von Superkraftstoffen (Super E5, Super E10) gehen. Lediglich etwa ein Prozent bzw. 17.000 Tonnen E85 wurden als Reinkraftstoff an deutschen Tankstellen verkauft.

### **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. 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.

## **Beimischung**

Die Mineralölkonzerne sind nach dem Biokraftstoffquotengesetz von Kraftstoffen verpflichtet, bestimmte Mindestanteile ihres Diesel- und Ottokraftstoffabsatzes durch biogene Kraftstoffe sicherzustellen. Dies erfolgt hauptsächlich durch die Beimischung von Biodiesel zu Diesel bzw. von Bioethanol zu Superbenzin. Bis zu sieben Prozent Biokraftstoffe dürfen 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.

## **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.

## **Weitere Informationen: M13-Grafiken**

## **Fünf Gründe für Bioenergie**

### **1. Sie ist speicherbar und immer verfügbar**

Bioenergie ist wetterunabhängig; sie liefert rund um die Uhr Wärme und Strom. Pflanzen speichern das ganze Jahr Sonnenenergie und geben sie bei der Energiegewinnung wieder frei. Biomasse ist als Energieträger leicht speicherbar, da man Gülle, Mais und Holz gut lagern kann. Ebenso Biogas: Bis zur Weiterverarbeitung wird es in speziellen Speichern sicher aufgefangen bzw. ins Erdgasnetz eingespeist.

### **2. Sie macht unabhängiger von fossiler Energie**

Erdöl und Erdgas sind endlich. Gleichzeitig steigt weltweit die Nachfrage – vor allem in China, Indien und Brasilien. Das macht den Import teuer und schmerzt im Portemonnaie. Biomasse dagegen ist in Deutschland als nachwachsender Rohstoff vorhanden. Strom, Wärme und Kraftstoff aus Biomasse sind also eine echte Alternative: preisstabil und zuverlässig verfügbar.

### **3. Sie ist klimaschonend**

Fossile Energien schaden dem Klima. Wer sie verbraucht, setzt Treibhausgase frei. Energie aus Biomasse gilt als CO<sub>2</sub>-neutral. Beim Verbrennen entsteht nur so viel Kohlenstoffdioxid wie die Pflanzen beim Wachstum aufgenommen haben. Durch erneuerbare Energien wurden 2013 allein in Deutschland bei der Stromerzeugung 106 Mio. Tonnen und im Wärmebereich etwa 36 Mio. Tonnen Treibhausgase eingespart. Das ergibt eine Gesamteinsparung von rund 142 Mio. Tonnen\*, mehr als die Hälfte davon durch Bioenergie.

### **4. Sie schafft zusätzliche Einkommensquellen**

Land- und Forstwirtschaft sind die wichtigsten Lieferanten von Biomasse. Die Nachfrage nach Holz und Energiepflanzen steigt stetig. Potenzial im Wald und auf dem Acker ist vorhanden: Das ermöglicht Land- und Forstwirten ein zusätzliches Einkommen. Raps, Mais, Rüben, Miscanthus, schnellwachsende Hölzer oder vieles mehr können als Energiepflanzen angebaut werden. Landwirte stellen Holzhackschnitzel her oder erzeugen selbst Strom und Wärme, z. B. in einer Biogasanlage.

### **5. Sie bringt neue Arbeitsplätze**

Im Wirtschaftssektor Bioenergie erfolgen wichtige Produktionsschritte in der Region: z. B. Anbau, Ernte, Aufbereitung und Handel der Biomasse, aber auch Planung und Installation von Biogasanlagen, Biomasseheizkraftwerken oder privaten Holzheizungen. So sorgt Bioenergie für zusätzliche Wertschöpfung, vor allem im ländlichen Raum. Heute arbeiten schon fast 130.000 Menschen in der Bioenergiebranche. Der Bundesverband Bioenergie e. V. hält bei erfolgreichem Export deutscher Spitzentechnologie auch einen Anstieg auf bis zu 200.000 für möglich.

\* Umweltbundesamt (2014)

## **Bioenergie – kritisch nachgefragt**

### **Preistreiber für Lebensmittel?**

Weltweit steigen die Lebensmittelpreise. In der öffentlichen Diskussion wird dafür häufig der Anbau von Energiepflanzen verantwortlich gemacht. Die Hauptursachen liegen aber woanders: eine wachsende Bevölkerung, witterungsbedingte Ernteauffälle und vor allem der zunehmende Fleischkonsum. Deutlich wird dies am Beispiel Brasiliens: 220 Mio. Hektar sind dort Weideland, auf 23 Mio. Hektar werden Futtermittel angebaut und nur auf 6 Mio. Hektar wächst Zuckerrohr. Kaum die Hälfte davon wird für Bioethanol genutzt, das vor allem in brasilianische Autos fließt.

### **Tank oder Teller?**

Vielfach wird befürchtet, die steigende Nachfrage nach Bioenergie könne den Nahrungsmittelanbau zurückdrängen. In Deutschland wurden 2014 auf knapp 2,1 Mio. Hektar Energiepflanzen zur Erzeugung von Strom, Wärme und Kraftstoffen angebaut, das sind rund 13 Prozent der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche. Künftig stehen tendenziell sogar noch mehr Flächen für den Energiepflanzenanbau bereit, weil die Bevölkerung in Deutschland schrumpft und die Landwirtschaft immer produktiver wird. In den vergangenen Jahren wurden europaweit Flächen stillgelegt – heute wachsen auf ihnen vielerorts Energiepflanzen. Die Landwirte sind froh über diese zusätzliche Einkommensquelle.

Biodiesel wird in Deutschland aus heimischen Pflanzen gewonnen, vor allem aus Raps. Bioethanol, das bis zu 10 Prozent in Ottokraftstoffen stecken kann, wird etwa zur Hälfte importiert. Über Zertifizierungsverfahren versucht man, den Herstellungsprozess in den Exportländern positiv zu beeinflussen. Dennoch muss über die nachhaltige Produktion von Biokraftstoffen eine gesellschaftliche Debatte geführt werden, um einen Interessenausgleich zwischen Umweltschutz und Nahrungssicherung zu finden.

### **Mehr Dünger und Pflanzenschutzmittel?**

Energiepflanzen werden nicht zum Verzehr, sondern zur Strom-, Wärme- und Kraftstoffherstellung angebaut. In diesem Zusammenhang wird häufig vermutet, Dünger und Pflanzenschutzmittel könnten vermehrt zum Einsatz kommen. Das ist aber nicht der Fall, denn für Energiepflanzen gelten die gleichen Regeln wie für den Anbau von Nahrungsmitteln. Energiepflanzen benötigen weniger Stickstoffdünger als Pflanzen für die Nahrungsmittelproduktion, da ein zu hoher Stickstoffgehalt ungünstig für die Vergärung ist. Beim Pflanzenschutz haben Energiepflanzen sogar die bessere Bilanz: Da sie früher geerntet werden, erreichen viele Erreger kein kritisches Stadium. Außerdem ist die Toleranzgrenze für Wildkräuter und Schädlinge höher. Insgesamt liegt die Produktionsintensität beim Energiepflanzenanbau nicht höher als bei der Erzeugung von Lebens- und Futtermitteln. Ein weiterer Vorteil von Energiepflanzen: Der Nährstoffkreislauf bleibt fast geschlossen. Was nach der Energiegewinnung übrig bleibt, kommt als Dünger zurück auf den Acker.

### **Vielfalt oder Monokultur?**

Die Erzeugung von Biogas aus Gülle, organischen Abfällen und Energiepflanzen ist grundsätzlich nachhaltig, weil fossiles Erdgas ersetzt wird. Mais ist eine ertragreiche Energiepflanze, wächst schnell und liefert viel Biomasse. Da Mais sehr hohe Biogaserträge erbringt und die gesamte Technologie ausgereift ist, wird Maissilage in Biogasanlagen bevorzugt verwendet. Wird aber immer mehr Mais angebaut, kann das zum Nachhaltigkeitsproblem werden: Monokulturen laugen Böden einseitig aus, belasten den

Wasserhaushalt und wirken sich negativ auf die Artenvielfalt aus. Mancherorts wurde bereits eine „Vermaisung“ der Landschaft kritisiert. Durch die EEG-Novellen 2012 und 2014 wurde diese Entwicklung jedoch gestoppt.

Das Bundeslandwirtschaftsministerium unterstützt die Erforschung neuer Energiepflanzen, als Alternative zum Maisanbau. Andere Energiepflanzen sind bei vielen Landwirten noch recht unbekannt, diese scheuen daher den Anbau neuer Arten. Anbauversuche mit Hirse, Wildpflanzen und anderen potenziell geeigneten Arten werden daher staatlich gefördert. Einige dieser Pflanzen könnten zukünftig sogar bessere Erträge als Mais bringen, da sie eine höhere Trockentoleranz haben, wie z. B. die aus Nordamerika stammende Silphie. Ein wichtiger Umstand angesichts der möglichen Folgen des Klimawandels, vor allem in einigen Regionen Ostdeutschlands.

### **Nachhaltig für den Regenwald?**

Im Zusammenhang mit Importen von Bioethanol nach Deutschland gibt es in der Öffentlichkeit zum Teil Befürchtungen, dies würde zur Gefährdung des Regenwaldes beitragen. Generell dürfen in Deutschland und der EU jedoch nur Biokraftstoffe verbraucht werden, die nachhaltig erzeugt wurden. Dafür sorgt seit 2009 die sogenannte Nachhaltigkeitsverordnung. Sie stellt mithilfe von Zertifikaten über die gesamte Lieferkette sicher, 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 mindestens 35 Prozent Treibhausgase (ab 2017: 50 Prozent und ab 2018: 60 Prozent) gegenüber fossilen Kraftstoffen einsparen – eine positive Umweltwirkung ist somit gesetzlich vorgeschrieben.

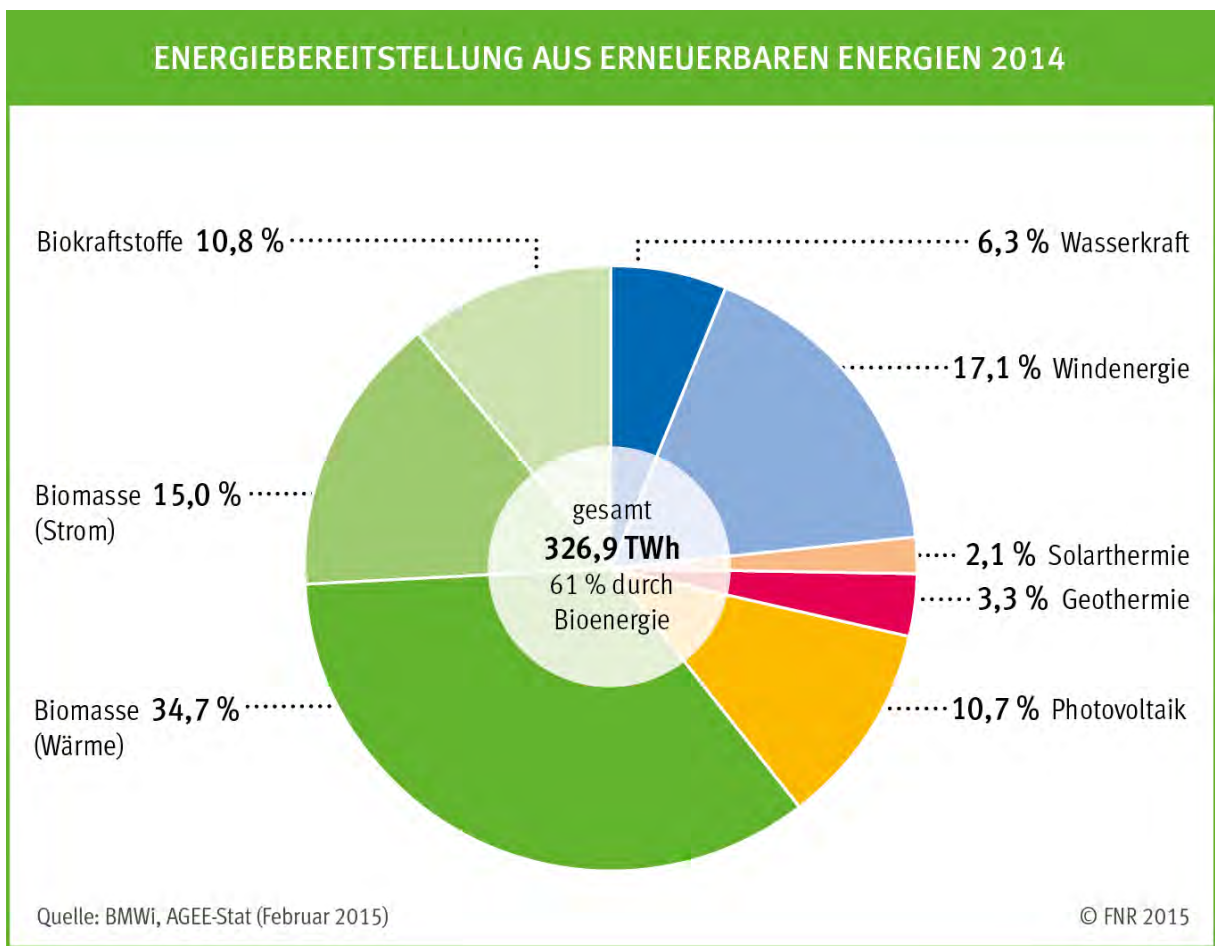
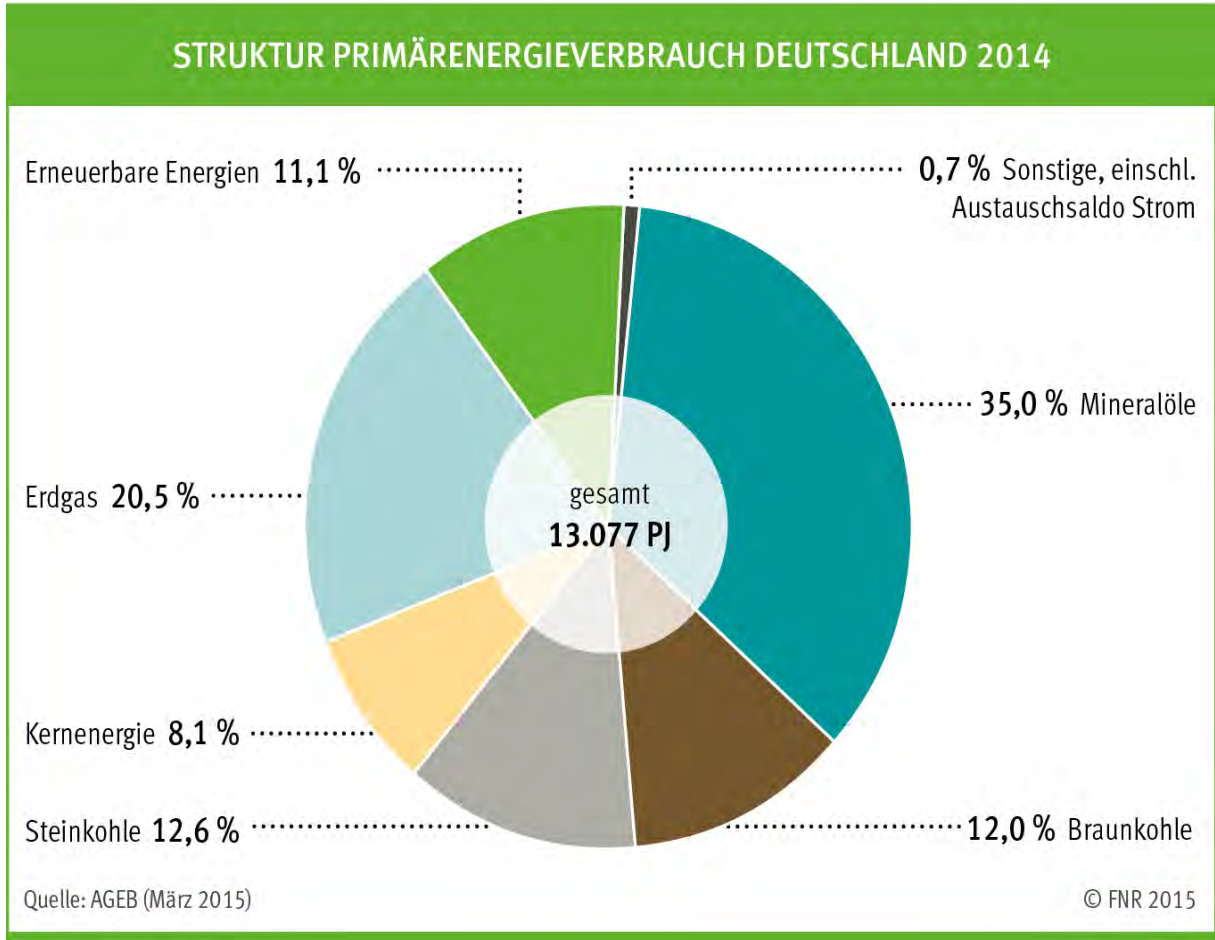
### **Türöffner für Gentechnik?**

In Deutschland und Europa sind Freilandversuche mit gentechnisch veränderten Pflanzen streng reglementiert: nicht nur für den kommerziellen Anbau, auch für Forschungszwecke. Diese Beschränkung gilt genauso für Energiepflanzen. Spezielle Sorten, wie besonders ertragreicher Energiemais, stammen daher fast immer aus konventionellen Zuchtprogrammen. In Deutschland wird seit 2009 kein gentechnisch veränderter Mais mehr angebaut.

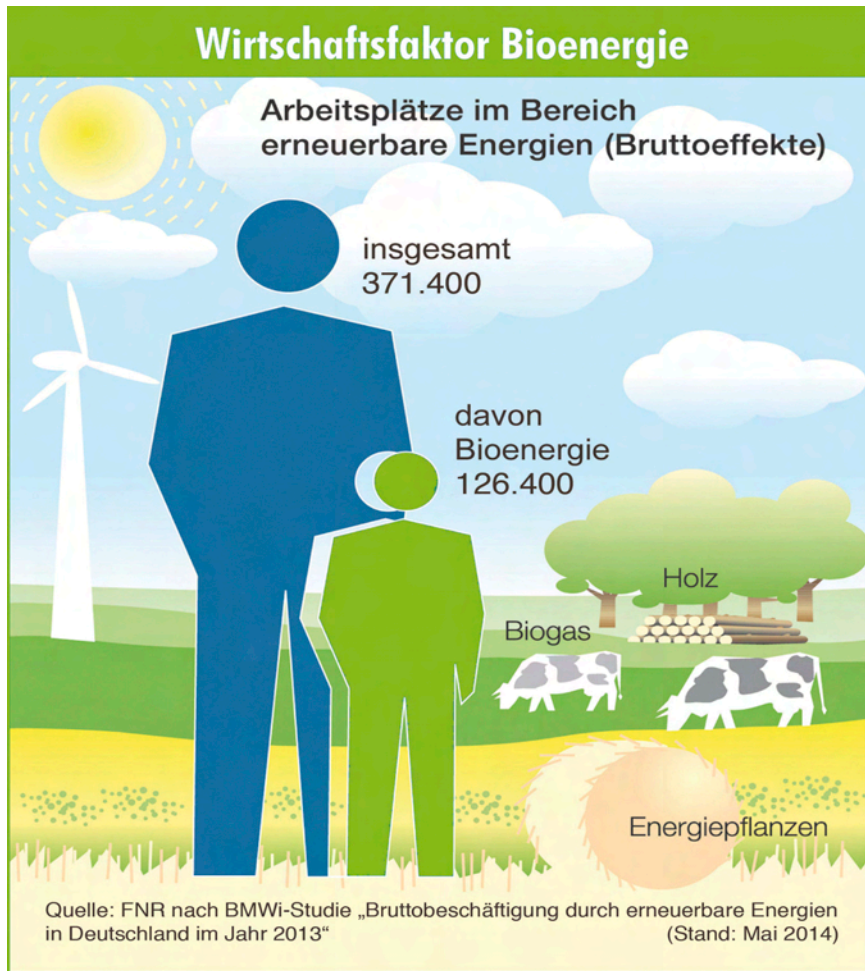
### **Ohne Zertifizierung keine Importe**

Wenn ökologisch wertvolle Flächen wie Regenwälder zur Anlage von Soja- oder Palmölplantagen gerodet werden, um daraus Bioenergie zu gewinnen, ist dies eindeutig nicht nachhaltig. Es wurde daher ein Zertifizierungssystem für nachhaltige Biomasse entwickelt, das inzwischen international angewendet wird. Das ISCC-Siegel zeigt, dass Anbau und Weiterverarbeitung der Biomasse nachhaltig und ohne Raubbau an der Natur stattgefunden haben.

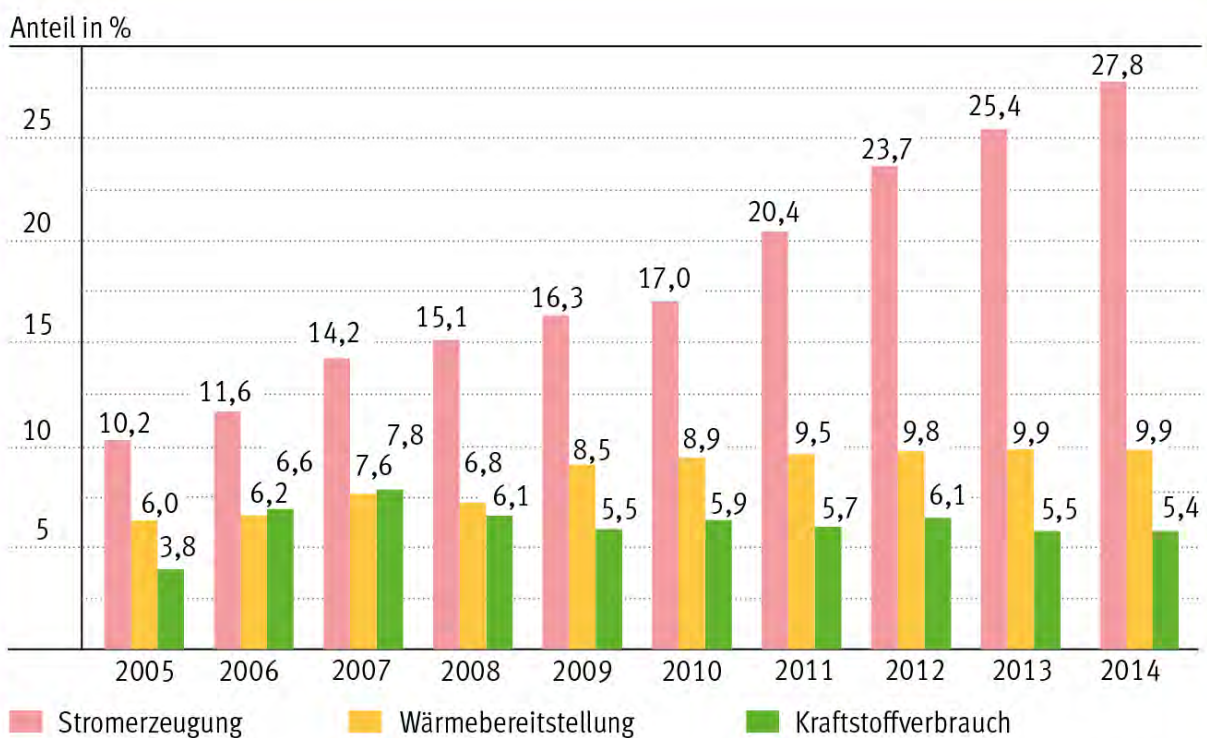








## ENTWICKLUNG ERNEUERBARE ENERGIEN IN DEUTSCHLAND (Strom, Wärme und Kraftstoffe)



Quelle: BMWi, AGEE-Stat, FNR (Februar 2015)

© FNR 2015

# ENERGIEPFLANZEN – BUNTE VIELFALT AUF DEM ACKER

## DEUTSCHLAND SETZT WEITER AUF NACHWACHSENDE ROHSTOFFE

Auf ca. 2 Millionen Hektar Ackerfläche wachsen in diesem Jahr in Deutschland Energiepflanzen wie zum Beispiel:

### DURCHWACHSENE SILPHIE

- für Biogas
- eignet sich als Zierpflanze und wächst zu einer mächtigen Solitärpflanze heran

### ZUCKERRÜBEN

- für Biokraftstoffe (Bioethanol), Biogas

### MAIS

- für Biogas, Biokraftstoffe (Bioethanol)

### WILDPFLANZEN

- für Biogas

### SONNENBLUMEN

- für Biokraftstoffe (Biodiesel), Biogas

### GETREIDE

- für Biokraftstoffe (Bioethanol), Biogas

## MAISANBAU IN DEUTSCHLAND



Im Jahr 2014 wurden Silo- und Körnermais deutschlandweit auf insgesamt 2,6 Mio. Hektar Ackerfläche angebaut. Der mit 1,7 Mio. Hektar größte Teil der Fläche dient der Futtermittelgewinnung und damit letztlich der Nahrungsmittelerzeugung. Hierzu trägt Körnermais, der fast vollständig verfüttert wird, mit einem Anteil von 0,5 Mio. Hektar bei. Energiemais für die Biogasproduktion wuchs 2014 lediglich auf ca. 0,9 Mio. Hektar oder 35 % der gesamten Maisfläche.

### PAPPELN

und andere schnellwachsende Baumarten wie Weide, Robinie, Birke, Erle, Eiche

- für Wärme, Strom oder Biokraftstoffe (Biomass-to-Liquid)

### RAPS

- für Biokraftstoffe (Biodiesel)

### ACKERGRÄSER

- für Biogas

### SUDANGRAS

- für Biogas

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Mehr Informationen unter

[energiepflanzen.fnr.de](http://energiepflanzen.fnr.de)

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)  
OT Gülzow • Hofplatz 1 • 18276 Gülzow-Prüzen • [info@fnr.de](mailto:info@fnr.de) • [www.fnr.de](http://www.fnr.de)  
Stand: 2014

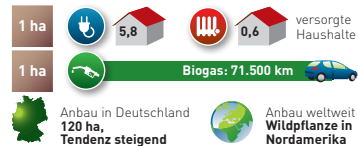
**Durchwachsene Silphie**



**Nutzungspfade:**  
 Biogas → Strom, Wärme, Biokraftstoff;  
 Futtermittel

**Vorteile:**  
 anspruchslose Energiepflanze, lässt sich über 10 Jahre beernten, benötigt keine Pestizide, schützt vor Bodenerosion

**Nachteile:**  
 im ersten Anbaujahr sehr arbeitsintensiv, geringe Anbau-erfahrung, mehr Forschung im Pflanzenbau erforderlich



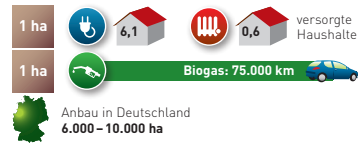
**Futterrübe**



**Nutzungspfade:**  
 Futtermittel;  
 Biogas → Strom, Wärme, Biokraftstoff

**Vorteile:**  
 späte Ernte entlastet Arbeitsspitzen, relativ anspruchslos

**Nachteile:**  
 geringe Resistenz gegen Schädlinge, geringe Lagerfähigkeit, geringer Trockensubstanzgehalt, höhere Produktionskosten



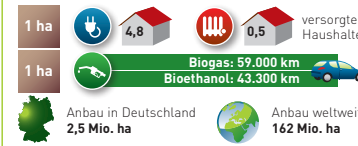
**Mais**



**Nutzungspfade:**  
 Futtermittel;  
 Nahrungsmittel;  
 Biogas → Strom, Wärme, Biokraftstoff;  
 Biokraftstoff (Bioethanol);  
 stoffliche Nutzung

**Vorteile:**  
 hohe Erträge, weit entwickelte Züchtung und Anbaupraxis, vielfältige Nutzungsmöglichkeiten

**Nachteile:**  
 hoher Wasserverbrauch, Gefahr der Bodenerosion, reduziert Humusschicht des Bodens



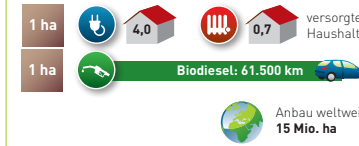
**Ölpalme**



**Nutzungspfade:**  
 Nahrungsmittel;  
 stoffliche Nutzung;  
 Pflanzenöl → Biokraftstoff (Biodiesel);  
 Pflanzenöl → Strom, Wärme

**Vorteile:**  
 vielfältige Nutzungsmöglichkeiten, wertvolles Koppelprodukt, hohe Ölerträge, Anbau zur Rekultivierung von degradierten Flächen möglich

**Nachteile:**  
 Düngemittel- und Pestizidbedarf, unmittelbare Verdrängung von Regenwaldflächen durch Ausweitung von Plantagen



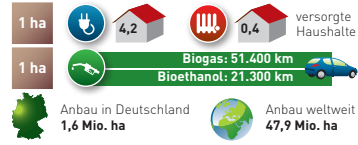
**Gerste**



**Nutzungspfade:**  
 Nahrungsmittel;  
 Futtermittel;  
 Biogas → Strom, Wärme, Biokraftstoff;  
 Biokraftstoff (Bioethanol);  
 stoffliche Nutzung

**Vorteile:**  
 bekannte und weit verbreitete, ertragsstarke Pflanze, an viele Klimaregionen angepasst, lässt sich gut in Fruchtfolgen einbinden

**Nachteile:**  
 auf ertragsstarken Standorten geringere Erträge als andere Getreidearten, z.B. Weizen



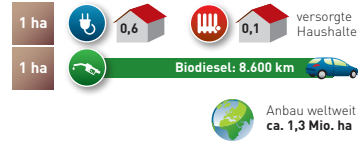
**Jatropha**



**Nutzungspfade:**  
 Pflanzenöl → Biokraftstoff (Biodiesel);  
 Pflanzenöl → Strom, Wärme;  
 stoffliche Nutzung

**Vorteile:**  
 genügsame Pflanze, die auch in Trockenzonen wächst, hochwertiges Pflanzenöl, schützt vor Bodenerosion

**Nachteile:**  
 arbeitsintensiv beim Ernten, bisher weltweit geringe Anbauerfahrung, relativ geringe Erträge



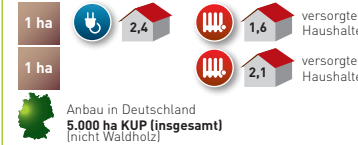
**Pappel** (und andere schnell wachsende Baumarten wie Weiden, Robinien, Birken, Erlen, Eschen in Kurzumtriebsplantagen [KUP])



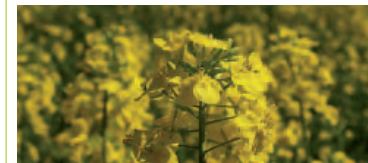
**Nutzungspfade:**  
 Wärme, Strom;  
 stoffliche Nutzung

**Vorteile:**  
 keine aufwändige Bearbeitung oder Düngen notwendig, bietet Rückzugsraum für Feldvögel, gliedert die Landschaft

**Nachteile:**  
 hohe Anfangsinvestitionen, Landwirt muss sich mehrere Jahre auf Anbau festlegen



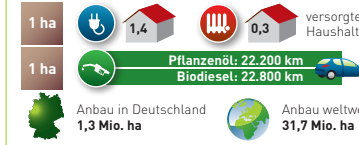
**Raps**

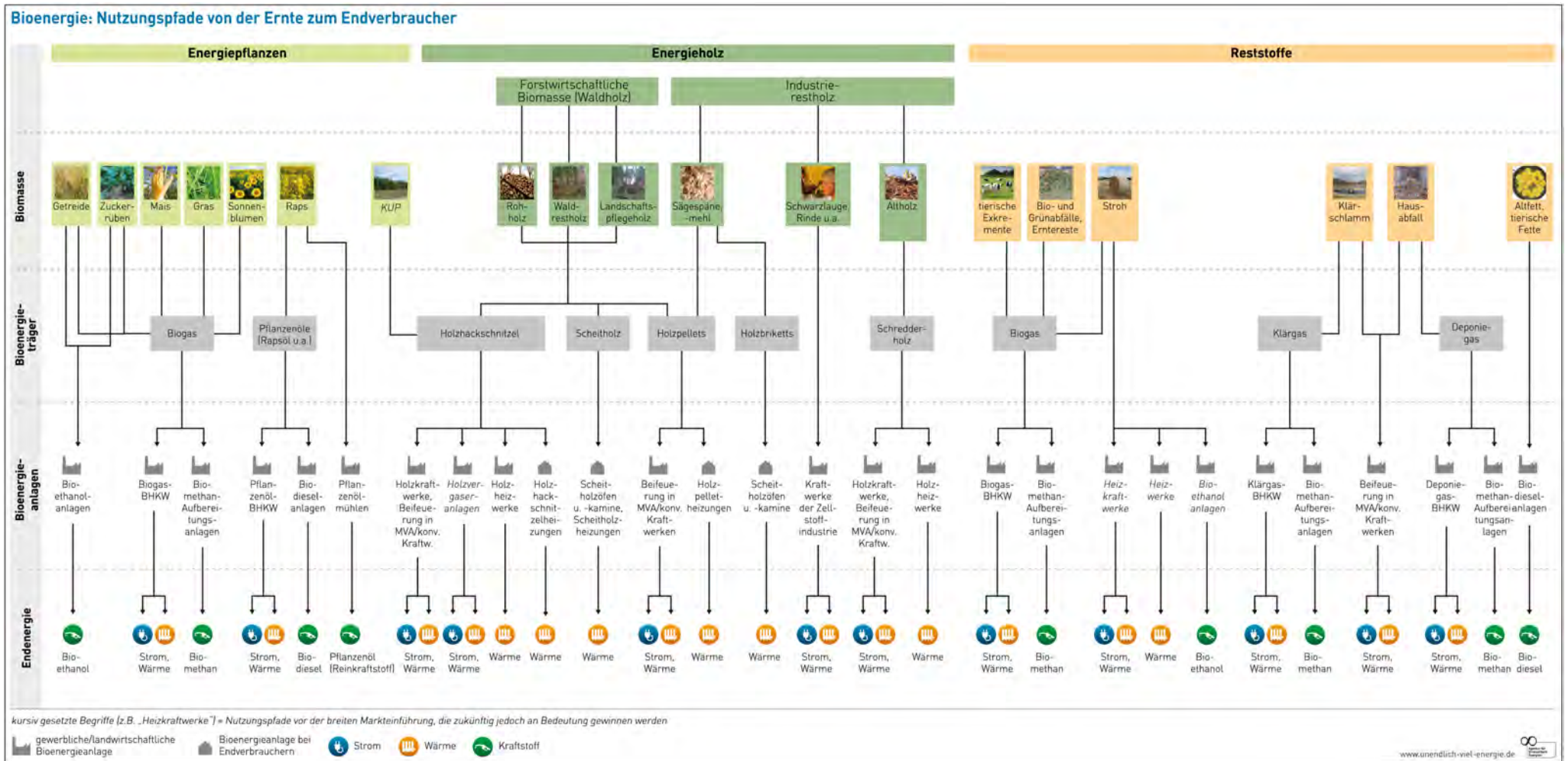


**Nutzungspfade:**  
 Pflanzenöl → Biokraftstoff (Biodiesel);  
 Pflanzenöl → Strom, Wärme;  
 Nahrungsmittel;  
 Futtermittel;  
 stoffliche Nutzung

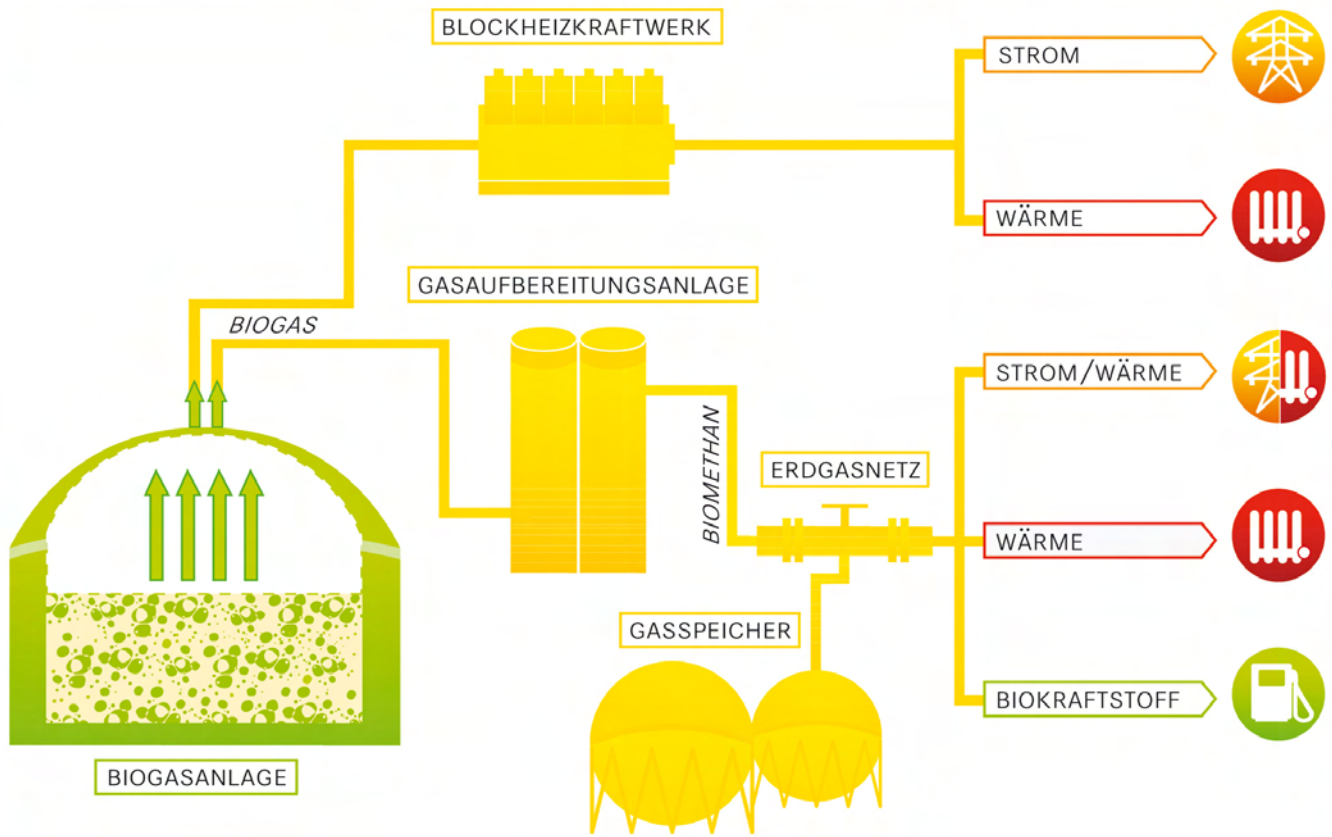
**Vorteile:**  
 vielfältige Nutzungsmöglichkeiten, wertvolles Koppelprodukt, baut Humusschicht des Bodens auf, verbessert die Bodenstruktur und bindet Stickstoff, lockert Fruchtfolgen auf

**Nachteile:**  
 hohe Ansprüche an die Nährstoffversorgung



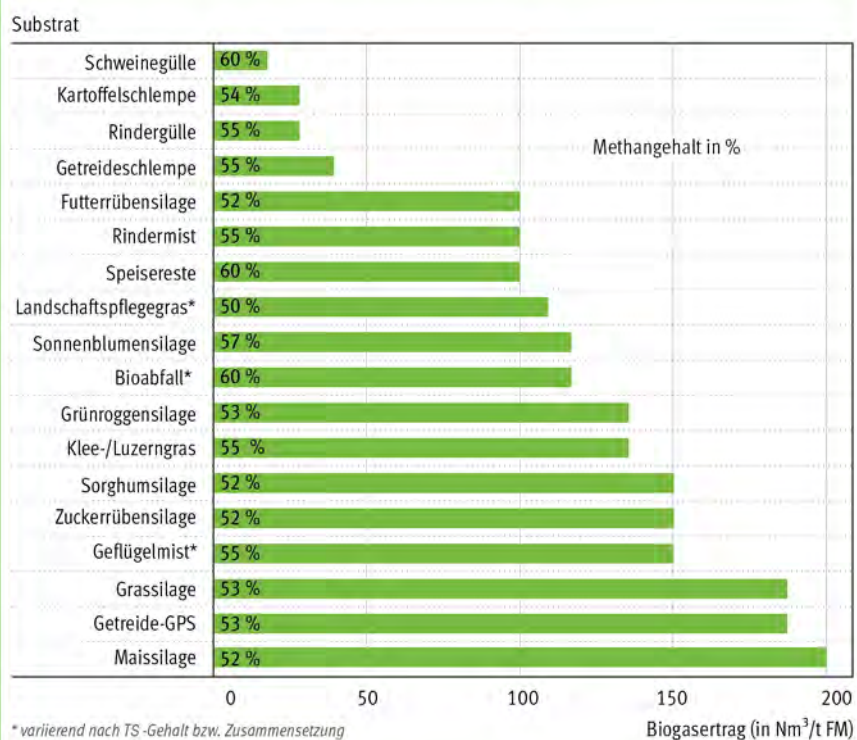


# Vielfältige Nutzung von Biogas



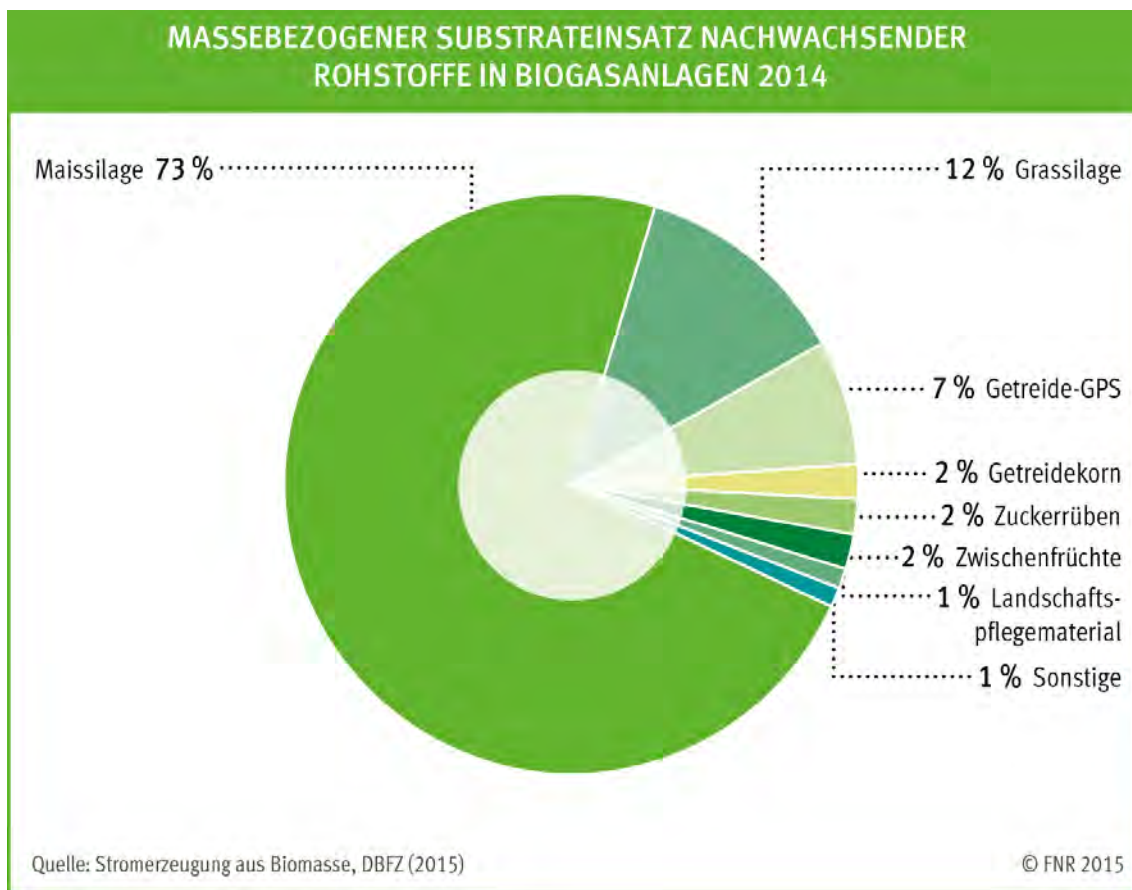
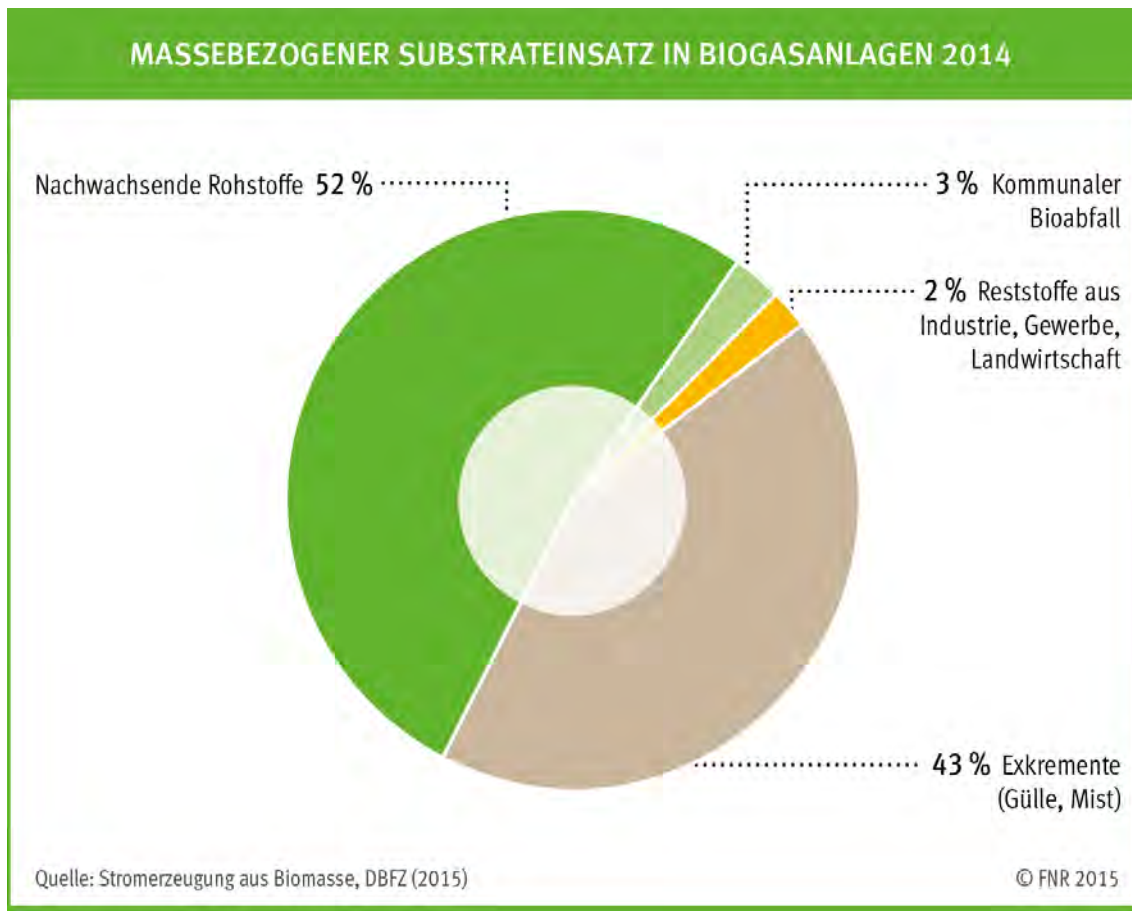
Quelle: FNR e. V.

## BIOGAS AUSBEUTEN

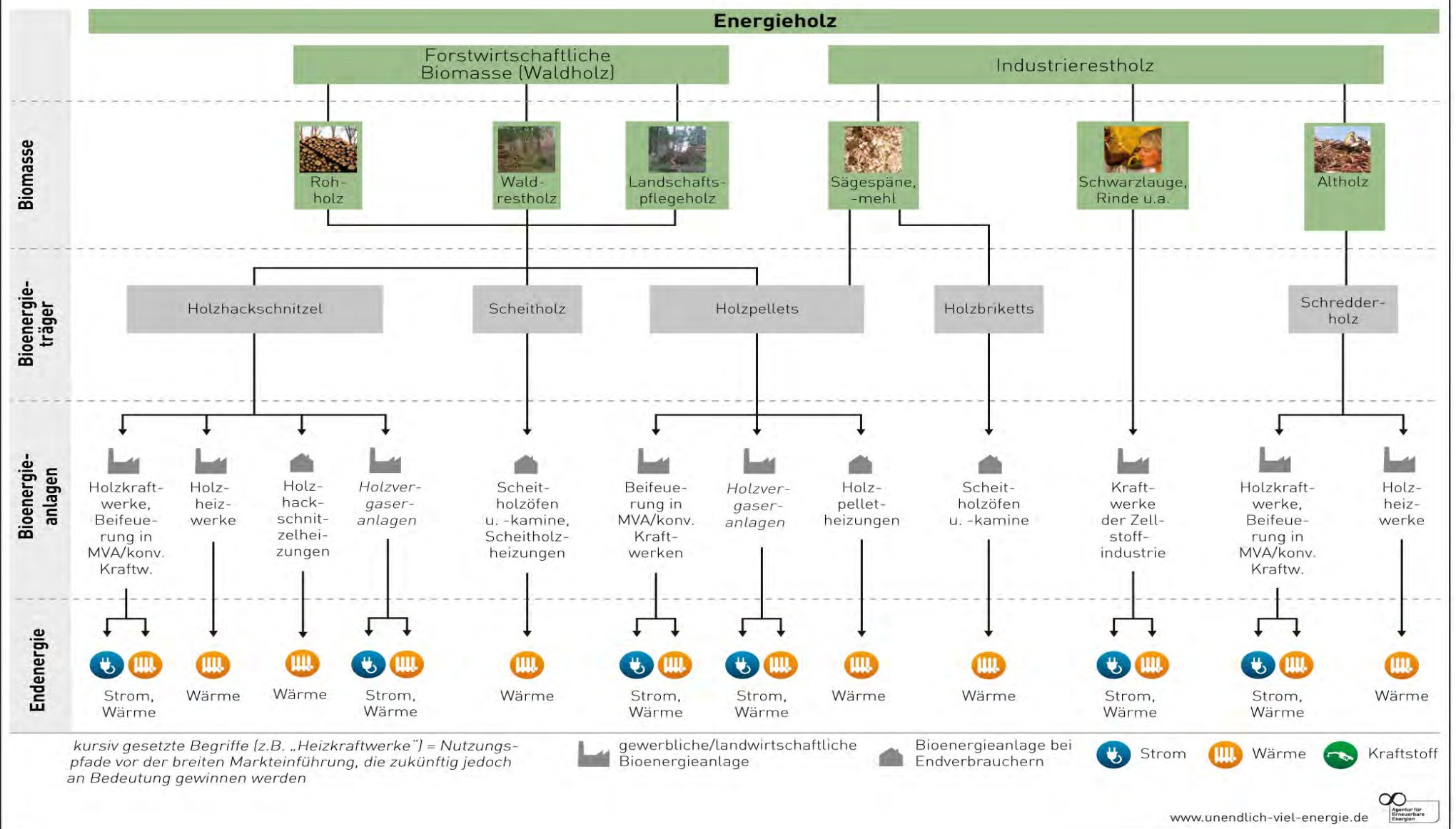


Quelle: KTBL (2010)

© FNR 2013



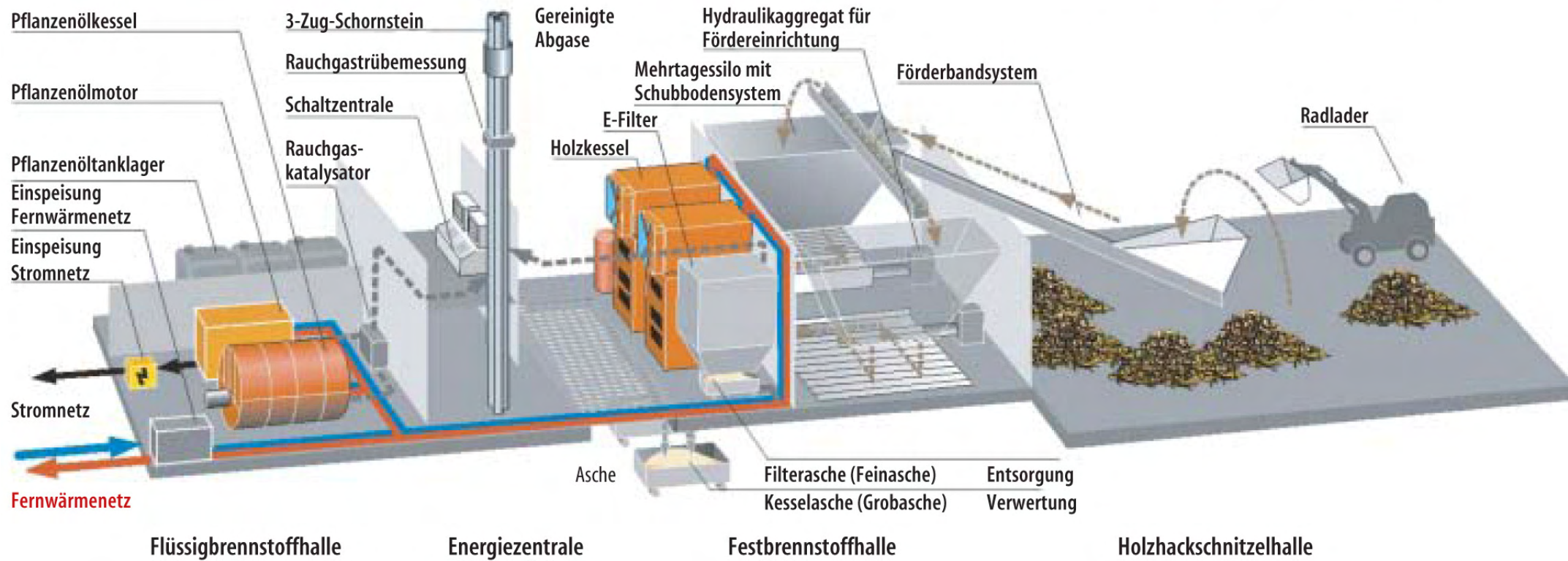
Nutzungspfade von Energieholz



**Wärme- und Stromerzeugung aus Pflanzenöl**

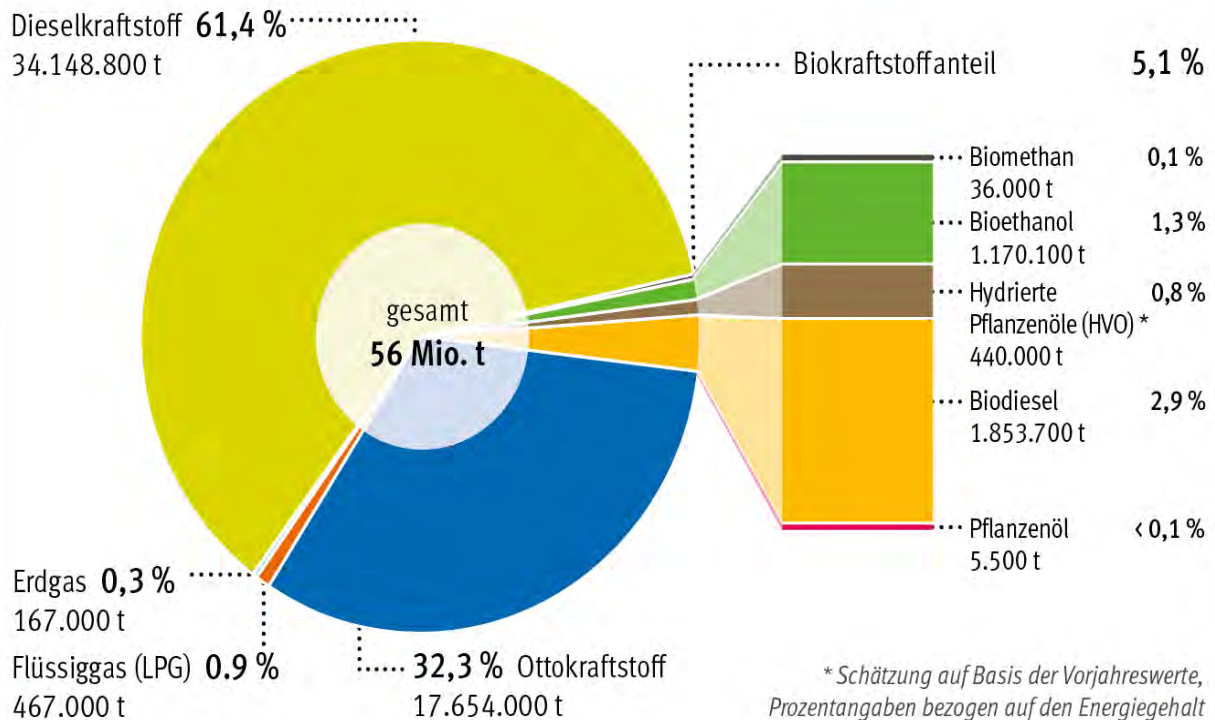
**Wärmeerzeugung aus Holz**

Holz hackschnitzel, Resthölzer aus  
 Waldbewirtschaftung, Sägebrennprodukte





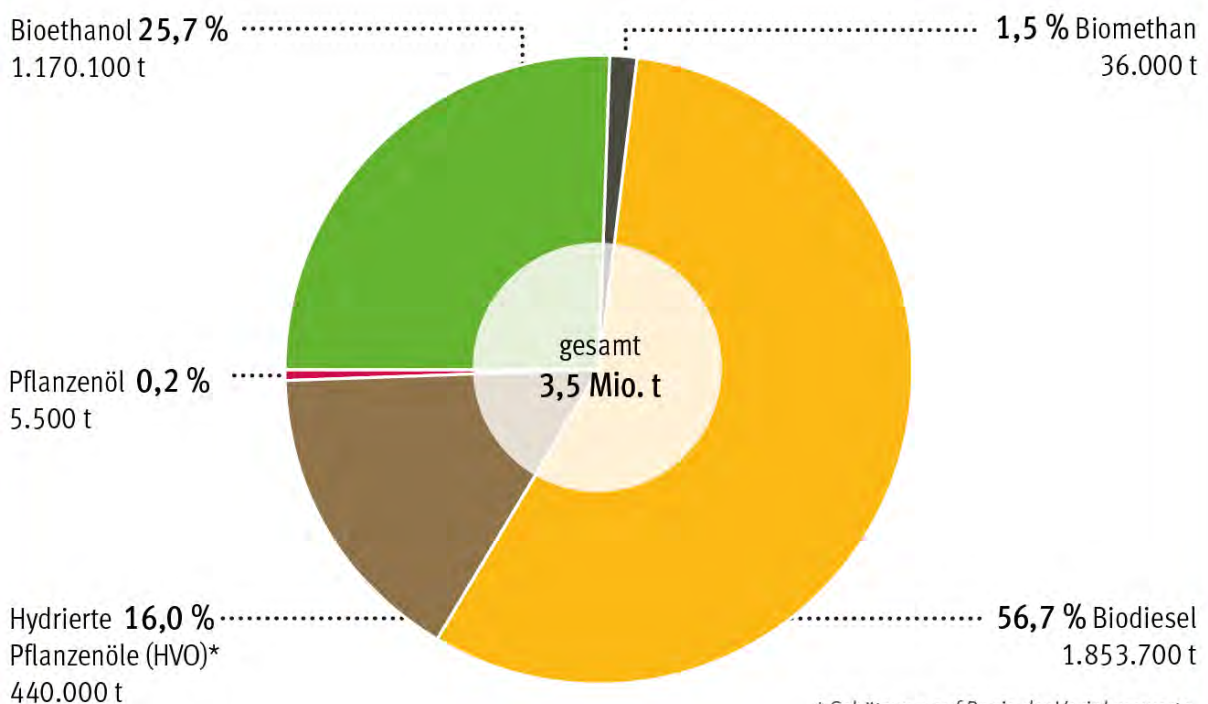
**KRAFTSTOFFVERBRAUCH DEUTSCHLAND 2014**



Quelle: BAFA, erdgasmobil, AGEE-Stat, DVFG, BMF, FNR (2015)

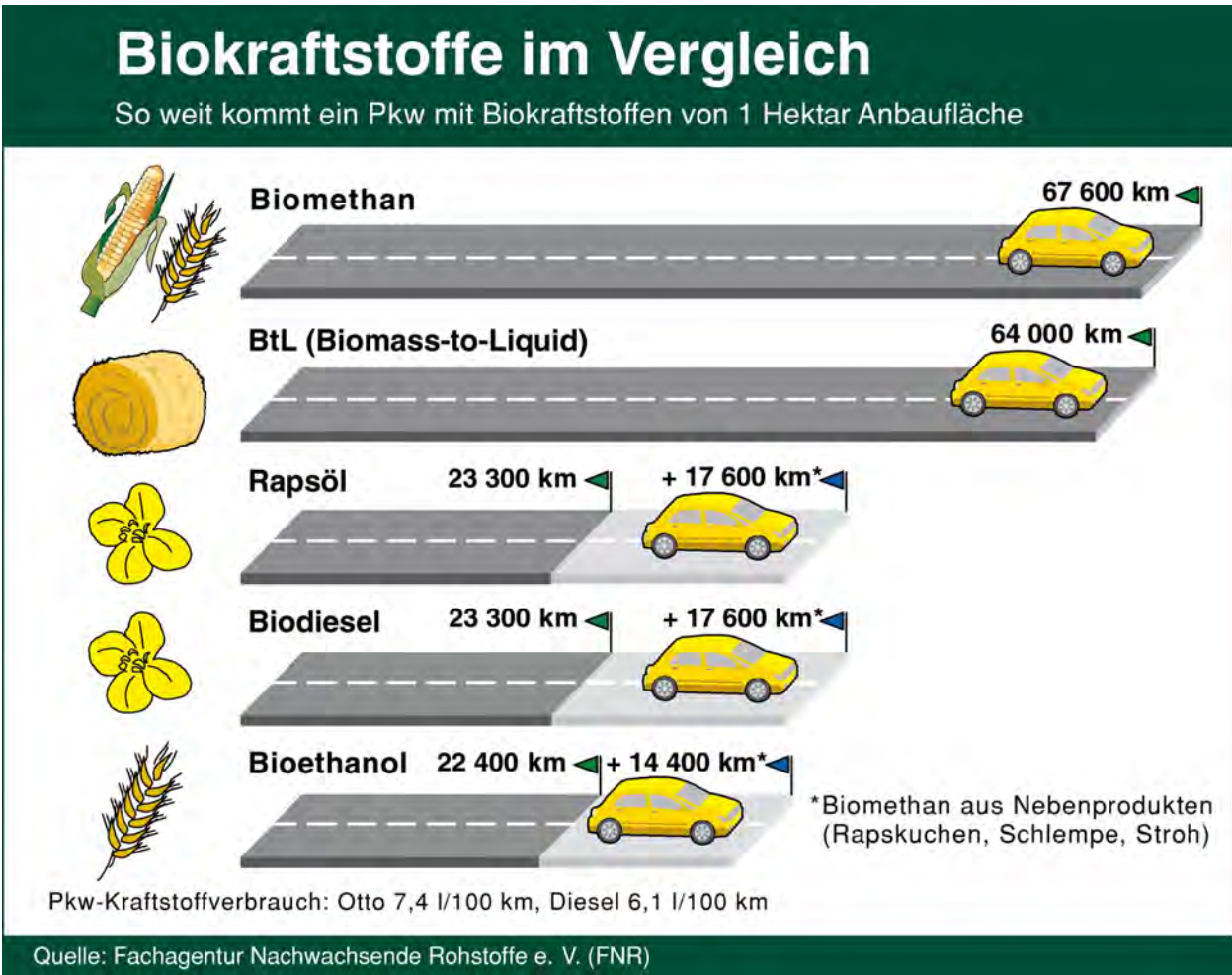
© FNR 2015

**BIOKRAFTSTOFFVERBRAUCH DEUTSCHLAND 2014**



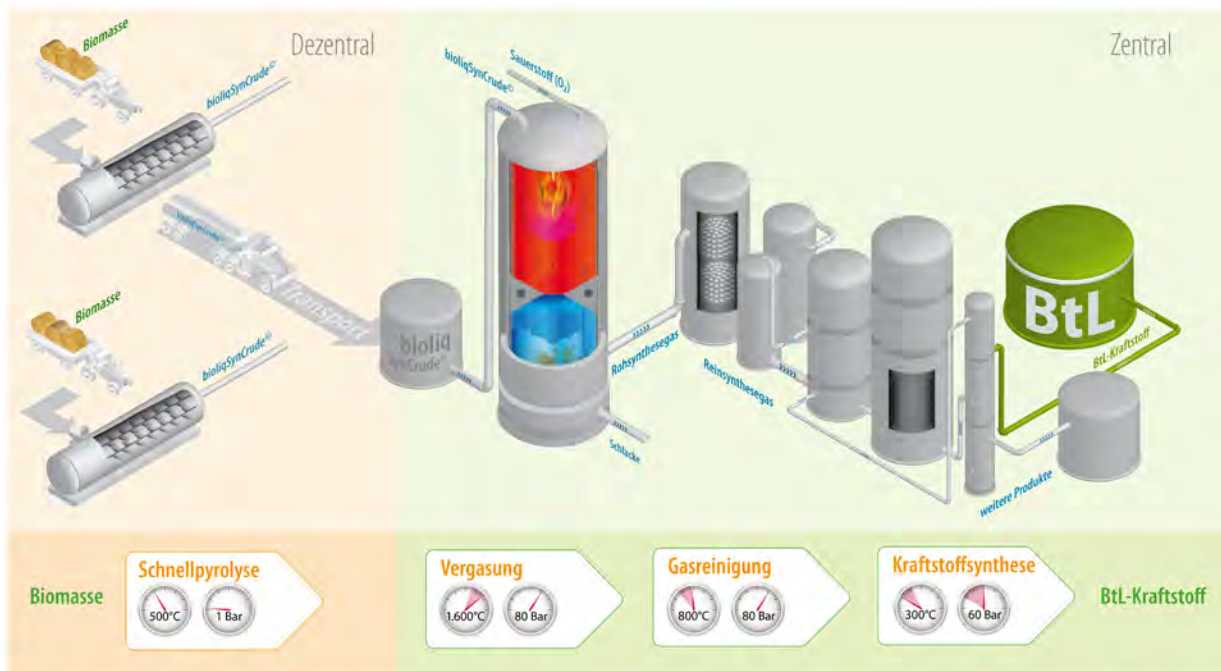
Quelle: BAFA, BMF, AGEE-Stat, FNR (Juli 2015)

© FNR 2015



## Biomass-to-Liquid (BtL) - Kraftstoff

bioliq-Prozess



Gefördert durch:



ausgehend vom Beschluss des Deutschen Bundestages



# BIOENERGIEDÖRFER IN DEUTSCHLAND

