

# Renews Spezial

## Ausgabe 65 / April 2013

Hintergrundinformationen  
der Agentur für Erneuerbare Energien

### **Anbau von Energiepflanzen** Umweltauswirkungen, Nutzungskonkurrenzen und Potenziale

**Autor:**

Jörg Mühlenhoff  
Stand: April 2013

**Herausgegeben von:**

**Agentur für Erneuerbare  
Energien e. V.**

Reinhardtstr. 18  
10117 Berlin  
Tel.: 030-200535-3  
Fax: 030-200535-51  
[kontakt@unendlich-viel-energie.de](mailto:kontakt@unendlich-viel-energie.de)

ISSN 2190-3581

**Unterstützer:**

Bundesverband Erneuerbare Energie  
Bundesverband Solarwirtschaft  
Bundesverband WindEnergie  
Bundesverband Wärmepumpe  
GtV – Bundesverband Geothermie  
Bundesverband Bioenergie  
Fachverband Biogas  
Verband der Deutschen Biokraftstoffindustrie

**Gefördert durch:**

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit  
Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

## Inhalt

<b>Was kann Bioenergie?</b>	<b>4</b>
<b>Welche Energiepflanzen werden heute in Deutschland genutzt?</b>	<b>4</b>
<b>Anbau von Energiepflanzen als einjährige und mehrjährige Kulturen</b>	<b>5</b>
- Einjährige Kulturen	5
- Mehrjährige Kulturen	8
<b>Umweltauswirkungen von Energiepflanzen</b>	<b>9</b>
- Energie- und Treibhausgasbilanz von Biokraftstoffen	9
- Energie- und Treibhausgasbilanz von Biogas	12
- Kohlenstoffspeicherung durch Energiepflanzen	14
- Energiepflanzen und Biodiversität	15
<b>Nutzungskonkurrenzen durch Energiepflanzen</b>	<b>16</b>
- Einfluss von Energiepflanzen auf den Weltagrarmärkten	16
- Möglichkeiten zur Reduktion von Flächenkonkurrenzen	17
- Anbau von Energiepflanzen und Schutz wertvoller Ökosysteme	18
<b>Nutzung und Potenziale von Energiepflanzen in Deutschland</b>	<b>20</b>
- Wie viele Energiepflanzen können geerntet werden?	21
- Welche Energiepflanzen wofür einsetzen?	21
Wie effizient werden Energiepflanzen eingesetzt?	21
- Energiepflanzen-Potenziale in den Bundesländern	22
<b>Quellen und weitere Informationen</b>	<b>24</b>

## Was kann Bioenergie?

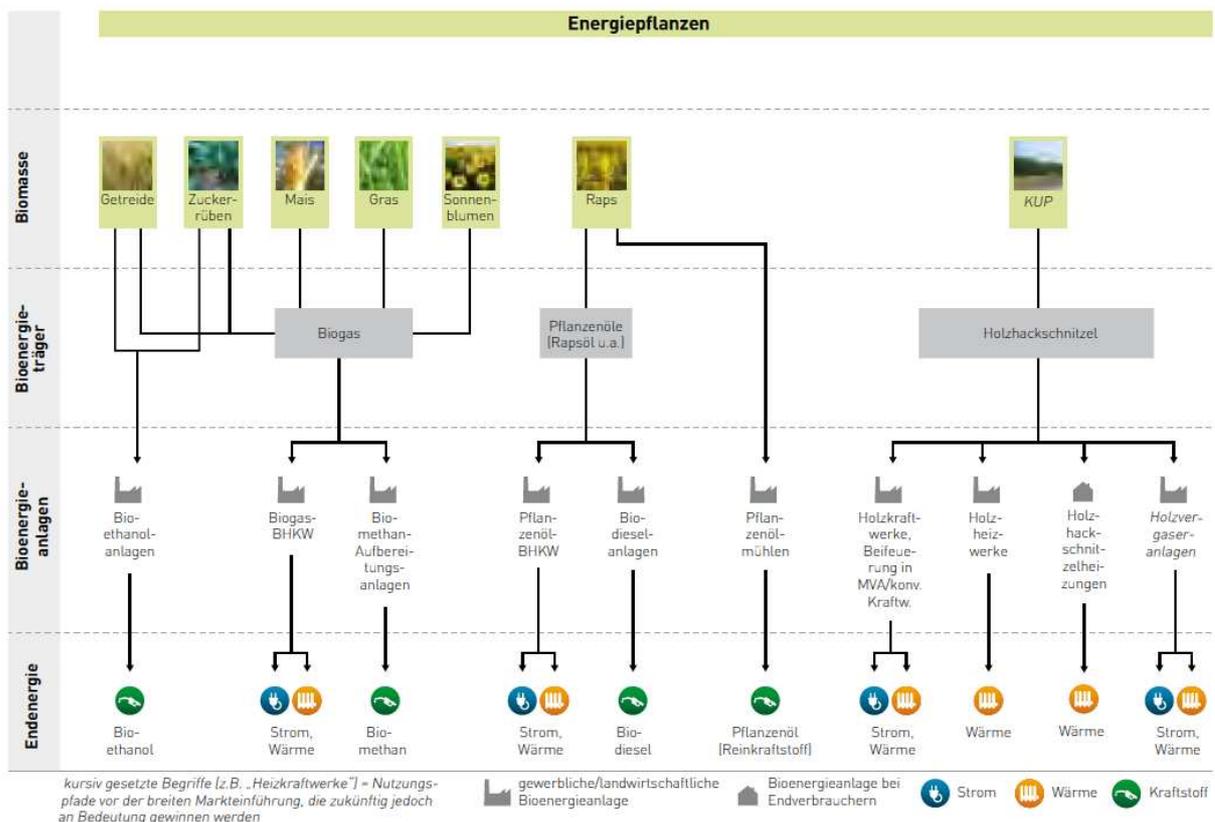
Bioenergie wird aus dem Rohstoff Biomasse gewonnen. Biomasse ist gespeicherte Sonnenenergie in Form von Energiepflanzen, Holz oder Reststoffen wie z.B. Stroh, Biomüll oder Gülle. Der Anbau von Energiepflanzen ist damit eine Grundlage zur Nutzung von Bioenergie.

In diesem Hindergrundpapier soll dargestellt werden, wie Energiepflanzen genutzt werden können und welche Potenziale sie für Energieversorgung und Klimaschutz bieten. Als Energiepflanzen werden alle nachwachsenden Rohstoffe bezeichnet, die eigens für die energetische Nutzung angebaut werden. Die geerntete Biomasse wird auf unterschiedlichen Nutzungspfaden für die Strom-, Wärme- und Kraftstoffversorgung aufbereitet.

Bioenergie ist unter den Erneuerbaren Energieträgern der Alleskönner: Sowohl Strom, Wärme als auch Treibstoffe können aus fester, flüssiger und gasförmiger Biomasse gewonnen werden. Da Biomasse rund um die Uhr verfügbar und flexibel einsetzbar ist, kommt ihr eine bedeutende Rolle bei der Energieversorgung auf Basis Erneuerbarer Energien zu. Die Bioenergie bietet der Landwirtschaft ein zusätzliches Standbein – der Landwirt wird zum Energiewirt. Die dezentrale Nutzung der Bioenergie kann so die regionale Wertschöpfung stärken, Stoffkreisläufe schließen und Synergien vor Ort nutzen.

## Welche Energiepflanzen werden heute in Deutschland genutzt?

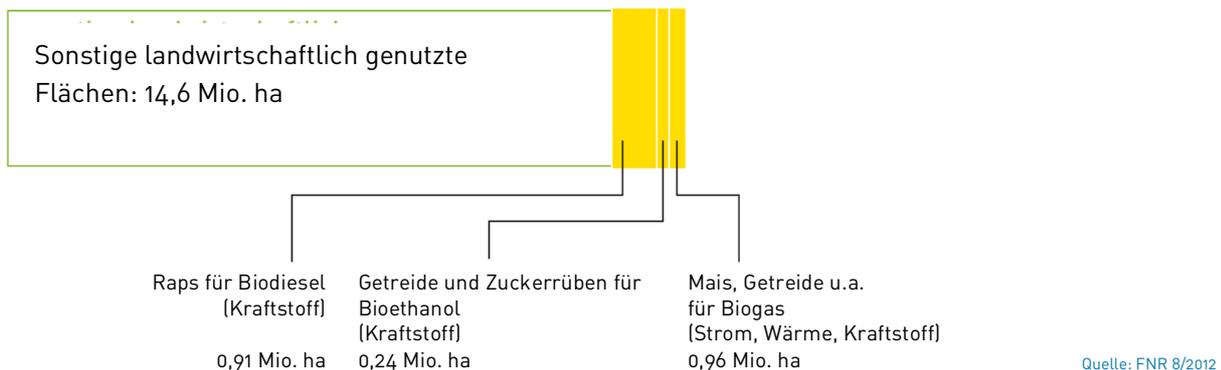
Energiepflanzen können durch unterschiedliche Umwandlungsschritte für die Strom-, Wärme- und Biokraftstoffproduktion genutzt werden.



In Deutschland werden hauptsächlich Raps, Mais und andere Getreide als Energiepflanzen angebaut. Weltweit haben neben Mais und Raps auch Zuckerrohr und Ölpalmen eine große Bedeutung für die energetische Nutzung.

Im Jahr 2012 wurden mit 2,1 Mio. ha rund 12,6 Prozent aller landwirtschaftlich genutzten Flächen Deutschlands (16,7 Mio. ha) für den Anbau von Energiepflanzen genutzt. Die weltweite Anbaufläche beläuft sich nach unterschiedlichen Schätzungen auf rund 30 bis 55 Mio. ha, was ca. 2 bis 4 Prozent der weltweiten landwirtschaftlich genutzten Flächen entspricht.

## Was wächst wofür auf den Flächen für Bioenergie?



Im Jahr 2012 belief sich die Anbaufläche von Raps, der in Form von Biodiesel und Pflanzenöl als Kraftstoff genutzt wurde, auf rund 0,91 Mio. ha. Auf rund 0,96 Mio. ha wuchsen Mais und andere Getreide für die Strom-, Wärme- und Kraftstoffproduktion mit Biogas. Auf rund 0,24 Mio. ha wurden Getreide und Zuckerrüben für den Kraftstoff Bioethanol angebaut.

Damit ist das Potenzial von Energiepflanzen in Deutschland aber noch nicht ausgeschöpft. Durch die sinkende Nachfrage infolge des demographischen Wandels sowie durch Ertragssteigerungen werden in Zukunft weniger Hektar Anbaufläche für die Futter- und Nahrungsmittelproduktion in Deutschland benötigt. Die „frei werdenden“ Flächen können dann als zusätzliche Anbaufläche für Energiepflanzen genutzt werden. Schätzungen unterschiedlicher Forschungsprojekte gehen von einer Anbaufläche für Energiepflanzen in Deutschland von mindestens 2,7 Mio. Hektar bis weit über 4 Mio. Hektar aus.

## Anbau von Energiepflanzen als einjährige und mehrjährige Kulturen

Grundsätzlich steht der Landwirtschaft ein breites Spektrum an Kulturarten für die Produktion fester, flüssiger und gasförmiger Bioenergieträger zur Verfügung. Unterschieden werden dabei ein- und mehrjährige Anbaukulturen.

### Einjährige Kulturen

Die einjährigen Kulturen werden in der Regel in mehrgliedrigen **Fruchtfolgen** angebaut, d.h. die unterschiedlichen Anbaukulturen wechseln sich dabei Jahr für Jahr ab. In Deutschland überwiegt bei den einjährigen Kulturen Raps und Mais. Zusätzlich wird weltweit auch Soja als einjährige Pflanze für die energetische Nutzung angebaut.

Energiepflanzen wie z.B. Raps schaffen eine aus mehreren Gründen sinnvolle Abwechslung in den Fruchtfolgen:

- Raps fördert den Humusaufbau.
- Raps verbessert die Bodenstruktur (Tragfähigkeit, Sauerstoffgehalt).
- Raps bindet Stickstoff.
- Raps unterbindet Pflanzenkrankheiten beim Getreide.

### Beispiel für den Anbau von Energiepflanzen in einer getreidebetonten Fruchtfolge in Norddeutschland mit je einjährigen Anbaukulturen

2012	2013	2014
<b>Gerste</b> Nutzung z.B. für <ul style="list-style-type: none"> <li>• Brot- und Braugetreide</li> <li>• Futtermittel</li> <li>• Biogaserzeugung</li> </ul>	<b>Raps</b> Nutzung z.B. für <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pflanzenöl</li> <li>• Biodiesel</li> <li>• Futtermittel</li> </ul>	<b>Weizen</b> Nutzung z.B. für <ul style="list-style-type: none"> <li>• Futtermittel</li> <li>• Brotgetreide</li> <li>• Bioethanol</li> </ul>
		

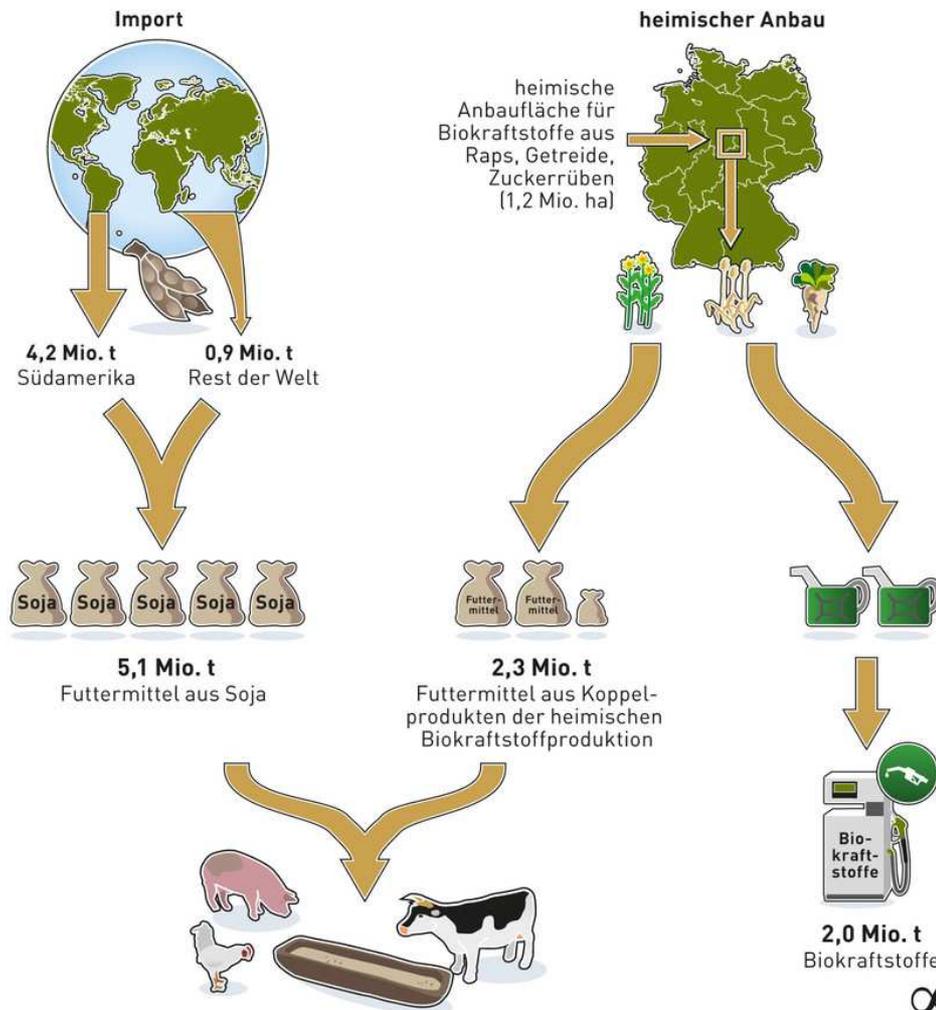
Als Energiepflanzen werden zwar jene Kulturen bezeichnet, die eigens für die energetische Nutzung angebaut werden. Ob Kulturen wie z.B. Gerste, Raps oder Weizen tatsächlich als Energiepflanzen genutzt werden, entscheidet sich vielfach erst nach der Ernte. Beim Anbau treffen die Bauern nicht immer bereits die Entscheidung, ob ihr Produkt als Energiepflanze, als Rohstoff für Futter- und Nahrungsmittel oder auch stofflich (z.B. als Rohstoff in der Chemieindustrie) genutzt wird. Die letztendliche Verwendung wird durch die Nachfrage gesteuert.

Rund 40 Prozent der Anbaufläche für Energiepflanzen dient gleichzeitig auch der Produktion von Futtermitteln. Denn bei der Herstellung von Rapsöl und Bioethanol fallen auch immer Futtermittel wie Rapschrot und Trockenschlempe als **Koppelprodukt** an. Die Flächen für den Anbau von Energiepflanzen sind daher aus Sicht der Landwirtschaft nicht „verbraucht“, sondern werden vielmehr „doppelt“ genutzt.

Ökologisch besonders sinnvolle Anbausysteme für einjährige Kulturen sind das **Zweikultursystem** und der **Mischfruchtanbau**. Beide Anbausysteme sind hinsichtlich der Steigerung von Artenvielfalt und Erträgen für den Energiepflanzenanbau attraktiv. Ihre Vorteile werden in Deutschland in mehrjährigen Anbauversuchen wissenschaftlich untersucht.

## Heimische Biokraftstoffe vermeiden Sojaimporte nach Deutschland

Ohne Koppelprodukte aus heimischer Biokraftstoffproduktion müsste Deutschland fast 50 % mehr Soja-Futtermittel importieren.



Stand: 5/2012, Quellen: FNR, BMELV, Grunert u. a., eigene Berechnungen

www.unendlich-viel-energie.de

Agentur für  
Erneuerbare  
Energien

Bei der Produktion von Biokraftstoffen aus Raps, Getreide und Zuckerrüben aus heimischem Anbau entstehen neben dem Biokraftstoff im Laufe des Herstellungsprozesses immer auch Koppelprodukte, die in der Futtermittelindustrie weiterverwendet werden. Die Koppelprodukte Rapsschrot bzw. Rapskuchen aus der Biodieselproduktion sowie Getreidetrockenschlempe und Rübenschnitzel bzw. Rübenmelasse aus der Bioethanolproduktion dienen in der Viehzucht als wertvolle Eiweißfuttermittel. Die Infografik basiert auf einer Abschätzung der auf diese Weise eingesparten Futtermittelimporte im Jahr 2010: Auf einer Fläche von 1,2 Mio. ha Ackerfläche wuchsen 2010 in Deutschland Pflanzen für die heimische Biokraftstoffproduktion. Damit wurden 2,0 Mio. t Biokraftstoffe sowie gleichzeitig 2,3 Mio. t Futtermittel hergestellt (Soja-Futtermitteläquivalent). Um die in Deutschland gehaltenen Rinder, Schweine und Hühner zu versorgen, wurden 2010 insgesamt 5,1 Mio. t Soja-Futtermittel importiert, davon 4,2 Mio. t aus Südamerika und 0,9 Mio. t aus dem Rest der Welt. Insbesondere in Südamerika wird der Sojaanbau häufig mit der Regenwaldzerstörung und nicht nachhaltigen Anbaumethoden in Verbindung gebracht. Ohne die Futtermittel aus der einheimischen Biokraftstoffproduktion müsste in etwa die Hälfte des derzeitigen Imports an Futtermitteln aus Soja zusätzlich eingeführt werden, um den Bedarf der deutschen Viehzüchter zu decken. Durch die Synergieeffekte der Biokraftstoffproduktion sind also „Teller, Trog und Tank“ möglich und schließen sich nicht aus. Zusätzliche Futtermittelimporte aus ökologisch zweifelhaften Quellen werden vermieden.

- **Mischfruchtanbau:** Unter Mischfruchtanbau versteht man den gleichzeitigen Anbau verschiedener Feldfrüchte (z.B. Mais und Sonnenblumen) auf demselben Feld in derselben Vegetationsperiode.
- **Zweikultursysteme:** Während eines Jahres wird auf einer Fläche sowohl eine Winter- als auch eine Sommerkultur angebaut. Das Zweikultursystem wurde für den Energiepflanzenanbau eigens entwickelt: Der Landwirt erntet zweimal pro Jahr, um einen möglichst maximalen Biomasseertrag zu realisieren. Im Frühsommer bringt man zunächst die im Vorjahr gesäte Winterfrucht (z.B. Wintertriticale) ein. Danach folgt eine Sommerkultur (z.B. Zuckerhirse), die man wiederum im Herbst erntet. Anschließend wird wieder eine Winterkultur für das nächste Jahr gesät. Ernten kann man jeweils vor der Vollreife der Pflanzen, da nicht die voll ausgereiften Früchte, sondern ein möglichst hoher Biomasseertrag das Ziel ist. Durch den ganzjährigen Pflanzenbestand auf der Anbaufläche können Bodenerosion und Nährstoffauswaschung verhindert werden. Der Einsatz von Herbiziden ist kaum nötig. Seit 2005 laufen Feldversuche des Verbundprojektes für optimierte Anbausysteme für Energiepflanzen (EVA). An der inzwischen dritten Phase beteiligen sich bis 2015 bundesweit fast 30 Standorte mit Praxis- und Anbauversuchen. Es wird von der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) koordiniert.

### Mehrjährige Kulturen

Im Gegensatz zu einjährigen Kulturen werden mehrjährige Energiepflanzen nicht in Fruchtfolgen angebaut, sondern belegen während mehrerer Jahre dieselbe Anbaufläche. Zu den mehrjährigen Energiepflanzen zählen z.B. *Miscanthus* (Chinaschilf) sowie schnell wachsende Hölzer wie *Pappeln* und *Weiden*, die in sog. *Kurzumtriebsplantagen* (KUP) angebaut werden. Mehrjährige Energiepflanzen werden in Deutschland bislang nur sehr selten genutzt. Die Anbaufläche lag 2012 bei ca. 6.500 ha.

**Miscanthus**, auch als Chinaschilf bezeichnet, ist eine ausdauernde Gräserart, die ebenso wie Zuckerrohr und Hirse zur Familie der Süßgräser gehört. *Miscanthus* stammt aus Ostasien und wurde 1935 zunächst als Zierpflanze nach Europa eingeführt. An geeigneten Standorten kann das Gras bis zu 4 m hoch werden und Trockenmasseerträge von über 15 t/a erreichen. Seit über 20 Jahren erfolgen in Deutschland und den Nachbarländern intensivere Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in den Bereichen Züchtung/Vermehrung, Anbau und Ernte sowie stoffliche und energetische Nutzung von *Miscanthus*. Die Ernte von *Miscanthus* erfolgt nach dem Blattfall (etwa ab Ende Februar bis April). Der Anbau von *Miscanthus* ermöglicht extensiven landwirtschaftlichen Anbau mit geringem Düngereinsatz und Verzicht auf Pflanzenschutzmittel. Der Forschungsbedarf ist aber weiterhin sehr groß und die ökonomische Bewertung noch nicht abgeschlossen.

**Kurzumtriebsplantagen** (KUP) sind Anpflanzungen schnell wachsender Bäumen oder Sträucher mit geringen Ernteintervallen (ca. vierjährig). Die Gattungen Pappel, Weide und Robinie sind als KUP besonders gut geeignet. Klassische Waldbäume wie z.B. die heimische Buche oder Eiche eignen sich dagegen nicht für den modernen Kurzumtrieb. Sie erreichen den größten Zuwachs ihrer Biomasse erst nach einigen Jahrzehnten. Eine weitere wesentliche Eigenschaft der hier verwendeten Arten ist die Fähigkeit zum so genannten Stockausschlag. Das bedeutet, dass sie aus dem im Boden verbliebenen Wurzelstock nach der Ernte der oberirdischen Triebe rasch und kräftig wieder austreiben können.

Für den Anbau von KUP werden leistungsfähige Sorten von geeigneten Baumarten über Steckhölzer vermehrt und mechanisiert gepflanzt. Bei Ernte in der vegetationsfreien Zeit sind vitale

Stockausschläge und hohe Erträge für mindestens zwei Jahrzehnte garantiert. Die Art der Bewirtschaftung weist viele Parallelen zur historischen Niederwald-Brennholzwirtschaft im Stockausschlagbetrieb auf. Die Nutzung des Stockausschlages bestimmter Weichlaubhölzer wurde modifiziert und zu einer voll mechanisierten Produktionsmöglichkeit für Holz auf landwirtschaftlichen Flächen weiter entwickelt.

Weltweit werden vor allem Ölpalmen als mehrjährige Pflanzen – meist in Plantagenwirtschaft – energetisch genutzt. Außerdem nehmen in vielen tropischen Ländern die Anbauflächen mit dem Ölbaum *Jatropha Curcas* zu (vgl. S. 19).

## Umweltauswirkungen von Energiepflanzen

Das Kohlendioxid, welches die Pflanzen im Laufe ihres Wachstums aufgenommen haben, wird bei der Verbrennung der Biomasse freigesetzt. Nachwachsende Pflanzen absorbieren das freigesetzte CO<sub>2</sub> wieder. Der Kohlendioxidkreislauf ist damit geschlossen. Durch die energetische Nutzung der Biomasse werden fossile Brennstoffe ersetzt und dadurch Treibhausgase vermieden. Die Höhe der Emissionseinsparung hängt allerdings von der Anbaukultur, dem Anbauverfahren und Produktionsverfahren ab:

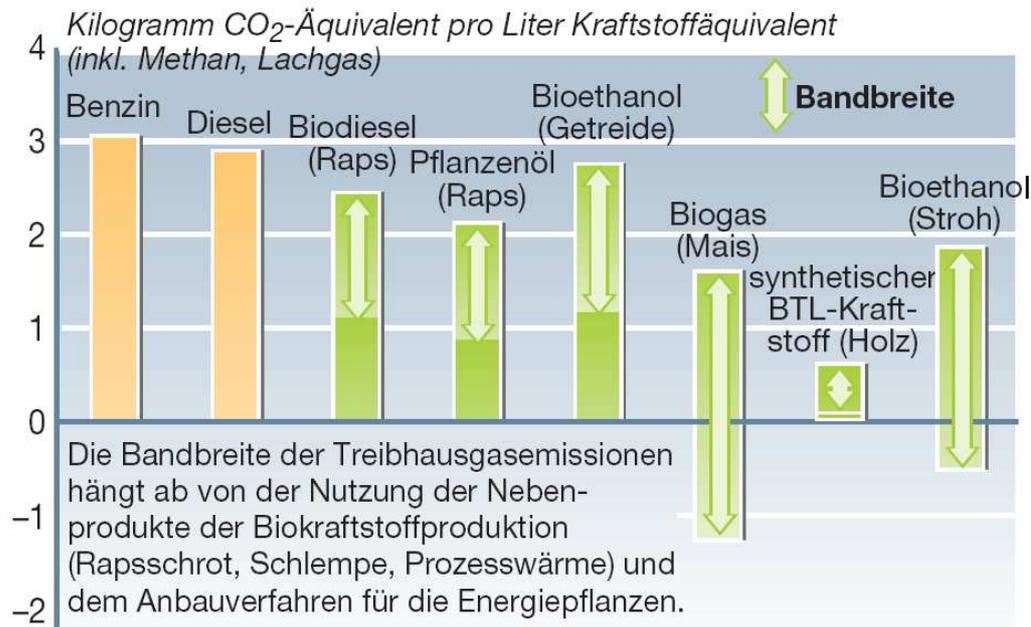
- Wie viel Energie wird für die in der Landwirtschaft eingesetzten Betriebsmittel (Dünger, Kraftstoff für Bodenbearbeitung etc.) verbraucht? (Effizienz des Betriebsmitteleinsatzes)
- Wie hoch sind die Biomasseerträge pro Hektar?
- Wie hoch ist die Energieausbeute pro Einheit Biomasse? (Effizienz der Konversionsprozesse)
- Können die Koppelprodukte des Energiepflanzenanbaus (z.B. Stroh) und des Produktionsverfahrens (z.B. Rapschrot) energetisch oder in anderen Bereichen (z.B. als Futtermittel oder Dünger) genutzt werden?

Daher müssen für die Bilanzierung der Treibhausgasemissionen von Energiepflanzen alle Etappen der Wertschöpfungskette – vom Anbau über die Weiterverarbeitung bis zur energetischen Nutzung – betrachtet werden.

### Energie- und Treibhausgasbilanz von Biokraftstoffen

Energiepflanzen können für die Biogas- und für die Biokraftstoffproduktion genutzt werden. Je nach Nutzungspfad unterscheiden sich auch die Energie- und Treibhausgasbilanzen.

## Treibhausgasemissionen von fossilen und Biokraftstoffen

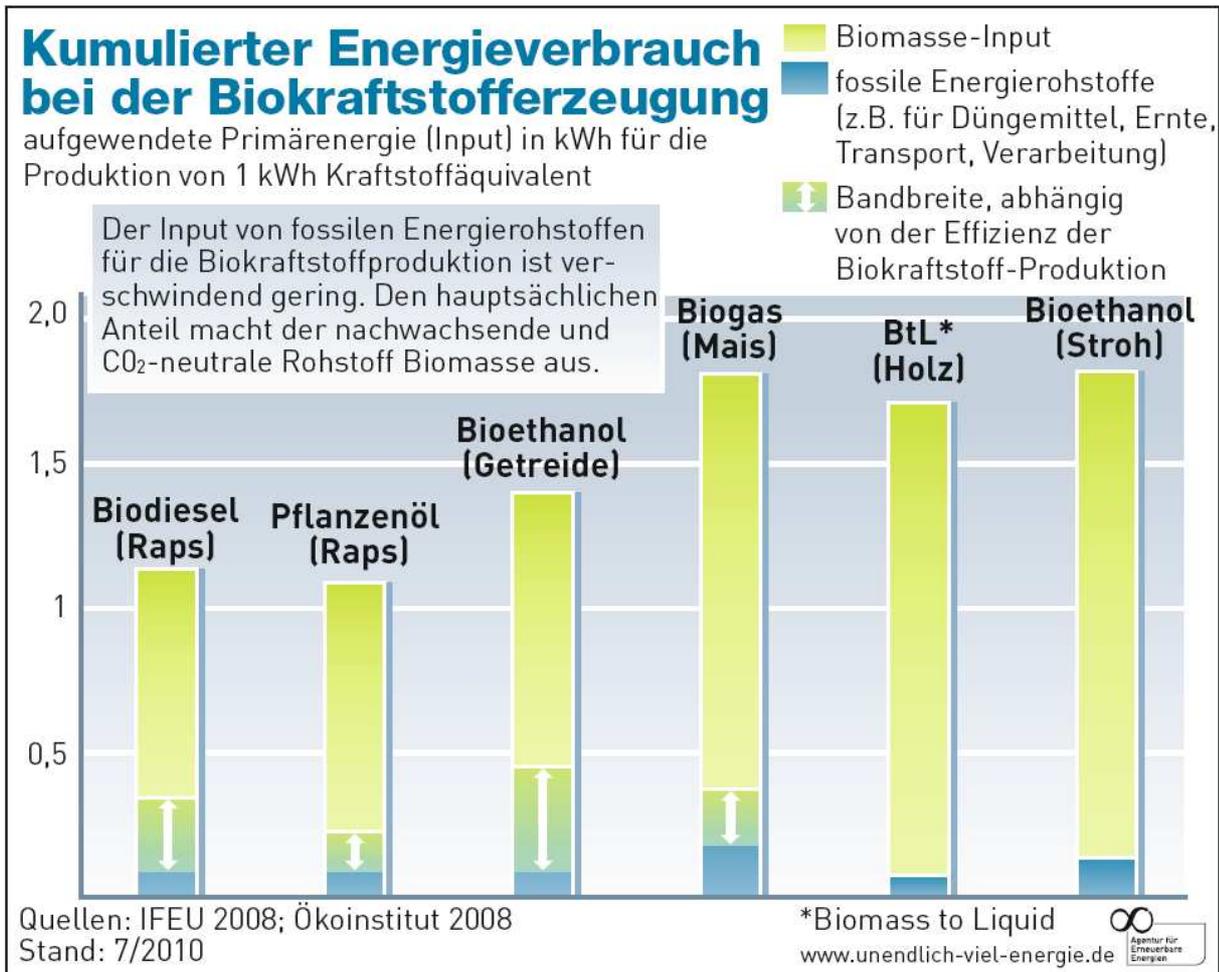


Quellen: IE Leipzig, Öko-Institut; Stand: 2/2008

Je nachdem, welche Energiepflanzen für die Produktion von Biokraftstoffen eingesetzt werden und wie die Anbauverfahren und Produktionsverfahren gestaltet sind, erreichen Biokraftstoffe im Vergleich zu fossilen Kraftstoffen unterschiedlich hohe Treibhausgasreduktionen. Biodiesel und Pflanzenöl aus Raps sowie Bioethanol aus Getreide verursachen im Verhältnis zu fossilem Diesel bzw. Benzin bis zu zwei Drittel weniger Emissionen. Die Bandbreiten der Treibhausgasemissionen von Biokraftstoffen gehen aufgrund der Vielfalt der oben genannten Einflussfaktoren weit auseinander, liegen jedoch stets deutlich unter den Emissionen fossiler Kraftstoffe.

Biokraftstoffe leisten einen Beitrag zum Klimaschutz, weil sie fossile Kraftstoffe ersetzen. Gleichzeitig muss für ihre Produktion nur ein verhältnismäßig geringer Anteil von fossilen Energierohstoffen (z.B. für Düngemittel, Ernte, Transport und Verarbeitung der Energiepflanzen) aufgewendet werden.

Den hauptsächlichsten Anteil der aufgewendeten Primärenergie (Input) macht der nachwachsende und CO<sub>2</sub>-neutrale Rohstoff Biomasse aus. Die auf dem Markt eingeführten Biokraftstoffe wie Biodiesel und Pflanzenöl aus Raps sowie Bioethanol aus Getreide bergen noch weiteres Potenzial zur Einsparung fossiler Energierohstoffe, z.B. durch den Ersatz von Mineraldünger durch Reststoffe und die Nutzung von Koppelprodukten. In den Produktionsverfahren benötigen sie allerdings bereits sehr wenig fossile Primärenergie. Neue Biokraftstoffe, die sich noch in der Markteinführung befinden, z.B. zu Biomethan aufbereitetes Biogas aus Mais oder Bioethanol aus lignocellulosehaltiger Biomasse wie Stroh, benötigen dagegen einen größeren Biomasse-Input für ihre jeweiligen Produktionsverfahren.

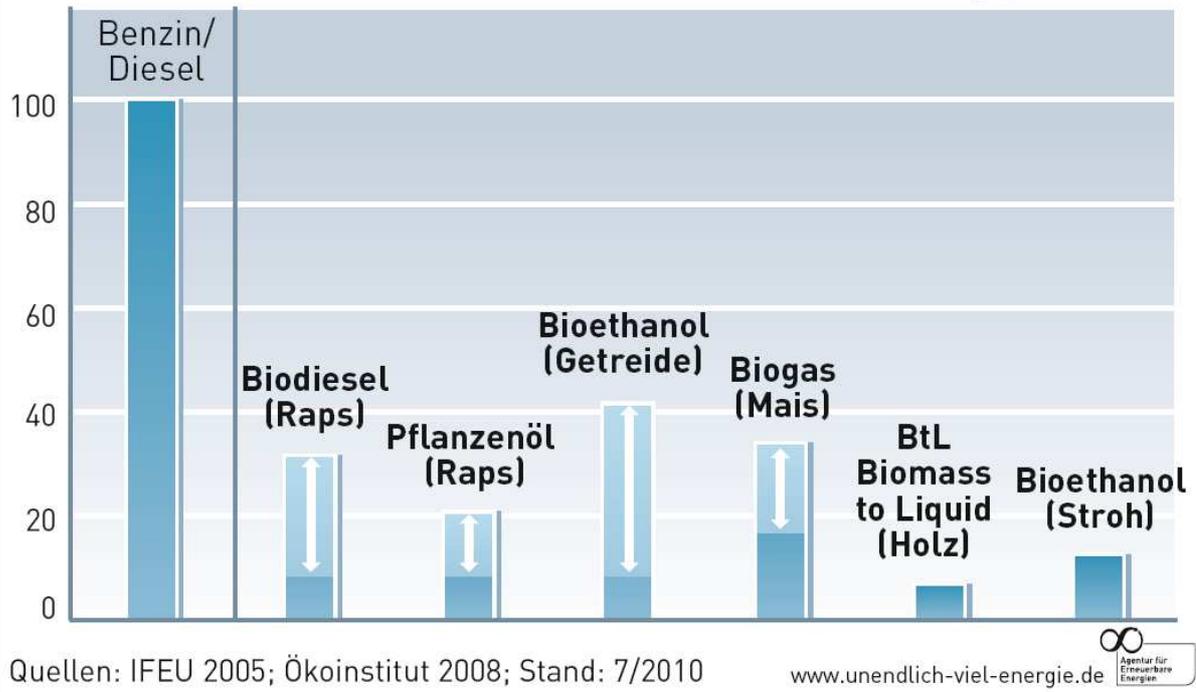


Werden Energiepflanzen für die Biokraftstoffproduktion genutzt, werden zwar weiterhin fossile Energierohstoffe für Düngemittel, Ernte, Transport und Verarbeitung benötigt. Im Verhältnis zur Produktion von Benzin oder Diesel müssen aber 60 bis 95 Prozent weniger fossile Energierohstoffe aufgewendet werden. Die Bandbreiten der Energiebilanz der unterschiedlichen Biokraftstoffe gehen aufgrund der Vielfalt der oben genannten Einflussfaktoren weit auseinander. Unabhängig von der eingesetzten Energiepflanze liegt der Aufwand an fossiler Primärenergie (Input) jedoch stets deutlich unter der aufgewendeten Primärenergie für die Produktion fossiler Kraftstoffe.

## Einsparung fossiler Energierohstoffe durch Biokraftstoffe

aufgewendete fossile Primärenergie (Input) für die Produktion von Kraftstoff; Index: Benzin/Diesel = 100

↑↓ Bandbreite, abhängig von der Nutzung der Nebenprodukte und vom Anbauverfahren der Energiepflanzen



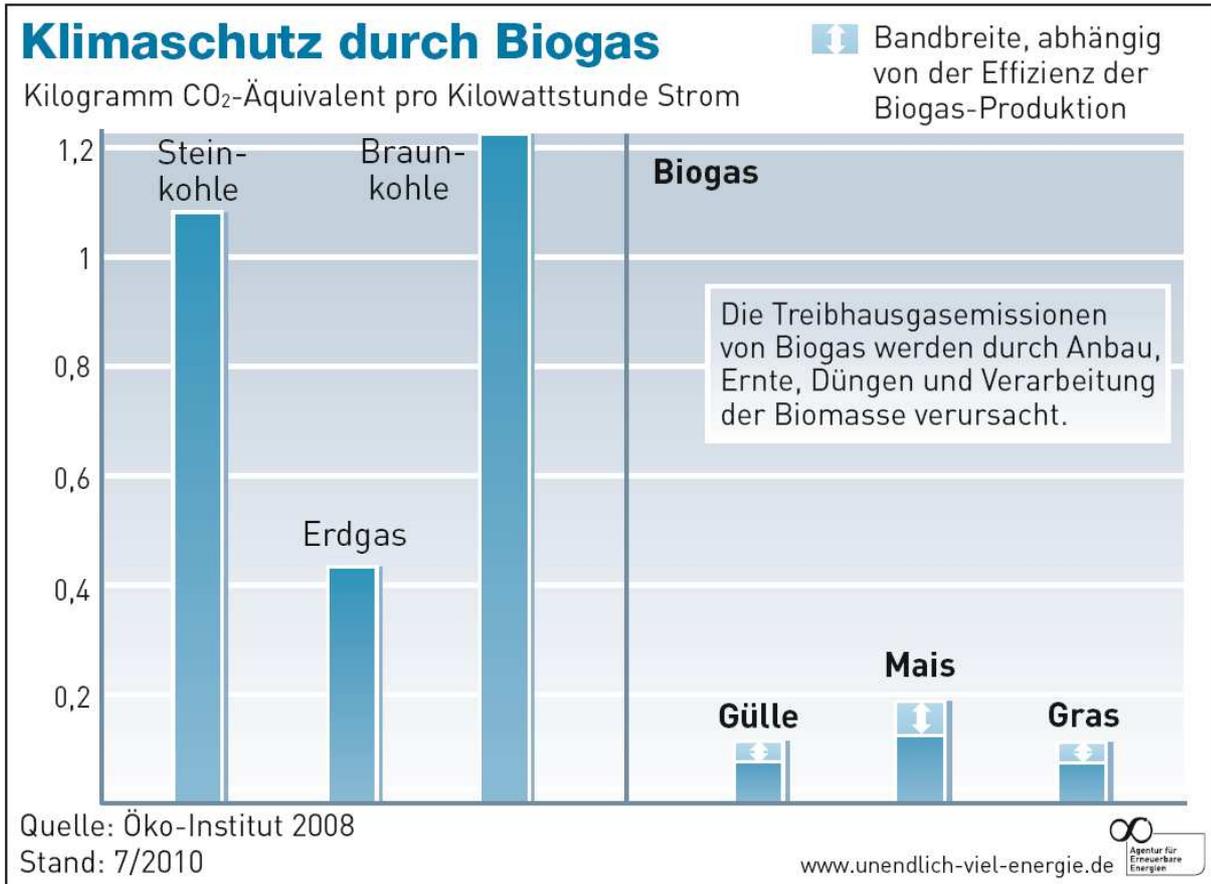
### Energie- und Treibhausgasbilanz von Biogas

Je nachdem, welche Energiepflanzen (z.B. Mais, Gras) oder Reststoffe (z.B. Gülle) für die Produktion von Biogas eingesetzt werden und wie die Anbauverfahren und Produktionsverfahren gestaltet sind, erreicht Strom aus Biogas im Vergleich zu fossilen Energieträgern unterschiedlich hohe Treibhausgasreduktionen. Die Treibhausgasemissionen von Biogas können aufgrund der Vielfalt der oben genannten Einflussfaktoren variieren, liegen jedoch stets unter den Emissionen fossiler Energieträger in der Stromerzeugung.

Eine Kilowattstunde Biogas-Strom aus Gras verursacht im Verhältnis zu einer Kilowattstunde Braunkohle- oder Steinkohlestrom über 90 Prozent weniger Treibhausgase und über drei Viertel weniger Treibhausgase im Verhältnis zu Strom aus Erdgas. Die Klimabilanz einer Kilowattstunde Biogas-Strom aus Mais ist nur geringfügig schlechter als bei der Nutzung von Gras als Energiepflanze.

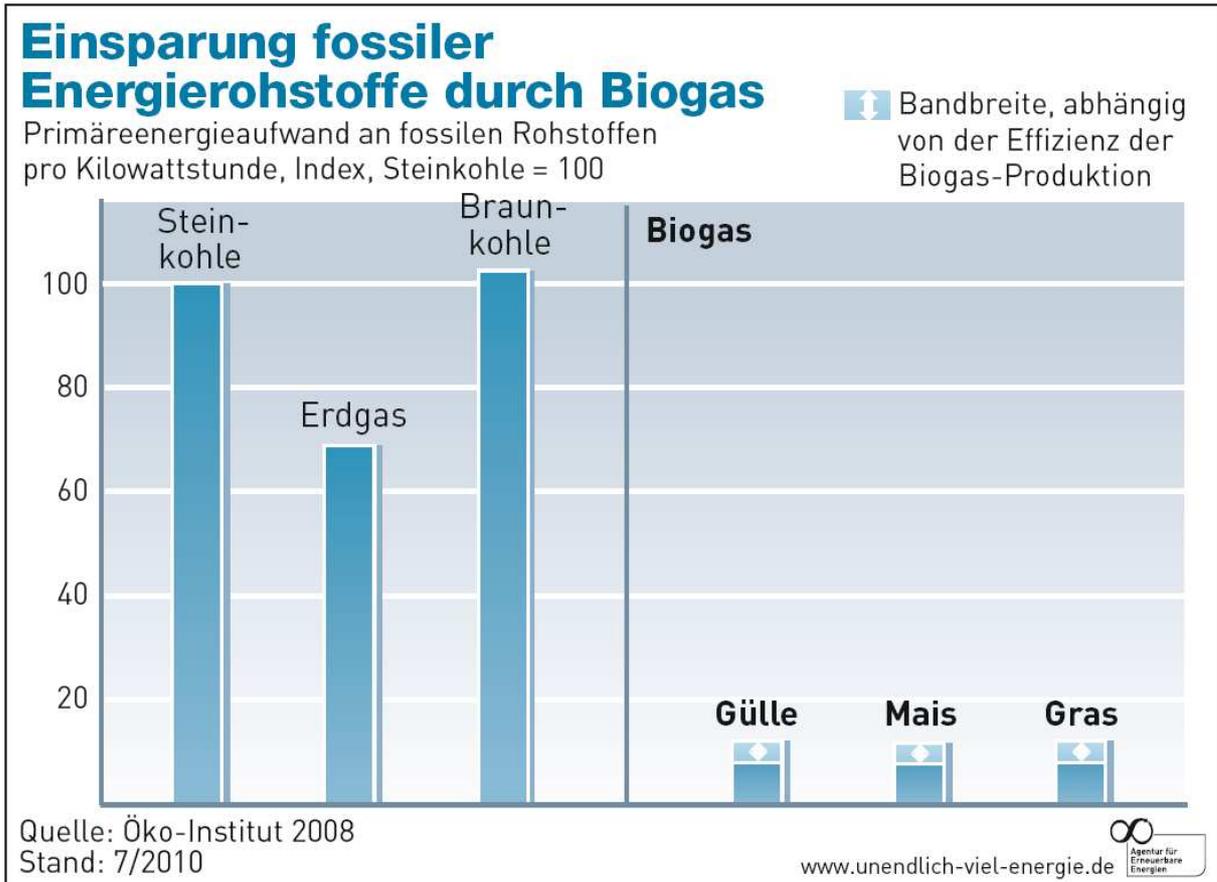
Auch für die Produktion von Biogas muss nur ein verhältnismäßig geringer Anteil von fossilen Energierohstoffen (z.B. für Düngemittel, Ernte, Transport und Verarbeitung der Energiepflanzen) aufgewendet werden.

Auch beim Biogas macht der dank Sonnenenergie nachwachsende und CO<sub>2</sub>-neutrale Rohstoff Biomasse den hauptsächlichen Anteil der aufgewendeten Primärenergie (Input) aus. Für eine Kilowattstunde Biogas-Strom aus Gras oder Mais muss 85 bis 90 Prozent weniger fossile Energie aufgewendet werden als für eine Kilowattstunde Braunkohle- oder Steinkohlestrom, sowie 80 bis 85 Prozent weniger fossile Energie als für eine Kilowattstunde Strom aus Erdgas.



Auch die Energiebilanzen von Biogas können aufgrund der Vielfalt der oben genannten Einflussfaktoren variieren. Durch Effizienzsteigerungen bei der Biogasproduktion können die Emissionen weiter reduziert werden. Unabhängig von der eingesetzten Energiepflanze liegt der Aufwand an fossiler Primärenergie (Input) für eine Kilowattstunde Biogas-Strom jedoch stets deutlich unter der aufgewendeten Primärenergie für eine Kilowattstunde Strom aus fossilen Energieträgern.

Der Vergleich bezieht sich ausschließlich auf die Stromerzeugung. Dass bei der Stromerzeugung aus Biogas in Kraft-Wärme-Kopplung zusätzlich Wärme bereitgestellt wird, die wiederum fossile Energieträger im Wärmesektor ersetzen kann, ist in dieser Energie- und Klimabilanzierung noch nicht mit berücksichtigt worden. Durch eine möglichst weitreichende Wärmenutzung ergeben sich weitere Möglichkeiten zur Optimierung der Klima- und Energiebilanzen.



#### Kohlenstoffspeicherung durch Energiepflanzen

Ein weiterer wichtiger Aspekt zur Bewertung der Treibhausgasemissionen von Energiepflanzen sind die Auswirkungen des Anbaus auf die Humusbilanz und die Kohlenstoffeinlagerung im Boden und in der oberirdischen Biomasse. Durch mehrjährige Kulturen kann sowohl eine Kohlenstoffspeicherung in der ober- und unterirdischen Biomasse erfolgen, als auch der Humusgehalt im Boden erhöht werden. Mehrere Studien (vgl. WBGU-Gutachten 2008) belegen, dass durch Kurzumtriebsplantagen eine jährliche Kohlenstoffspeicherung von über einer Tonne CO<sub>2</sub> pro Hektar erfolgt.

Auch bei einjährigen Kulturen gibt es große Potenziale, den Kohlenstoffgehalt im Boden zu steigern. So können jährlich bis zu 1,2 t CO<sub>2</sub> durch die Steigerung des Humusgehaltes in den Boden eingebracht werden. Das entlastet die Atmosphäre und trägt zum Klimaschutz bei. Die CO<sub>2</sub>-Speicherfunktion des Bodens kann gefördert werden durch geringere Bodenbearbeitung, Reduktion der Erosion durch ganzjährige Bodenbedeckung sowie veränderte Fruchtfolgen und Düngung. Die Menge CO<sub>2</sub>, die mit einjährigen Kulturen gespeichert werden kann, entspricht ungefähr der Menge, die in den ersten 5 bis 10 Jahren durch Kurzumtriebsplantagen zusätzlich im Boden eingelagert werden kann. Nach dem CLIMSOIL-Bericht an die Europäische Kommission können in Europa durch verbesserte, bodenfreundlichere Praktiken jährlich zwischen 150 und 300 Mio. t CO<sub>2</sub> zusätzlich im Boden akkumuliert werden.

Die Maßnahmen zur Steigerung des Humusgehaltes bei einjährigen Pflanzen führen nicht nur zu einer Kohlenstoffanreicherung, sondern auch zur Verbesserung der Bodeneigenschaften. Dieses Potenzial kann auch bei einjährigen Pflanzen besser mobilisiert werden. Der Forschungsbedarf zur Kohlenstoffeinlagerung durch Energiepflanzen bleibt sehr groß, da verschiedene Faktoren wie Bodenart und Klima die langfristige Kohlenstoffspeicherung im Boden beeinflussen.

## Energiepflanzen und Biodiversität

Der Anbau von Energiepflanzen ist vielerorts umstritten. Der Zubau von Biogasanlagen und Biokraftstoffanlagen wird häufig mit der massiven Zunahme von Anbaukulturen wie Mais und Raps und einem Rückgang der Biodiversität in Verbindung gebracht. Dabei wird übersehen, dass eine große Vielfalt von Anbaukulturen für die unterschiedlichen Bioenergieträger genutzt werden kann. Der Anbau von Energiepflanzen bietet die Chance, die teilweise wenig abwechslungsreichen Fruchtfolgen der konventionellen Landwirtschaft aufzulockern.

Innovative Anbaukonzepte wie Mischfruchtanbau und Zweikultursysteme, können neben einem extensiven Anbau von Energiepflanzen somit auch einen Beitrag zur Förderung der Biodiversität leisten. Bisher kaum genutzte, in Vergessenheit geratene Ölpflanzen werden z.B. für die energetische Nutzung wieder attraktiv.

Noch dominieren im Energiepflanzenanbau jedoch einige wenige Arten. Gründe dafür sind, dass die Landwirte vorzugsweise ertragreiche Arten anbauen, die sie kennen und für die sie über die notwendige Erntetechnik verfügen. Als vergleichsweise junge Entwicklung in der Landwirtschaft hat sich die gesamte Bandbreite der Energiepflanzen noch nicht durchgesetzt. Das Bundeslandwirtschaftsministerium und die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) unterstützen deshalb Anbauversuche wie z.B. das Verbundprojekt EVA, um andere geeignete Energiepflanzen-Arten zu erforschen und in der Landwirtschaft bekannter zu machen. Das Interesse und die Nachfrage aus der Praxis dafür sind sehr groß.

Denn in abwechslungsreichen Fruchtfolgen können höhere Erträge für die Biogasproduktion erwirtschaftet werden. Mit verhältnismäßig anspruchslosen Energiepflanzen lässt es sich – bei angepasster Anbaupraxis – mit weniger Dünger und Pestiziden erfolgreicher wirtschaften. Wildkräuter bekommen wieder eine Chance. Reich strukturierte Kurzumtriebsplantagen und Gehölze bieten vor allem Vögeln und Insekten einen Lebensraum. Gleichzeitig kann diese kleinräumige Gliederung der Agrarlandschaft Erosion besser verhindern. So kann mit Energiepflanzenanbau ein ökologischer Mehrwert erreicht werden.

### Abwechslungsreiche Fruchtfolgen mit hoher Biodiversität

- widerstehen Klimaextremen mit trockeneren Perioden besser,
- schaffen ein abwechslungsreicheres Landschaftsbild und erhöhen damit die Akzeptanz für den Anbau von Energiepflanzen in der Bevölkerung,
- schaffen mehr Boden- und Pflanzengesundheit,
- ermöglichen eine bessere Risikostreuung und Verteilung von Arbeitsspitzen für landwirtschaftliche Betriebe.

Auf den Anbau von Energiepflanzen für Biogas und Biokraftstoffe wirken sich auch Vorgaben der Europäischen Union aus („Cross Compliance“). Zum Beispiel verhindern diese schon heute indirekt über ihre Anforderungen an Humusbilanzen einen zu hohen Anteil von Mais in der Fruchtfolge sowie direkt über die Fruchtfolgerestriktionen. Darüber hinaus müssen Vorgaben zur Bodenerhaltung beim Pflanzenschutz und der Nitratrichtlinie berücksichtigt werden. Nach deutschen Vorgaben müssen im Rahmen der „Guten fachlichen Praxis“ (GfP) eine Reihe von Bestimmungen aus dem landwirtschaftlichen Fachrecht eingehalten werden, so z.B. das Pflanzenschutzgesetz, das Bundesbodenschutzgesetz und die Düngeverordnung.

Diese rechtlichen Bestimmungen und die notwendige Fruchtfolge bei Raps und Getreide verbieten den dauerhaften Anbau derselben Pflanzensorte als Monokultur. Bereits aus eigenem ökonomischem und ökologischem Interesse heraus würde ein Landwirt sein kostbarstes Gut – einen ertragsstarken Boden – nicht durch unsachgemäße Bewirtschaftung gefährden. Der Energiepflanzenanbau kann dagegen als Möglichkeit genutzt werden, die vielerorts artenarme Agrarlandschaft ökologisch wieder zu bereichern.

## Nutzungskonkurrenzen durch Energiepflanzen

### Einfluss von Energiepflanzen auf den Weltagrarmärkten

Die Weltmarktpreise für Getreide sind in den Jahren 2007 und 2008 sehr stark gestiegen. Für diese Entwicklung wurde vor allem die Biokraftstoffnutzung verantwortlich gemacht. Aufgrund der hohen Nachfrage und guter Ernten verzeichnete die Getreideproduktion in der EU 2008 einen Zuwachs um ca. 20 Prozent. Im ersten Halbjahr 2008 brachen die Getreidepreise daher wieder stark ein, obwohl die Biokraftstoffproduktion gleichzeitig weiter anstieg.

### Globale Preisentwicklung für Agrarrohstoffe 1990-2013



Quelle: FAO Food Prices Index, 2002-2004=100

Dieser Preissturz verdeutlicht, dass andere Faktoren, wie schlechte Ernten infolge von Klimaextremen sowie Spekulation an den Weltagrarmärkten, hauptverantwortlich für die Preisentwicklung sind. Neben der Biokraftstoffproduktion hat der zunehmende Bedarf für die menschliche und tierische Ernährung (angekurbelt vor allem in Schwellenländern wie Indien und China) die weltweite Nachfrage nach Agrarrohstoffen gesteigert.

Mit steigenden Erdölpreisen werden auch die landwirtschaftlichen Produktionsmittel wie Mineraldünger und fossiler Kraftstoff teurer. Die Koppelung der Agrarpreise an die Erdölnotierungen verstärkt sich, da höhere Erdölpreise auch die Produktion von Biokraftstoffen attraktiv machen und infolgedessen die Agrarrohstoffe für die Biokraftstoffproduktion wiederum unter erhöhten Spekulationsdruck geraten können.

Steigen mit einer stärkeren Nachfrage auf dem Weltmarkt die Preise für Agrarrohstoffe, wird möglicherweise aber auch die Bewirtschaftung von bisher nicht lohnenden Standorten wieder rentabel. In manchen Regionen wie in Osteuropa sind vor diesem Hintergrund bereits Effizienzsteigerungen und Ausweitungen der Anbauflächen auf bisher brach liegende Flächen zu beobachten.

Die Landwirtschaft kann jedoch nur mit Verzögerung auf Rohstoffmärkte reagieren. Hier ist problematisch, dass die Preise für Agrarrohstoffe zunehmend schwanken. Stark volatile Preise gefährden insbesondere die ärmeren Bevölkerungsschichten in Staaten, die von Agrarimporten abhängig sind – obwohl diese vielfach über ausreichende landwirtschaftliche Nutzflächen zur Wahrung ihrer Ernährungssouveränität verfügen.

Gleichzeitig liegen global in vielen Staaten Flächen brach, da sich ihre Bewirtschaftung nicht lohnt. In den Schwellen- und Entwicklungsländern stehen weiterhin ungenutzte Flächen zur Verfügung. Alleine in Russland liegen infolge des Niedergangs der Landwirtschaft nach 1990 über 30 Mio. ha Anbaufläche brach. So schätzt die Universität Hohenheim die Flächenpotenziale in Brasilien und Argentinien unter Berücksichtigung der Nachfrage der Futter- und Nahrungsmittelproduktion auf jeweils rund 20 Mio. ha. Eine Ausweitung der landwirtschaftlichen Nutzfläche ist hier möglich, ohne Gebiete mit hohem ökologischem Wert wie Urwälder zu gefährden.

#### Globale Flächenpotenziale

Die Abschätzung globaler Flächenpotenziale ist aufgrund der Vielzahl von Einflussfaktoren wie z.B. Bevölkerungsentwicklung, Produktivität der Landwirtschaft, Wirtschaftlichkeit bestimmter Standorte, äußerst komplex. In der Forschung werden die Potenziale von zusätzlich zur Verfügung stehenden Flächen in einer Bandbreite von ca. 100 Mio. ha bis über 400 Mio. ha diskutiert. Diese bisher ungenutzten Flächen könnten bis Mitte des Jahrhunderts für die landwirtschaftliche Nutzung gewonnen werden, ohne dass Flächen für die Nahrungsmittelproduktion oder Schutzflächen für ökologisch besonders wertvolle Gebiete beschnitten würden. Die maximale Variante, d.h. ein globales Flächenpotenzial von 400 Mio. ha, umfasst mehr als das gesamte Staatsgebiet von Indien bzw. entspricht der 24fachen landwirtschaftlichen Nutzfläche Deutschlands.

#### Möglichkeiten zur Reduktion von Flächenkonkurrenzen

Bei Ausweitung des Anbaus von Energiepflanzen können Flächen- und Nutzungskonkurrenzen mit der Nahrungs- und Futtermittelproduktion auftreten. Dieser Konflikt kann durch folgende Entwicklungen entschärft werden.

- Ertragssteigerungen der Energiepflanzen durch Pflanzenzüchtung und optimierten Anbau z.B. Mischfruchtanbau und Zweikultursysteme
- Ertragssteigerungen bei Futter- und Nahrungsmittelpflanzen
- Förderung von Kurzumtriebsplantagen
- effizientere Nutzung von Bioenergieträgern, z.B. in Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)
- Nutzung von Reststoffen als „flächenneutrale“ Biomasse

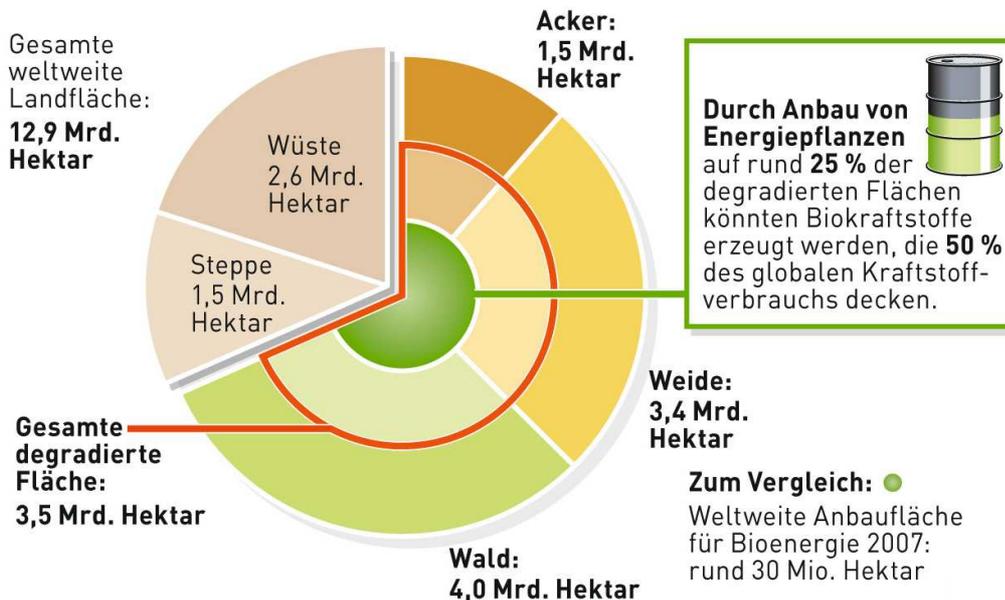
Global ist eine Steigerung der Agrarproduktion möglich, ohne Flächenkonkurrenzen zu verschärfen. Im Gegenteil: der Anbau von Energiepflanzen kann dazu beitragen, neue Flächenpotenziale zu erschließen:

- Die Steigerung der Getreideproduktion bis 2030 um 50 bis 100 Prozent auf der bestehenden Agrarfläche ist in vielen Schwellen- und Entwicklungsländern realistisch. Der heutige globale Durchschnittsertrag liegt mit 3 Tonnen pro Hektar unter der Hälfte des Ertrages in Deutschland und anderen europäischen Ländern. Weltweit sind große Ertragssprünge zu erwarten. Voraussetzung ist, dass in die landwirtschaftliche Produktion investiert wird sowie angepasste Anbaukonzepte umgesetzt werden, um die Erträge deutlich zu steigern.
- Forschungsprojekte, wie z.B. das *SAFE-World Research Project* zeigen, dass in den Tropen durch verbesserte und nachhaltige Anbaumethoden ohne den intensiven Einsatz von synthetischen Düngern und Pestiziden große Ertragszuwächse möglich sind.
- Die Ertragssteigerungspotenziale sind besonders in den Tropen sehr hoch. Die durchschnittliche landwirtschaftliche Produktion pro Hektar beträgt z.B. in Afrika nur ein Drittel des durchschnittlichen Weltniveaus.
- Forschungsprojekte zeigen, dass insbesondere durch Steigerung des Kohlenstoffanteils im Boden (durch Humus oder Holzkohle) die Erträge stark gesteigert werden können. Diese Ergebnisse widerlegen Befürchtungen, dass eine Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion immer zu erhöhten Treibhausgasemissionen und negativen Umwelteffekten führt.
- Der Weltagrarbericht (IAASTD) empfiehlt lokal angepasste, diversifizierte Anbaukonzepte, die auch ohne synthetische Düngemittel und Pestizide mehr Ertrag von der Fläche holen können. Dort, wo Kleinbauern über ausreichend Land, Wasser, Geld und Werkzeug verfügen, können sie ihre Produktivität und Effizienz auch nachhaltig steigern.

### **Anbau von Energiepflanzen und Schutz wertvoller Ökosysteme**

Der Anbau von Energiepflanzen kann in Schwellen- und Entwicklungsländern direkte oder indirekte Verdrängungseffekte auslösen. Werden Anbauflächen ausgedehnt, droht die Vernichtung ökologisch wertvoller Regenwälder, Savannen und Moore. Die Europäische Union hat auf solche Entwicklungen reagiert und Nachhaltigkeitskriterien für Bioenergie innerhalb der EU-Richtlinie zur Förderung Erneuerbarer Energien (2009/28/EG) erstellt. In der Richtlinie wurde festgelegt, dass flüssige Bioenergieträger den in der Richtlinie aufgestellten Nachhaltigkeitskriterien entsprechen müssen. Mit der Nachhaltigkeitsverordnung für flüssige Bioenergieträger hat die Bundesregierung diese Vorgaben in nationales Recht umgesetzt. Seit Januar 2011 müssen Anbieter von flüssigen Bioenergieträgern, d.h. Biokraftstoffen sowie Pflanzenölen für die Strom- und Wärmeproduktion die Einhaltung der Nachhaltigkeitskriterien mittels Zertifizierungssystemen nachweisen. Das wichtigste Kriterium ist die Treibhausgasreduktion. Wer flüssige Bioenergieträger im EU-Markt nutzen will, muss mindestens 35 Prozent Treibhausgasemissionen (ab 2017: 50 Prozent) gegenüber fossilen Kraftstoffen reduzieren. Zudem ist die Nutzung von Biomasse aus Naturschutzgebieten, internationalen Schutzgebieten und Gebieten mit hoher Biodiversität (z.B. Savanne) und hohem Kohlenstoffgehalt (z.B. Moore) nicht zulässig. Damit sind so genannte „no-go-areas“ definiert. Wird kein Nachweis über Einhaltung dieser Kriterien erbracht, dürfen Biokraftstoffe nicht auf das EU-Ziel eines Anteils von 10 Prozent Erneuerbaren Energien im Verkehrssektor (2020) angerechnet werden. Sie sind damit de facto von nationalen Förderprogrammen ausgeschlossen. Nicht zertifizierte flüssige Bioenergieträger haben in Deutschland z.B. keinen Anspruch auf die Vergütung im Rahmen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes. Sie dürfen auch nicht auf die Mindestquoten für Biokraftstoffe angerechnet werden, die für den Kraftstoffhandel gelten. Eine weitere Verschärfung sehen Kommissionsvorschläge vom Herbst 2012 vor.

## Geringer Flächenbedarf für hohe Anteile von Biokraftstoffen



Quelle: FAO; Metzger und Hüttermann, 2/2009

Durch die vorrangige Nutzung von Biokraftstoffen auf degradierten Flächen kann die Flächenkonkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion und die Rodung von Waldgebieten vermieden werden. Nach Erhebungen der FAO sind über 3,5 Mrd. ha Fläche weltweit degradiert. Das sind 40 Prozent der weltweiten Acker-, Weide und Waldfläche. Um die Hälfte des heutigen globalen Kraftstoffverbrauchs zu decken, wäre der Anbau von Energiepflanzen auf einem Viertel der degradierten Fläche ausreichend. Diese Berechnung macht mit einem durchschnittlichen Pflanzenöl- bzw. Bioethanolertrag von 1,2 t Rohöläquivalent/ha eine sehr konservative Abschätzung der Biomasseerträge. Die heutigen maximalen Pflanzenöl- bzw. Bioethanolerträge können über 5 t Rohöläquivalent und die Bioethanolerträge über 4 t Rohöläquivalent betragen. Auch Forschungsarbeiten in Mexiko zeigen, dass sehr hohe Bioenergieerträge nicht auf die feuchten Tropen begrenzt sind. Anbauversuche mit Agaven mit sehr hohem Zuckergehalt haben unter semiariden Bedingungen Bioethanolerträge von über 4,75 t Rohöläquivalent ergeben.

### Jatropha: Keine Wunderpflanze

Für den nachhaltigen Anbau von Energiepflanzen sind erhebliche Forschungsanstrengungen notwendig, um die Vielfalt von über 2.000 für die Pflanzenöl- und Bioethanolproduktion geeigneten Pflanzen zu nutzen. Dabei kann es jedoch keine „Wunderpflanzen“ geben. Stets müssen standortangepasste Energiepflanzen entwickelt werden. Die Diskussion um die Ölpflanze *Jatropha Curcas* zeigt die Probleme von Strategien im Bioenergiesektor, die nur auf eine einzelne Pflanze setzen:

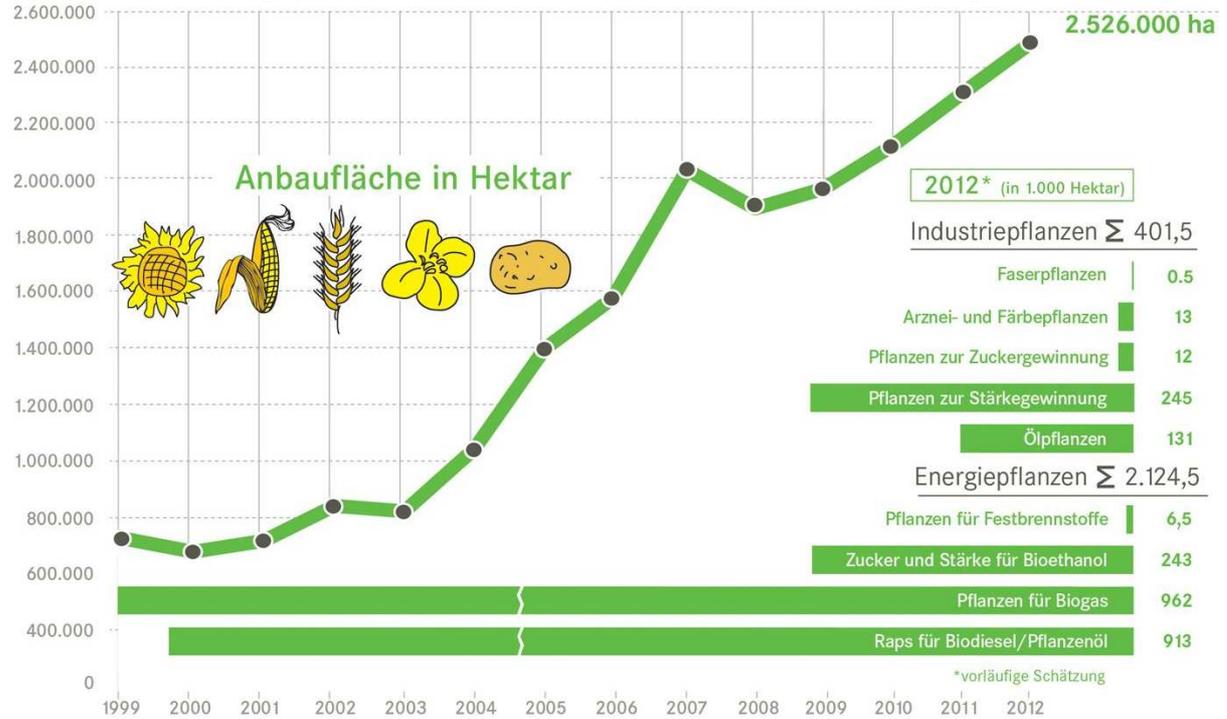
- Es gibt bislang noch wenige Erfahrungen mit der Kultivierung der Wildpflanze Jatropha.
- Die Pflanze kann zwar auf marginalen Böden in trockenen Klimazonen wachsen. Sie bringt aber nur hohe Erträge auf guten Standorten mit ausreichender Wasserversorgung. Es gibt zahlreiche Schädlinge, die Jatrophapflanzen befallen können und den Einsatz von Pestiziden erfordern.
- Der Anbau ist sehr arbeitsintensiv; insbesondere durch die sehr aufwendige manuelle Ernte. Um einen Liter Öl zu gewinnen, müssen bis zu 2.000 Jatrophafrüchte einzeln geerntet werden. Daher ist bisher der Anbau nur in Ländern mit Lohnkosten von unter 1-2 US-Dollar pro Tag wirtschaftlich.
- Während der Anbau von Jatrophapflanzen erheblicher Forschungsanstrengungen bedarf, wird die Ölpalme dagegen seit mehreren Jahrzehnten erfolgreich unter ähnlichen Bedingungen angebaut. Die Ölpalme hat mit gleichen Anbaubedingungen einen drei- bis vierfach höheren Ertrag als Jatropha.

## Nutzung und Potenziale von Energiepflanzen in Deutschland

Im Jahr 2012 wurden in Deutschland auf rund 2,1 Mio. ha Fläche Energiepflanzen angebaut. Bis 2004 lag die Anbaufläche noch bei unter 1 Mio. ha, um dann bis zum Jahr 2007 auf 1,8 Mio. ha anzusteigen.

### Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland

Anbaufläche für Energiepflanzen und für Industriepflanzen (stoffliche, nicht-energetische Nutzung)



Quelle: FNR, 8/2012

Bis zum Jahr 2020 könnte sich diese Anbaufläche auf ca. 4 Mio. ha verdoppeln. Je nach Annahmen zu Ertragssteigerungen, Nachfrageentwicklung, ökologischen Einschränkungen und Anbaumix werden in der wissenschaftlichen Literatur große Bandbreiten von Flächenpotenzialen in Deutschland diskutiert.

Autor	Szenario	Anbaufläche für Energiepflanzen	
		2020	2030
Fritsche/Öko-Institut u.a. 2004	Referenz	2,5 Mio. ha	3,5 Mio. ha
	Umwelt	1,9 Mio. ha	3,0 Mio. ha
	Biomasse	3,5 Mio. ha	4,4 Mio. ha
Thrän/IE Leipzig 2005	current policy	7,3 Mio. ha	
	umweltorientiert	5,2 Mio. ha	
Zeddies/Universität Hohenheim 2006		5,2 Mio. ha	
Bringezu/Wuppertal-Institut 2009		3,5 Mio. ha	3,7 Mio. ha
Thrän/DBFZ 2010	Business-as-usual	3,3 Mio. ha	
	Bioenergie	3,9 Mio. ha	
	Bioenergie & Umwelt	2,7 Mio. ha	
DBFZ/Universität Hannover 2011	Basis		4,2 Mio. ha
	Umwelt		3,5 Mio. ha
Zeddies/Universität Hohenheim 2012	Referenz	4,2 Mio. ha	5,5 Mio. ha

Quelle: FNR, 3/2013; eigene Darstellung

Im Folgenden sollen die Annahmen beschrieben werden, deren Klärung für eine methodisch korrekte Abschätzung der Energiepflanzenpotenziale notwendig sind. Daraus ergeben sich die in den oben dargestellten Forschungsprojekten ermittelten Differenzen hinsichtlich der potenziellen Anbauflächen.

### **Wie viele Energiepflanzen können geerntet werden?**

Es gibt zahlreiche Variablen, die Einfluss auf die potenzielle Anbaufläche für Energiepflanzen und auf die Menge der Biomasse haben. Am offensichtlichsten ist die Frage nach dem Umfang der Anbaufläche für Energiepflanzen: Inwiefern können und wollen Landwirte in welchen Regionen und in welchem Zeithorizont neben ihren Flächen für die Futter- und Nahrungsmittelproduktion Anbauflächen für Energiepflanzen bereitstellen?

Um das Potenzial zu erweitern, muss nicht zwangsläufig mehr Anbaufläche bereitgestellt werden. Es kann in vielen Fällen auch mehr Biomasse vom selben Hektar gewonnen werden, da mit steigenden Erträgen sowohl im Energiepflanzenanbau selbst, als auch im Ackerbau allgemein zu rechnen ist. Die Anbaufläche für Energiepflanzen kann daher erweitert werden, ohne die Selbstversorgung mit Nahrungs- und Futtermitteln in Frage zu stellen. Da bis 2020 mit einer abnehmenden Bevölkerung und damit auch sinkender Nachfrage zu rechnen ist, während gleichzeitig die Erträge je Hektar leicht steigen, können zusätzliche Flächen für den Anbau von Energiepflanzen „frei werden“.

Im Gegenzug wird neben den Flächenverlusten durch Ausweitung von Siedlungs- und Verkehrsflächen auch die Zunahme der Naturschutzflächen und des extensiven ökologischen Landbaus berücksichtigt. Diese Effekte gehen zulasten von Erträgen bzw. Anbauflächen für Energiepflanzen.

Sind diese Annahmen geklärt, können sich wiederum große Unterschiede ergeben in Abhängigkeit vom Energiepflanzenmix, der auf der Anbaufläche der Zukunft wachsen soll – schließlich gibt es je nach Region und Anbaukonzept sehr große Unterschiede bei den Erträgen von Mais, Sonnenblumen & Co. für die Bioenergiebereitstellung. Entscheidend ist neben dem Umfang der zur Verfügung stehenden Acker- und Grünlandflächen auch deren regional unterschiedliche Bodenqualität.

### **Welche Energiepflanzen wofür einsetzen?**

Aus den geernteten Energiepflanzen können unterschiedliche Bioenergieträger für unterschiedliche Bioenergieanlagen gewonnen werden, um Endenergie in Form von Strom und/oder Wärme bzw. Kraftstoff bereitzustellen. Wenn das Potenzial der Bioenergie abgeschätzt wird, ist auch die Frage entscheidend, wie die Biomasse auf die verschiedenen Nutzungsformen Strom, Wärme und Kraftstoffe aufgeteilt wird: Sollen z.B. die Rapssamen, nachdem aus ihnen in der Ölmühle Pflanzenöl gewonnen wurde, zur Strom- und Wärmeproduktion in einem Pflanzenöl-BHKW eingesetzt werden oder zu Biodiesel weiterverarbeitet werden? Auch die Nutzung der beim Produktionsprozess anfallenden Koppelprodukte wie Rapsschrot muss berücksichtigt werden. Dieses dient z.B. als hochwertiges Futtermittel in der Viehzucht (vgl. S. 7). Glycerin, das bei der Biodieselproduktion anfällt, wird als Rohstoff in der chemischen Industrie weiterverwendet.

### **Wie effizient werden Energiepflanzen eingesetzt?**

Wenn das Potenzial von Energiepflanzen und der sich daraus ergebende Beitrag von Bioenergie zur Energieversorgung abgeschätzt wird, muss geklärt werden, welche Verluste bei der Gewinnung von Bioenergieträgern auftreten sowie anschließend bei deren Nutzung in den unterschiedlichen

Bioenergieanlagen. Ob durch Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) in Blockheizkraftwerken gleichzeitig Strom und Wärme erzeugt wird, ist für den Beitrag von Biogas zur Energieversorgung sehr wichtig. Wird die bei der Stromerzeugung anfallende Abwärme nicht genutzt, wird ein großer Teil des Potenzials verschwendet.

Wie hoch dann der Anteil der Bioenergie am Strom-, Wärme- und Kraftstoffverbrauch ausfällt, wird wiederum beeinflusst von der angenommenen Verbrauchsmenge: Unter der Voraussetzung, dass z.B. ein Großteil der Wohngebäude vorbildlich gedämmt ist, kann Bioenergie im Wärmebereich umso höhere Anteile des Gesamtverbrauchs abdecken. Wenn auf den Straßen immer mehr Fahrzeuge mit hohem Kraftstoffverbrauch rollen, wird es umso schwerer, größere Anteile des Gesamtverbrauchs durch ein gleichbleibendes oder gesteigertes Angebot von Biokraftstoffen abzudecken.

### **Energiepflanzen-Potenziale in den Bundesländern**

Beispielhaft werden in diesem Kapitel abschließend die regionalen Potenziale von Energiepflanzen in Deutschland dargestellt. Karten und Datengrundlage entstammen dem Potenzialatlas „Bioenergie in den Bundesländern“, den die Agentur für Erneuerbare Energien im Januar 2013 herausgegeben hat. Der Potenzialatlas beruht auf einem umfangreichen Forschungsprojekt des Deutschen Biomasseforschungszentrums (DBFZ).

Das Potenzial der Energiepflanzen umfasst alle landwirtschaftlichen Kulturen, die zum Zweck der Strom-, Wärme- oder Biokraftstoffproduktion auf **Ackerflächen** angebaut werden. Energiepflanzen sind der wichtigste Einsatzstoff für Biogas-, Biodiesel- und Bioethanolanlagen. Außerdem kann auch der Ertrag von **Grünlandflächen**, d.h. Gras, in Biogasanlagen genutzt oder verbrannt werden. In dem bewusst sehr konservativ gewählten Beispielszenario stehen im Jahr 2020 insgesamt 2,7 Mio. ha Anbaufläche für Energiepflanzen in Deutschland zur Verfügung.

Werden auf diesen Flächen vor allem ertragreiche Energiepflanzen angebaut, kann das Bioenergie-Potenzial nochmals gesteigert werden. Bei der Abschätzung des Potenzials der Energiepflanzen wird von einem bestimmten Anbaumix ausgegangen. Neben sehr ertragreichen Energiepflanzen wie Mais und schnellwachsenden Hölzern aus Kurzumtriebsplantagen (KUP) werden Getreide und Raps sowie in geringerem Umfang Zuckerrüben und Sonnenblumen angebaut.

#### **Potenzialatlas „Bioenergie in den Bundesländern“ der Agentur für Erneuerbare Energien**

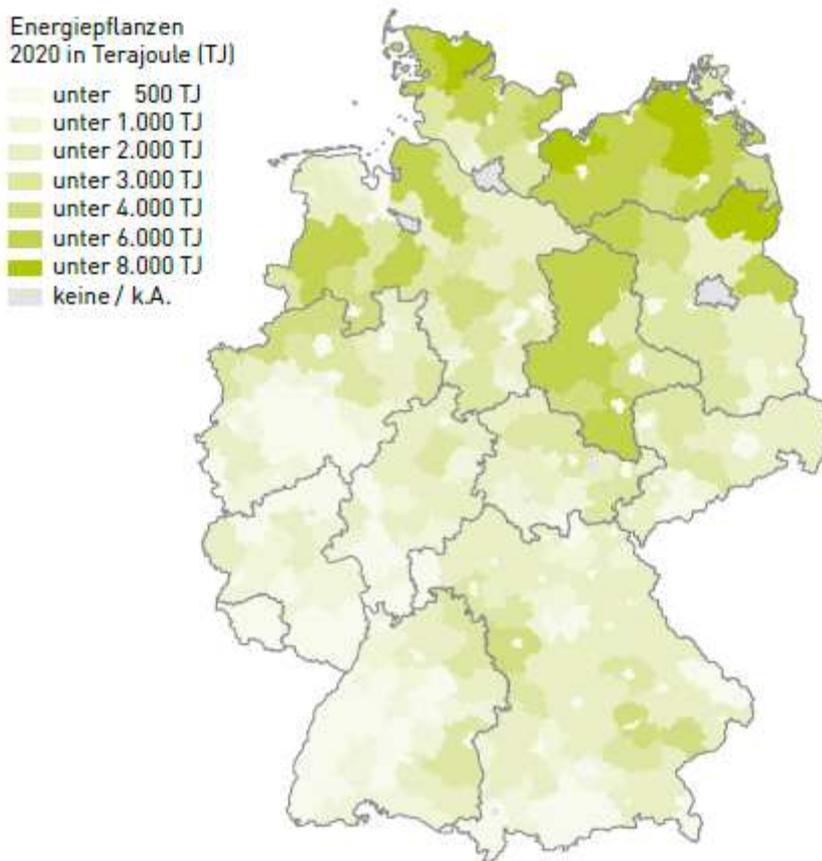
Methodik und Berechnungsgrundlagen zur Ermittlung der Bioenergie-Potenziale durch das Deutsche Biomasseforschungszentrum (DBFZ) werden detailliert dokumentiert im umfassenden Endbericht des Projektes: DBFZ: Globale und regionale räumliche Verteilung von Biomassepotenzialen. Status Quo und Möglichkeit der Präzisierung. Anhang I – Regionale Biomassepotenziale. Leipzig, März 2010.

Bei der Abschätzung der Energiepflanzen-Potenziale der Landkreise werden deren Anbaubedingungen berücksichtigt, d.h. ihre durchschnittlichen Ernteerträge, die örtliche Bodenqualität, Niederschläge, der spezifische Anbaumix und das Verhältnis von Acker- und Grünlandflächen. Für die Zukunft werden in Abhängigkeit von diesen Anbaubedingungen aufgrund von verbesserten Anbauverfahren und Fortschritten bei der Energiepflanzenzüchtung Ertragssteigerungen angesetzt. Grundsätzlich wird die Versorgung Deutschlands mit Nahrungs- und Futtermitteln durch den zusätzlichen Energiepflanzenanbau nicht in Frage gestellt.

Die Fläche der Naturschutz- und Überschwemmungsgebiete kommt nicht für den Energiepflanzenanbau in Frage. Gibt es in einem Landkreis Wasserschutzgebiete oder Biosphärenreservate, so wird angenommen, dass auf diesen Flächen ein extensiver Anbau betrieben wird, der zu Ertragsminderungen führt.

Das Bioenergie-Potenzial aus dem Aufwuchs von Grünland wurde vom DBFZ abgeleitet und aktualisiert auf Grundlage von Ergebnissen des Projektes „Identifizierung strategischer Hemmnisse und Entwicklung von Lösungsansätzen zur Reduzierung der Nutzungskonkurrenzen energetischer Biomassennutzung“. Damit kann auch eine detaillierte Abschätzung des technischen Brennstoffpotenzials von Grünlandaufwuchs, d.h. von Gras, auf der Ebene der Bundesländer gegeben werden. Die regional variierenden Potenziale werden durch die Nachfrage nach Tierfutter beeinflusst. Es wird davon ausgegangen, dass kein Umbruch von Grünland zu Ackerland stattfindet.

## Technisches Brennstoffpotenzial von Energiepflanzen 2020



Quelle: DBFZ/AEE 1/2013

Insgesamt stehen den DBFZ-Berechnungen zufolge im Jahr 2020 mindestens 540.000 Terajoule Primärenergie aus Energiepflanzen für den Einsatz in Bioenergieanlagen zur Verfügung. Damit bilden Energiepflanzen nach Energieholz das zweitwichtigste Potenzial für die Versorgung mit Strom-, Wärme- und Kraftstoffen aus Bioenergieträgern. Sie liefern rund 40 Prozent des Beitrags der Bioenergie zur deutschen Energieversorgung. Dieser könnte sich den DBFZ-Szenarien zufolge im Jahr 2020 auf mindestens 13 bis 15 Prozent belaufen und damit annähernd verdoppeln.

## Quellen und weitere Informationen

Agentur für Erneuerbare Energien (AEE): Potenzialatlas Bioenergie in den Bundesländern. Berlin, Januar 2013.

AEE: Der volle Durchblick in Sachen Energiepflanzen, Mai 2012.

AEE: Der volle Durchblick in Sachen Bioenergie, Februar 2012.

AEE: Erneuerbare Energien 2020. Potenzialatlas Deutschland. Berlin, Dezember 2009.

AEE: Globale Bioenergienutzung – Potentiale und Nutzungspfade, Juni 2009.

Alterra u.a.: Review of existing information on the interrelations between soil and climate change (CLIMSOIL). Final Report for the European Commission. Wageningen, Dezember 2008.

Aretz, Astrid/Hirschl, Bernd: Biomassepotenziale in Deutschland. Übersicht maßgeblicher Studienergebnisse und Gegenüberstellung der Methoden. Dendrom-Diskussionspapier Nr. 1. Eberswalde, März 2007.

Berendes, Göran: The contribution of biomass in the future global energy supply: a review of 17 studies. In: Biomass and Bioenergy, 25/2003, S 1-28.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)/Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV): Nationaler Biomasseaktionsplan für Deutschland, April 2009  
[www.bmelv.de](http://www.bmelv.de), [www.bmu.de](http://www.bmu.de)

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (Hg.): Globale und regionale Verteilung von Biomassepotenzialen. Status-quo und Möglichkeiten der Präzisierung. BMVBS-Online-Publikation 27/2010. Bonn, November 2010.

Dauber J. u.a.: Bioenergy from "surplus" land: environmental and socio-economic implications. In: BioRisk 7: 5-50, doi: 10.3897/biorisk.7.3036, Oktober 2012.

Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ)/Leibniz-Universität Hannover – Institut für Umweltplanung: Identifizierung strategischer Hemmnisse und Entwicklung von Lösungsansätzen zur Reduzierung der Nutzungskonkurrenzen beim weiteren Ausbau der Biomassenutzung. DBZF-Report Nr. 4, Leipzig/Hannover, Juli 2011.

DBFZ: Globale und regionale räumliche Verteilung von Biomassepotenzialen. Status Quo und Möglichkeit der Präzisierung. Leipzig, März 2010.

DBFZ: Globale und regionale räumliche Verteilung von Biomassepotenzialen. Anhang I – Regionale Biomassepotenziale. Leipzig, März 2010.

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR)  
[www.fnr.de](http://www.fnr.de), [www.energiepflanzen.info](http://www.energiepflanzen.info)

Fritsche, Uwe und Wiegmann, Kirsten.: Treibhausgasbilanzen und kumulierter Primärenergieverbrauch von Bioenergie-Konversionspfaden unter Berücksichtigung möglicher Landnutzungsänderungen. Externe Expertise für das WBGU-Hauptgutachten "Welt im Wandel: Bioenergie und nachhaltige Landnutzung". Berlin, Oktober 2008.

Institut für Energetik und Umwelt (IE): Möglichkeiten einer europäischen Biogas-Einspeisungsstrategie. Leipzig 2007.

Lahl, Uwe: Ölwechsel. Biokraftstoffe und nachhaltige Mobilität. Berlin 2009.

Öko-Institut u.a.: Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse. Endbericht. Verbundprojekt gefördert vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Darmstadt 2004.

Pretty, J. und Hine, R. 2001: Reducing Food Poverty with Sustainable Agriculture: A Summary of New Evidence. Finaler Bericht. SAFE-World Research Project. Colchester, Februar 2001.

Schütte, Andreas: Biomassepotenziale. Möglichkeiten der Optimierung der nachhaltigen Biomassennutzung. Vortrag, FNR-/BMELV-Kolloquium "Möglichkeiten zur Optimierung der nachhaltigen Biomassennutzung unter Berücksichtigung der Ernährungssicherung", Berlin, 19. März 2013.

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU): Welt im Wandel: Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung. Berlin, November 2008.

Zukunftsstiftung Landwirtschaft (Hg.): Wege aus der Hungerkrise. Die Erkenntnisse des Weltagrарberichtes und seine Vorschläge für eine Landwirtschaft von morgen. Bochum, Oktober 2009.

Zeddies, Jürgen, u.a.: Globale Analyse und Abschätzung des Biomasse-Flächennutzungspotentials. Universität Hohenheim, August 2012.

## In der Reihe RENEWS Spezial sind bisher erschienen:

Titel der Ausgabe	Nr.	Datum
Holzenergie - Bedeutung, Potenziale, Herausforderungen	66	April 13
Anbau von Energiepflanzen - Umweltauswirkungen, Nutzungskonkurrenzen und Potenziale	65	April 13
Reststoffe für Bioenergie nutzen - Potenziale, Mobilisierung und Umweltbilanz	64	April 13
Erneuerbare Wärme - Klimafreundlich, wirtschaftlich, technisch ausgereift	63	Jan 13
Planungsrecht & Erneuerbare Energien	62	Dez 12
Bundesländervergleich Erneuerbare Energien 2012	61	Dez 12
Akzeptanz und Bürgerbeteiligung für Erneuerbare Energien	60	Nov 12
Intelligente Verknüpfung von Strom- und Wärmemarkt	59	Nov 12
„Smart Grids“ für die Stromversorgung der Zukunft	58	Juni 12
Strom speichern	57	März 12
Akzeptanz Erneuerbarer Energien in der deutschen Bevölkerung	56	März 12
Nachhaltigkeit von Bioenergie und fossilen Energieträgern im Vergleich	55	Jan 12
Biokraftstoffe - Rahmenbedingungen, Klima- und Umweltbilanz, Marktentwicklungen	54	Jan 12
Zertifizierung von Bioenergie - Wie Nachhaltigkeit in der Praxis funktioniert	53	Dez 11
Kosten und Preise für Strom	52	Sep 11
Konflikte und Risiken der Energieversorgung - Erneuerbare Energien als Beitrag zu Ressourcenversorgung und Energiesicherheit	51	Feb 11
Erneuerbare im Netz - Die notwendige Anpassung der Versorgungsinfrastruktur	50	Feb 11
Klima- und Umweltschutz durch Erneuerbare Energien	49	Feb 11
Erneuerbare Energien - Ein Gewinn für den Wirtschaftsstandort Deutschland	48	Jan 11
Erneuerbare Wärme - Klimafreundlich, wirtschaftlich, technisch ausgereift	47	Jan 11
Kommunale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien	46	Dez 10
Solarparks - Chancen für die Biodiversität	45	Dez 10
Bundesländervergleich Erneuerbare Energien 2010	44	Nov 10
Holzenergie - Bedeutung, Potenziale, Herausforderungen	43	Okt 10
Erneuerbare Energien - Mehr Unabhängigkeit vom Erdöl	42	Sep 10
20 Jahre Förderung von Strom aus Erneuerbaren Energien in Deutschland - eine Erfolgsgeschichte	41	Sep 10
Kosten und Potenziale von Photovoltaik und solarthermischen Kraftwerken	40	Aug 10
Kommunale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien	39	Aug 10
Biokraftstoffe - Marktentwicklung, Klima- und Umweltbilanz und Nutzungskonkurrenzen	38	Aug 10
Innovationsentwicklung der Erneuerbaren Energien	37	Juli 10
Daten und Fakten Biokraftstoffe 2009	36	Juli 10
Grundlastkraftwerke und Erneuerbare Energien - ein Systemkonflikt?	35	Juni 10
Anbau von Energiepflanzen	34	Juni 10
Erneuerbare Energien und Elektromobilität	33	Juni 10
Wirtschaftsfaktor Erneuerbare Energien in Deutschland	32	Juni 10
Akzeptanz der Erneuerbaren Energien in der deutschen Bevölkerung	31	Mai 10
Erneuerbare Elektromobilität	30	April 10
Strom speichern	29	April 10
Kosten und Nutzen des Ausbaus Erneuerbarer Energien	28	März 10
10 Jahre Erneuerbare-Energien-Gesetz - 20 Jahre Stromeinspeisungsgesetz	27	März 10
Kosten und Preise für Strom - Fossile, Atomstrom und Erneuerbare Energien im Vergleich	26	Feb 10
Häuslebauer nehmen Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz gut an Umfrage unter 500 Bauunternehmen, Planungs- und Architekturbüros	24	Jan 10
Erneuerbare Energien in der Fläche	23	Jan 10
Reststoffe für Bioenergie nutzen	22	Jan 10
Regionale Wertschöpfung durch die Nutzung Erneuerbarer Energien	21	Dez 09
Biogas - Daten und Fakten 2009 - Energiebereitstellung	20	Nov 09

Siehe auch: <http://www.unendlich-viel-energie.de/de/service/mediathek/renewsspezial.html>

**Agentur für Erneuerbare  
Energien e. V.**

Reinhardtstr. 18  
10117 Berlin

Tel.: 030-200535-3

Fax: 030-200535-51

[kontakt@unendlich-viel-energie.de](mailto:kontakt@unendlich-viel-energie.de)

ISSN 2190-3581

[www.unendlich-viel-energie.de](http://www.unendlich-viel-energie.de)

