

# Bioenergie

Nachwuchs für Deutschland



© Öko-Institut e.V.  
Institut für angewandte Ökologie  
*Freiburg, Darmstadt, Berlin 2004*

*Gestaltung und Grafik* 3f design, Darmstadt – [www.3fdesign.de](http://www.3fdesign.de)  
*Gedruckt auf 100% Altpapier*



*Ministervorwort* Um bis 2020 das Ziel zu erreichen, mindestens 20% des Stroms und 10% der Primärenergie aus erneuerbaren Energiequellen zu decken, führt kein Weg an einer verstärkten Nutzung der Biomasse vorbei. Jeweils ca. 10% an Strom, Wärme und Kraftstoff für PKW könnten bis 2020 allein aus Biomasse erzeugt werden.

Aufgrund ihres hohen Potenzials für die Energieerzeugung bietet die Biomasse große Chancen für den Klimaschutz durch Einsparung von Treibhausgasen. Gleichzeitig bietet sie langfristige Perspektiven für über 200.000 Arbeitsplätze, insbesondere im strukturschwachen ländlichen Raum. Daher werden wir die Biomasse zukünftig verstärkt fördern.

Die hohe Variabilität im Einsatz und ihre Speicherefähigkeit sind weitere Vorteile der Biomasse. Andererseits ist es nicht leicht, aus der Vielzahl an Technologien die effizientesten Alternativen mit den besten Entwicklungschancen zu identifizieren. Die vorliegende Broschüre stellt eine dreijährige Studie über die zukünftigen Chancen verschiedenster Technologien hinsichtlich Arbeitsplätzen, Kosten und Klima- und Naturschutz vor. Die Ergebnisse weisen uns den Weg für einen nachhaltigen Ausbau der Biomassenutzung in der Zukunft.



Jürgen Trittin

Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

## Inhalt

2

<i>Seite 1</i>	Ministervorwort
<i>Seite 3</i>	Einführung
<i>Seite 5</i>	Biomassepotenzial und Kosten
<i>Seite 9</i>	Beschäftigung
<i>Seite 11</i>	Szenarioannahmen
<i>Seite 15</i>	Technikbewertung
<i>Seite 17</i>	Wärme, Strom und KWK
<i>Seite 21</i>	Mitverbrennung
<i>Seite 23</i>	Mobilität
<i>Seite 25</i>	Zusammenfassung Technik
<i>Seite 26</i>	Empfehlungen
<i>Seite 32</i>	Forschungspartner

## Eine Renaissance

*Die Bundesregierung setzt auf erneuerbare Energien.*

*Die Langfristziele lauten: Mind. 20% Strom bis 2020 und 50% der Energieversorgung bis 2050 erreichen.*

*Biomasse ist kohlenstoffhaltige Materie.*

*Doch entsteht bei ihrer Verbrennung nur soviel CO<sub>2</sub>, wie zuvor durch das Pflanzenwachstum aus der Luft gebunden wurde.*

*Gefördert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit*

Regenerative Energien sind gut für's Klima – darum will die Bundesregierung deren Anteil bis 2010 gegenüber 2000 verdoppeln, beim Strom auf mindestens 12,5% und auf mindestens 4% der Primärenergie.

Langfristig sind ehrgeizigere Ziele möglich – bis ins Jahr 2030 können erneuerbare Energien fast ein Viertel des deutschen Energiebedarfs decken. Dabei bringt die Biomasse den Löwenanteil. Eine wiederentdeckte Energiequelle rückt ins Rampenlicht.

Bereits heute wird Energie aus Biomasse erzeugt, überwiegend beim Heizen mit Waldholz im heimischen Kamin und durch die Nutzung von Reststoffen in großen Energieanlagen, z. B. in der Holzindustrie. Kaum erschlossen sind dagegen die Potenziale der Landwirtschaft, auch Forst und Abfallwirtschaft könnten mehr liefern als bisher. Dabei gibt es gute Argumente das Angebot zu nutzen: Bioenergie entlastet die Umwelt, schafft Arbeitsplätze und stärkt die regionale Wirtschaft.

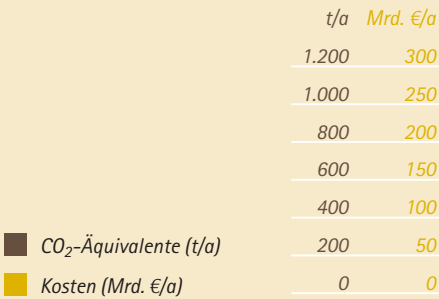
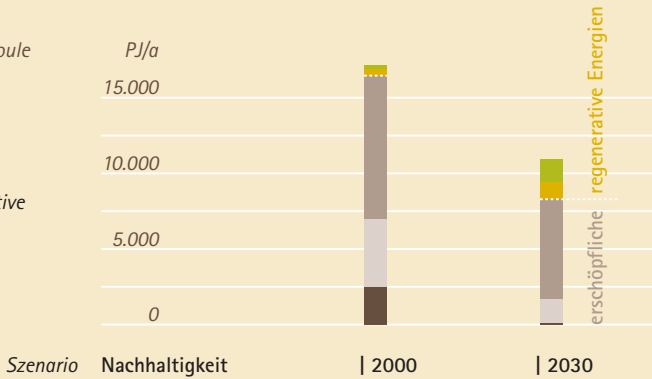
Welchen Stellenwert wird die Biomasse in Zukunft in unserer Energieversorgung haben? Welche Technologien setzen sich durch? Was kostet der Ausbau und wie groß sind Umwelt- und Beschäftigungseffekte?

Auf diese Fragen haben die Forscher des Stoffstromprojekts Biomasse Antworten gefunden und blicken dafür bis ins Jahr 2030. Diese Broschüre stellt die wichtigsten Aspekte dar und gibt Empfehlungen für die Politik.

## Energiemix heute und morgen

4

Petajoule (PJ) =  $10^{15}$  Joule



Grafik oben:  
Energiebedarf und Anteil regenerativer Energien in Deutschland im Szenario Nachhaltigkeit

Grafik unten:  
Emissionen von Treibhausgasen und Kosten (ohne Kosten für Energiesparmaßnahmen)

## Das wäre wenn ...

*Bis 2012 sollen die Emissionen von Treibhausgasen um 21% gegenüber 1990 gemindert werden (Kioto-Ziel).*

*Die Regierung sieht eine Senkung um 40% bis 2020 vor.*

*In den Ergebnissen des Stoffstromprojekts rückt selbst das Langfristziel mit Minus 80% bis 2050 in den Bereich des Machbaren!*

*Neben dem Ausbau regenerativer Energien ist Energiesparen das zweite Standbein für eine nachhaltige Energieversorgung. Darum ist das 'Wegsparen' alter Kraftwerke ebenso wichtig wie deren Ersatz durch moderne Anlagen.*

*Hier wurden nur solche Einsparmöglichkeiten berücksichtigt, die sich volkswirtschaftlich rechnen.*

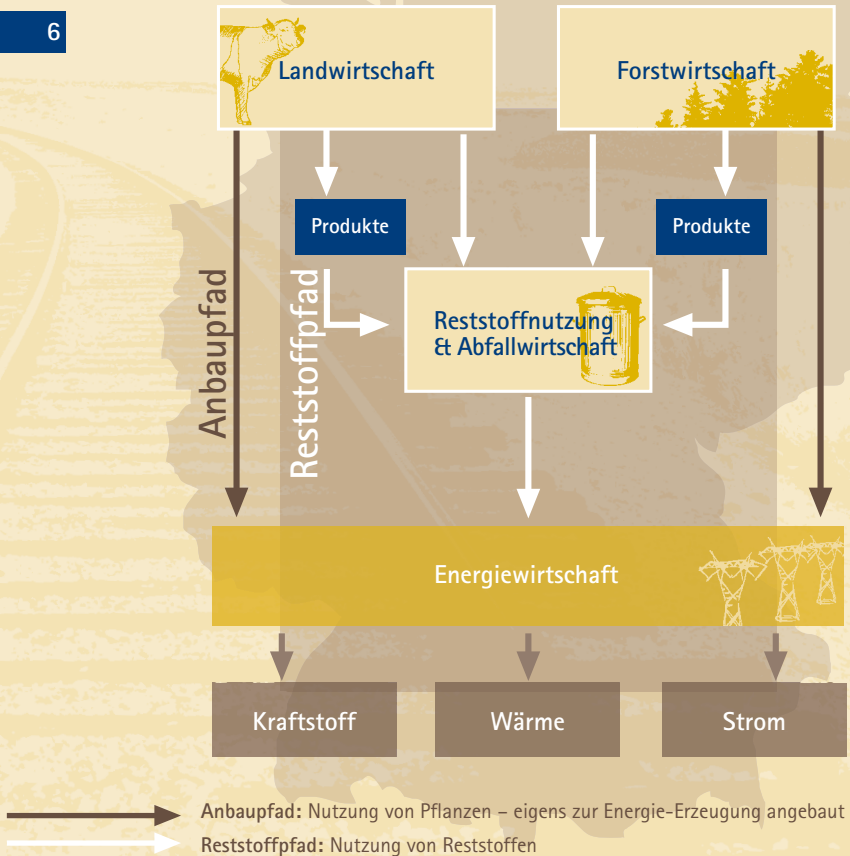
*Business as usual* und wir werden die Klimaschutzziele verfehlen, denn nachdem die Emissionen von Treibhausgasen in den 90er Jahren deutlich gesunken sind, stagnieren sie seitdem.

Ganz anders sehen Szenarien aus, die mit der Nachhaltigkeit ernst machen. Wenn die Deutschen konsequent Energie sparen und das vorhandene Potenzial der erneuerbaren Energien nutzen, ist Strom in Zukunft grün: Knapp 16% des Stroms könnte aus Biomasse erzeugt werden. Zusätzlich etwa 10% des Wärmebedarfs und 12% des Pkw-Kraftstoffs bis ins Jahr 2030. Kommen zur Biomasse noch Sonne, Wind, Wasser, Geothermie und Energieeinsparung dazu, sinken die CO<sub>2</sub>-Emissionen so sehr, dass auch langfristige Klimaschutzziele erfüllt werden. Die bessere Umweltbilanz geht dabei vorwiegend auf Effizienzgewinne auf der Nachfrageseite zurück.

Wenn es gelingt, Energiesparmaßnahmen umzusetzen, wird die künftige Energieversorgung nicht nur emissionsärmer, sondern auch kostengünstiger: Die Kosten liegen in den Szenarien fast 20% niedriger als bei Fortschreibung der heutigen Energieversorgung mit Atomkraft und Kohle. Allerdings wurden die Einsparkosten innerhalb des Projekts nicht ermittelt.

## Systemgrenzen

6



*Biomasse stammt aus der Land- und Forstwirtschaft. Anbaubiomasse aber auch Reststoffe werden genutzt.*



## Masse ist Energie

*Die ökologische Landwirtschaft benötigt zwar mehr Fläche als die konventionelle, doch ist die Flächenkonkurrenz mit der Bioenergie geringer als oft angenommen. Es bleibt auch mit Agrarwende noch Ackerland für den Energiepflanzenanbau übrig.*

Das Energieangebot aus Biomasse-Reststoffen und Energiepflanzen ist auf mittlere Sicht etwa gleich groß. Eine Ausbastrategie muss daher gleichermaßen auf den Anbau- wie auf den Reststoffpfad setzen.

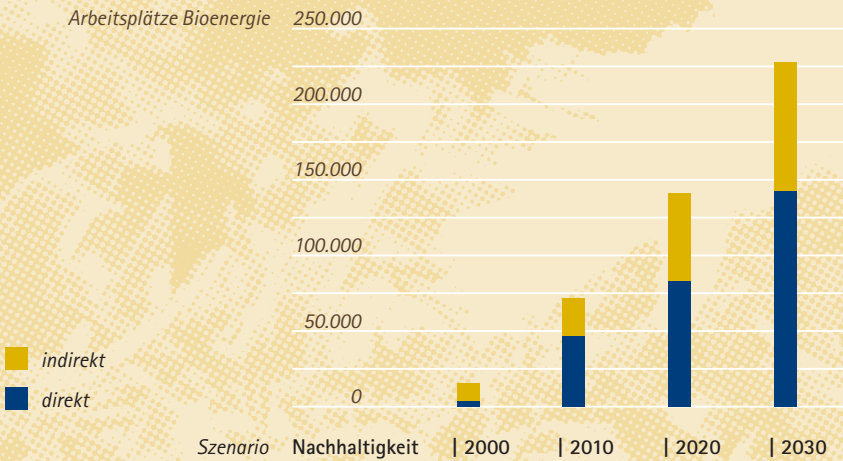
Biomassereststoffe fallen ohnehin an, nur werden sie derzeit kaum genutzt. In Zukunft wartet ein zweites Leben als Energieträger auf diese festen wie flüssigen Stoffe – 700PJ pro Jahr könnten sie liefern. Das reicht für die Stromversorgung von zehn Städten in der Größe von München, mit Gewerbe und Industrie.

Die größten Potenziale bieten Durchforstungsholz aus den Wäldern, Biogas aus Gülle, Getreidestroh und Holzabfälle wie etwa alte Möbel, Baumaterial oder Schnittreste aus der Industrie. Bis in die nahe Zukunft gibt es auch noch die methanreichen Deponiegase. Allerdings ist die Deponierung von Biomüll ein Auslaufmodell.

Für den Energiepflanzenanbau können von heute bis ins Jahr 2030 4,4Mioha Acker und Wiesen 'frei werden', da die Landwirtschaft mit steigenden Erträgen immer weniger Fläche benötigt um die sinkende Bevölkerung zu versorgen – und das trotz Agrarwende. Auf dieser Fläche wachsen maximal 1200PJ Bioenergie pro Jahr.

## Beschäftigt durch Biomasse

8



*Bioenergie schafft neue Arbeitsplätze in Deutschland. Indirekt durch den Bau und direkt durch den Betrieb der Anlagen.*

## Jobmotor tankt Biomasse

*Wird der Ausbau der Bioenergie finanziell gefördert, steht dieses Geld nicht mehr für andere Zwecke zur Verfügung. Der sogenannte Budgeteffekt beschreibt die Folgen einer solchen Umverteilung. Hier wird der Budgeteffekt nicht berücksichtigt, weil dieser von vielen Faktoren abhängig ist – z. B. ob das Geld andernfalls gespart oder für andere Zwecke ausgegeben würde und wie beschäftigungswirksam die alternative Verwendung wäre.*

Biomasse sichert und schafft Beschäftigung. Zwar ersetzt sie auch Arbeit im Bereich der fossilen Energien, doch entstehen durch die Bioenergie mehr Arbeitsplätze pro Kilowattstunde in Deutschland als dies bei Kohle, Mineralöl oder Erdgas der Fall ist.

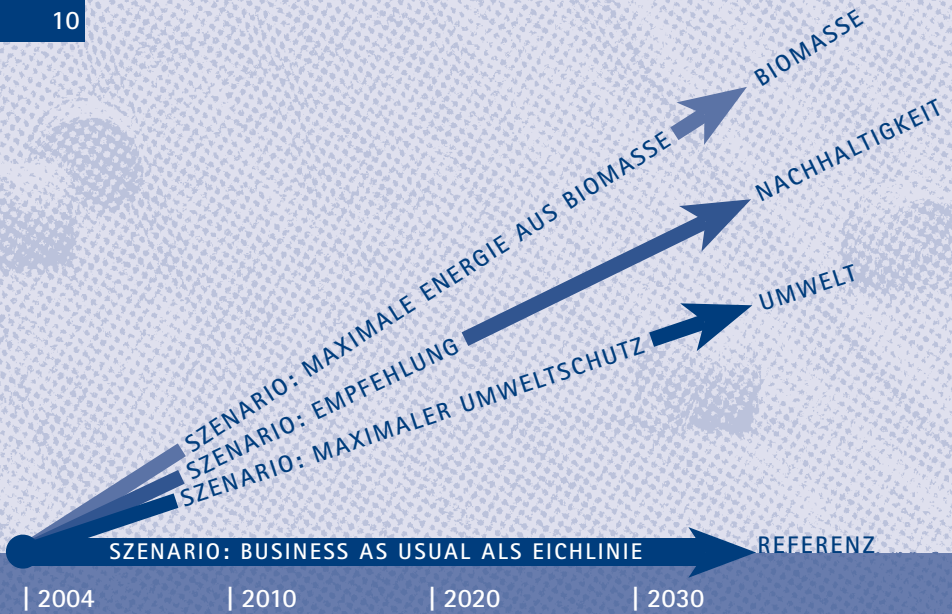
Die Szenarien geben einen Anhaltspunkt, wie die Bilanz beim Ausbau der Biomasse unterm Strich aussehen könnte. Der Ersatz von fossilen Energieträgern ist in diesen Zahlen bereits berücksichtigt. Jedes Wirtschaften zieht direkte und indirekte Beschäftigung nach sich. Direkte Beschäftigung entsteht durch den eigentlichen Betrieb und indirekte durch Investitionen in Anlagen und Infrastruktur.

Langfristig ist die direkte Beschäftigung für den Arbeitsmarkt besonders wichtig. Die ist beim Energiepflanzenanbau und bei der Stromerzeugung mit Kraft-Wärme-Kopplung am größten. Geht Biomasse in eine reine Wärme- oder Kraftstoffnutzung, entstehen deutlich weniger direkte Arbeitsplätze.

Das heißt, dass vor allem Arbeit im ländlichen Raum entsteht, also dort, wo in der Vergangenheit viele Einkommensmöglichkeiten für die Menschen verloren gingen.

## Bandbreite der Nutzung – die drei Szenarien

10



### Rahmenannahmen für alle Szenarien

#### Nachfrage

- | Bevölkerung schrumpft
- | Energiemix ändert sich
- | Mehr nachwachsende Rohstoffe

#### Angebot

- | Leistungsstärkere Technologien
- | Erfassung der Biomasse verändert sich
- | Flächenbedarf sinkt durch Effizienz

*Drei Szenarien wurden betrachtet – sie markieren die Ober- und Untergrenze einer nachhaltigen Nutzung.*

## Potenzial heißt Möglichkeit

*Im Stoffstromprojekt Bio-*  
*masse gibt es verschiedene*

*Szenarien:*

*BIOMASSE*  
*erzeugt möglichst viel Bio-*  
*energie bei minimalen*  
*Treibhausgasemissionen.*

*UMWELT*  
*berücksichtigt umfassende*  
*Umwelt- und Naturschutz-*  
*restriktionen, die das*  
*Potenzial zwangsläufig*  
*verringern.*

*Die Empfehlungen*  
*finden sich im Szenario*  
*NACHHALTIG*  
*Daher sind hier nur diese*  
*Ergebnisse abgedruckt.*

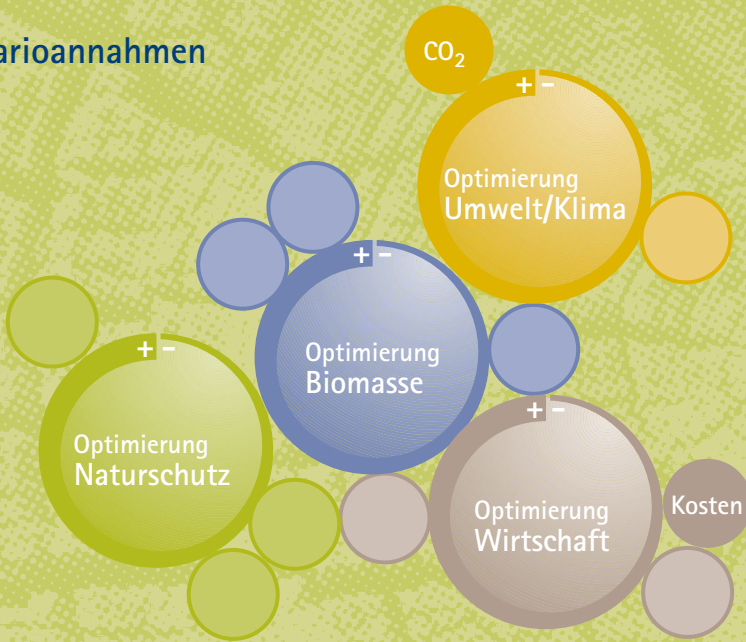
Das Potenzial gibt stets das Energieangebot für bestimmte Annahmen und Zeitpunkte an. Dabei begrenzt Nutzungskonkurrenz das Potenzial. Die hier vorgestellten Ergebnisse berücksichtigen bereits wesentliche Ansprüche für den Umwelt- und Naturschutz sowie für Siedlung, Abfallwirtschaft und Verkehr.

Was wäre wenn... im Jahr 2010 wirklich 20% der Landwirte ökologisch wirtschaften? Oder wenn...? Das Stoffstromprojekt hat mittels Szenarien Wege einer verstärkten Bioenergienutzung betrachtet, die strikt auf folgenden Annahmen basieren:

- Nutzungsaufgaben für den Wald und die Schutzgebiete garantieren auch zukünftig eine **nachhaltige Waldwirtschaft**.
- Die politische Forderung der **Agrarwende** mit 20% und mehr Ökolandwirtschaft wird umgesetzt – Ausnahme bildet das Referenzszenario (Business as usual). Trotzdem bleibt entgegen Unkenrufen noch viel Fläche für Energiepflanzen übrig.
- In Agrarlandschaften fehlen Strukturelemente wie Hecken oder Bäume als Refugium für Pflanzen und Tiere. Was der Natur dringend fehlt, muss ergänzt werden, ökologisch wertvolles Grünland darf außerdem nicht zum Acker für Energiepflanzen umgepflügt werden.

## Szenarioannahmen

12



Betrachtungszeitraum 30 Jahre

## Parameter

Biomasse	Umwelt/Klima	Wirtschaft	Naturschutz
Nutzen für	Treibhausgase	Arbeitsplätze	Nutzungsauflagen
Strom	Versauerung	Kosten für Bau und	Schutzflächen
Wärme	Staub	Betrieb	Strukturelemente
Verkehr	Abfall	Entwicklung von	
		Technologien	

*Die Szenarien bauen auf vielen Annahmen auf, die sich mit der Zeit verändern und untereinander korrespondieren.*

## Potenzial heißt Möglichkeit

*Getreide verbrennen während andere Hunger leiden? Einfach zu beantworten ist diese Frage nicht, denn Hunger ist oft die Folge von Krisen und Armut, seltener ist Hunger ein Problem fehlender Bodenfruchtbarkeit.*

*Eine ernsthafte Diskussion muss genauso den Anbau von Industrie- und Faserpflanzen – allen voran Baumwolle – hinterfragen wie unseren flächenintensiven Fleischkonsum und ob das Engagement Deutschlands in der Entwicklungshilfe nicht größer werden muss.*

*Außerdem könnte unterlassener Klimaschutz sich langfristig noch ungünstiger auf die Landwirtschaft in verschiedenen Regionen der Erde auswirken.*

- Es gibt auch Synergien zwischen **Naturschutz** und Biomasse: Mehrjährige Energiepflanzen bieten Erosionsschutz und bereichern das Landschaftsbild. Schnittreste aus der Landschaftspflege lassen sich energetisch nutzen, doch fehlen hier noch Logistikkonzepte und Aussagen zur Wirtschaftlichkeit.
- Der ungezügelte **Flächenverbrauch** für Siedlung und Verkehr findet ein Ende, weil bei sinkender Bevölkerung auch der Flächenverbrauch abnimmt und zudem mehr Flächen recycelt werden.
- Der **Außenhandel** der Landwirtschaft stellt quasi einen Import bzw. Export von Flächen dar. Hier wurden heutige Trends fortgeschrieben: der subventionierte Export wird weniger, die Importe stagnieren. Auf diese Weise werden Flächen 'frei'.
- Viele **Zukunftstechniken** für Biomasse stecken heute noch in den Kinderschuhen. Doch entwickeln sie sich entlang sogenannter Lernkurven. Am Anfang stehen große Fortschritte in kurzer Zeit, sie werden effizienter und die Kosten sinken. Von diesem Mechanismus profitiert die Biomassenutzung.

# Technikbewertung

14

## Vorauswahl

Welche Technologie-Ketten werden betrachtet?

## Stoffstromanalyse

Tool: GEMIS  
Analyse

Alle Technologien

Flächenbedarf

Emissionen

Abfall

Kosten

Naturschutz

etc.

GEMIS

Bewertung

Beste Technik

## Erhebung/Recherche

Welche Technologie-Ketten (Biomasse >> Verfahren >> Energieträger) gibt es?

## Kriterien

Welche Parameter werden betrachtet?

## Ergebnis

Welche Technologie ist besonders aussichtsreich?

*Es gibt eine Vielzahl von Biomasse-Techniken. Die Technikbewertung hat die besten aus Kosten- und Umweltsicht identifiziert.*



## 'Who is who' der Technik

*Für jedes Szenario ermittelt die Software GEMIS\*, welche Umweltbelastungen durch die Nachfrage nach Energie, Wärme und Verkehr in Deutschland ausgelöst werden und was für Kosten entstehen.*

*Der 'Szenariogenerator', ein weiteres Programm, hilft bei der Modellierung der Nachfrage. Diese kann in der Größe und im Energiemix variieren.*

*Wichtig ist: Dieses Werkzeug kann für die zukünftige Diskussion weiterverwendet werden.*

Biomasse lässt sich ganz verschieden nutzen – Holz kann z.B. zur Wärmegewinnung direkt in einem Ofen verbrannt werden oder ein Vergaser stellt Holzgas her, das anschließend einen Motor antreibt und so Strom und Wärme erzeugt. Genauso gut kann ein Motor auch Biogas verbrennen, das aus Gülle gewonnen wird.

Welche Technik für welche Biomasse sinnvoll ist, hängt davon ab, bei welchen die Umweltbelastungen und Kosten bei gleichem Nutzen am geringsten ausfallen. Ein Technikvergleich mit dem Computermodell GEMIS bringt hier Klarheit. Als Bewertungskriterien dienen dabei der Ausstoß von Treibhausgasen und Luftschadstoffen, anfallende Reststoffe, kumulierter Energie- und Flächenbedarf sowie Kosten und Beschäftigungseffekte.

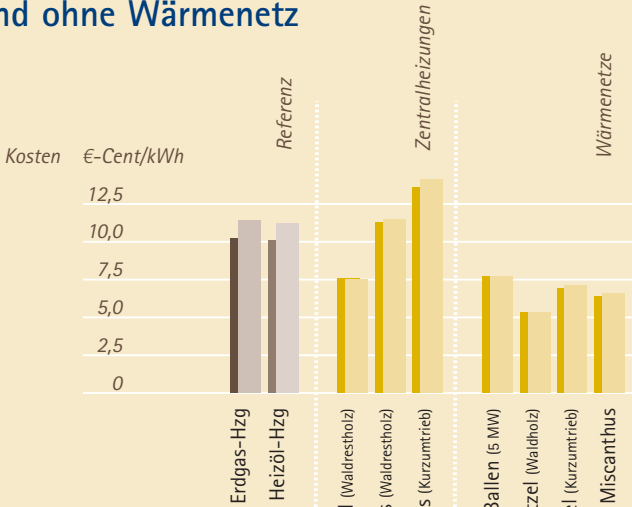
Eines hat der Technikvergleich ganz deutlich gezeigt: Erfolgt eine Umwandlung in gasförmige Brennstoffe wie Biogas oder Holzgas, sind die Umweltprobleme bei der Biomassennutzung am geringsten.

Zudem nutzen gerade viele effiziente Kleinanlagen Gas als Brennstoff – dezentrale Energieversorgung und Umweltschutz gehen hier Hand in Hand.

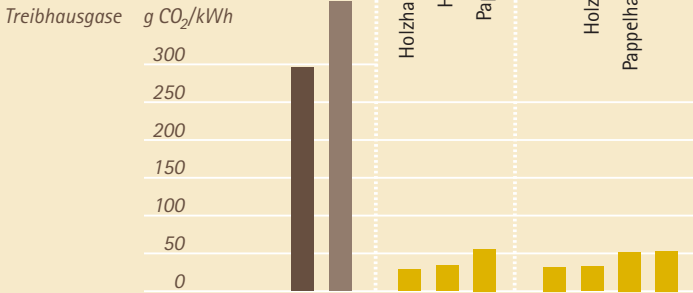
\* Globales Emissions-Modell  
Integrierter Systeme

# Heizen mit und ohne Wärmenetz

■ | 2010  
■ | 2030



■ | 2010



Szenario Nachhaltigkeit

Grafik oben:  
Kostenbilanz für Heizungen  
und Nahwärmesysteme im  
Vergleich zur konventionellen  
Heizung

Grafik unten:  
und damit verbundene  
Emissionen

## Heizen ohne Öl und Gas

*Biomasse per Wasserleitung: Die Investition in Nah- und Fernwärme lohnt sich, wenn ausreichend Wärmekunden angeschlossen werden. Um neue Netze zu finanzieren, ist jedoch oft eine Förderung nötig.*

*Aufgrund des guten Handlings eignen sich Holzpellets besonders gut für Kleinanwendungen*

Statt eine eigene Zentralheizung zu betreiben, ist es umweltfreundlicher und kostengünstiger, Holz in Heizwerken zu verbrennen und die Wärme über Nahwärmenetze zu den Kunden zu bringen. Hierbei ist auch die Logistik einfacher und die Wärmekunden brauchen keine Brennstofflager.

Holz und Holzhackschnitzel machen schon heute mit 220PJ pro Jahr einen erheblichen Anteil aus. Holz-Hackschnitzel und vor allem Holzpellets liefern saubere Wärme für den Hausgebrauch, sind aber für den Verbraucher noch etwas teurer als eine Öl- oder Erdgasheizung. Bei den absehbaren Preissteigerungen werden sie bis 2020 konkurrenzfähig.

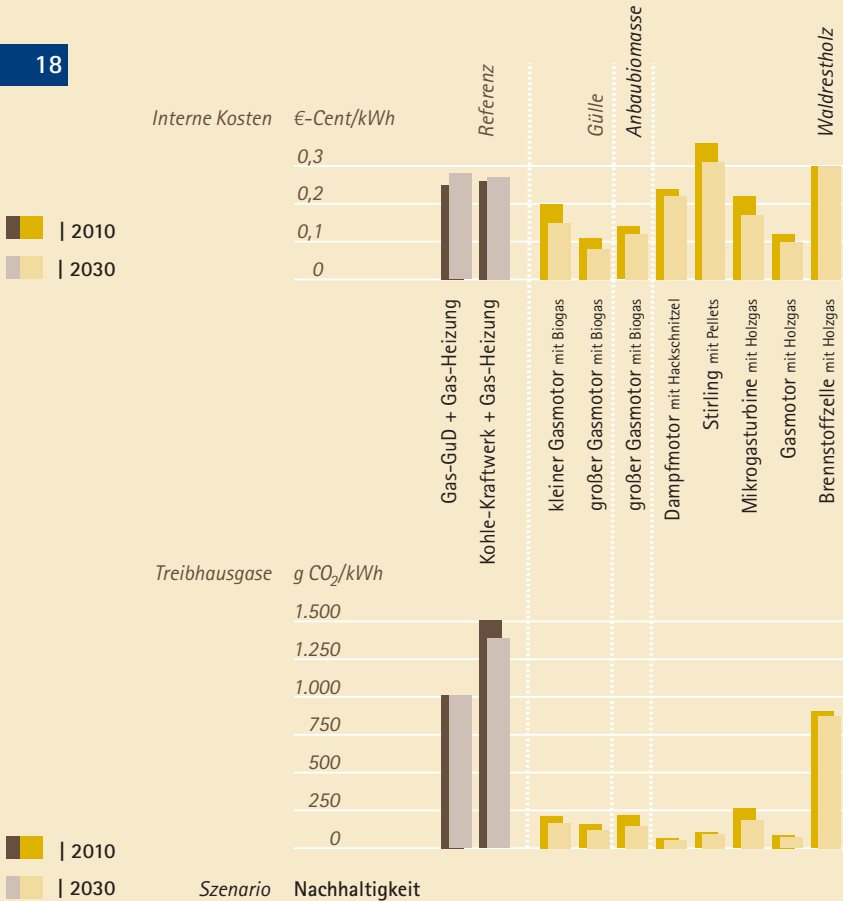
Für Stroh sind Anlagen interessant, die ganze Strohbälle zunächst vergasen und dann schadstoffarm verbrennen. Schon heute ist dies bei Objekten in der Größe von Hotels oder Schulen wirtschaftlich.

Dagegen bleibt es sehr teuer, Getreideganzpflanzen in Heizkesseln zu verbrennen – und verursacht zudem höhere Schadstoffemissionen.

Insgesamt schneiden Heizsysteme mit Biomasse hervorragend ab, doch noch besser ist die Nutzung von Biomasse in Anlagen, die Strom und Wärme gemeinsam erzeugen (Kraft-Wärme-Kopplung = KWK). Deren Erfolg steht und fällt mit dem Ausbau der Wärmeverteilnetze. Dieser ist aus ökologischer Sicht erforderlich und benötigt entsprechende wirtschaftliche Anreize.

# Strom und Kraft-Wärme-Kopplung

18



Grafik oben:  
 Kostenbilanz für Strom  
 und Wärme aus Biomasse-  
 KWK im Vergleich zum  
 'Durchschnittsstrom' plus  
 Gasheizung

Grafik unten:  
 und damit verbundene  
 Emissionen

## KWK – ein starkes Team

*In der Feuchtgutlinie werden zwei Kulturen pro Saison angebaut. Zwar kommen beide nicht zur vollen Reife, liefern aber auch bei extensivem Anbau ausgesprochen hohe Erträge an Biomasse.*

*Für die Kraft-Wärme-Kopplung gibt es eine breite Palette von Techniken. Sie reicht zum Beispiel von kleinen Dampfmaschinen und ORC-Prozessen über Gasmaschinen bis hin zu Heizkraftwerken mit einer Gas- und Dampfturbine (GuD). ORC heißt Organic Rankine Cycle, dieser nutzt statt Wasser ein organisches Arbeitsmedium. Alle speisen Strom in das Verbundnetz ein und benötigen ein Nah- oder Fernwärmenetz zur Nutzung der anfallenden Wärme.*

Auch in Zukunft wird die Stromnachfrage hoch sein, weshalb die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) eine Schlüsselrolle beim Ausbau der Bioenergie spielt. Bereits marktverfügbar ist die anaerobe Vergärung mit anschließender Biogasnutzung in einem Blockheizkraftwerk. Besonders gut fällt die Umwelt-, Kosten- und Beschäftigungsbilanz aus, wenn das Biogas aus nachwachsenden Rohstoffen in der sogenannten Feuchtgutlinie erzeugt wird oder wenn die Biomasse aus getrennt gesammelten organischen Abfällen stammt.

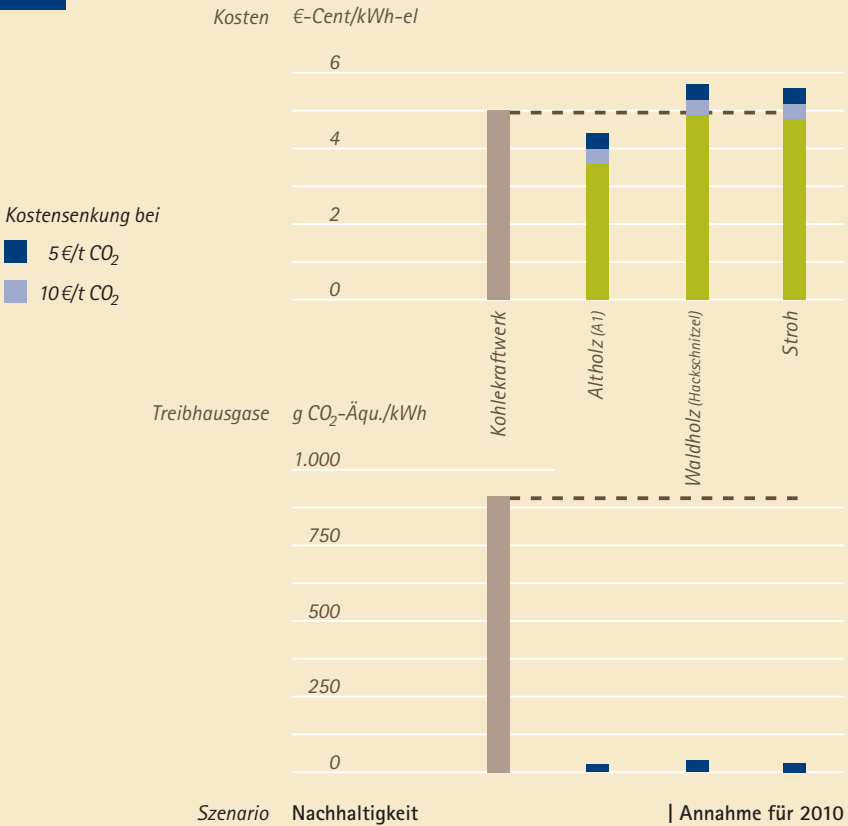
Eine echte Zukunftstechnologie verspricht die Vergärung von festen Biomassen zu werden – eine aktive Markteinführung vorausgesetzt. Feste Biomassen kommen außerdem direkt in Feuerungen mit nachgeschalteten Dampfmaschinen und in ORC-Prozessen zum Einsatz. Beide haben allerdings noch einen relativ geringen elektrischen Wirkungsgrad.

Die Technikbewertung macht deutlich, dass die kleinsten KWK-Anlagen wie Mikro-Gasturbinen und Stirlingmotoren wegen höherer Kosten stärkere Starthilfen benötigen, um die Marktreife erreichen zu können.

Große Hoffnungen liegen auf der Brennstoffzelle. Doch scheint diese von der breiten Anwendung noch ein gutes Stück entfernt zu sein. Aus heutiger Sicht kommt die Nutzung von Biomasse in Brennstoffzellen erst nach 2020 zur Serienreife.

# 10% Biomasse im Kohlekraftwerk

20



Grafik oben:

Der Emissionshandel schafft einen Anreiz für die Mitverbrennung von Biomasse

Grafik unten:

Durch den direkten Ersatz von Kohle sinken auch die Treibhausgase

## Mitverbrennung als Übergang

Einen schnellen Anschlag für Strom und Wärme aus Biomasse kann die Mitverbrennung geben: Bereits bestehende Kohlekraftwerke werden mit zusätzlichen Lagern und Förderanlagen ausgerüstet und können dann bis zu 10% ihrer Erzeugung aus Biomasse liefern. So ersetzen Holzhackschnitzel und Stroh Kohle in laufenden Kraftwerken und senken den Ausstoß von Kohlendioxid.

Vor allem können sich auf diese Weise die Logistik und der Markt für die Biobrennstoffe entwickeln. Aus diesem Blickwinkel und aus Kosten- wie Umweltsicht ist die Mitverbrennung eine günstige 'Einsteigertechnik', doch werden dabei wenig Beschäftigungsimpulse ausgelöst.

Zudem sind Kohlekraftwerke so groß, dass die Bereitstellung entsprechender Biomassemengen zur Mitverbrennung an Grenzen stößt. Weniger problematisch und dabei umweltfreundlicher ist die Mitverbrennung in mittleren Kohle-Heizkraftwerken, die Abwärme in bestehende Fernwärmenetze einspeisen. Da eine nachhaltige Klimapolitik langfristig zur drastischen Reduktion des Kohleinsatzes führt, ist die Mitverbrennung nur eine Übergangslösung. Mittelfristig hat die dezentrale Energieversorgung beim Biomasseinsatz Vorrang.

Zur Beispielrechnung unten:  
Wenn ein Kohlekraftwerk Biomasse mitverbrennt, ist das zunächst etwas teurer als die reine Nutzung von Kohle. Die Mehrkosten könnten aber durch den Emissionshandel gedeckt werden: Da für CO<sub>2</sub> aus Biomasse kein Emissionszertifikat nötig ist, muss der Betreiber weniger Zertifikate zukaufen und spart Geld – mit dem kann der Biobrennstoff finanziert werden.

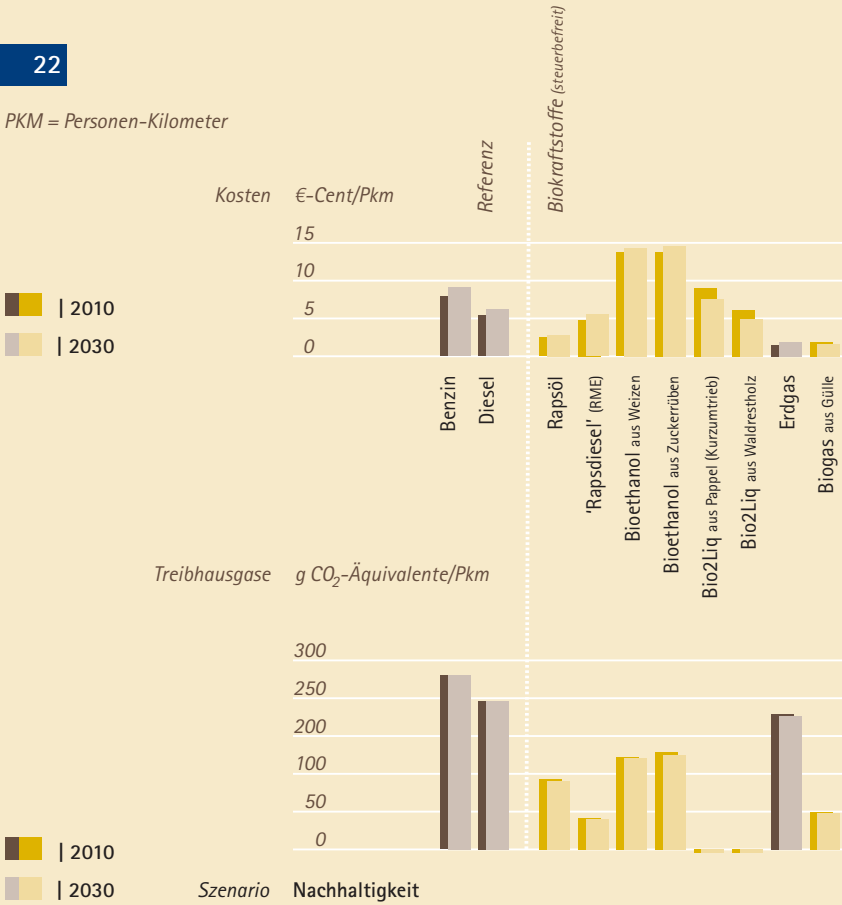
<i>Beispielrechnung</i>	Mitverbrennung von Altholz
<i>Einsparung von Emissionen</i>	0,888 kg/kWh
<i>Kosten pro kWh</i>	4,4 €-Cent/kWh-el
<i>geschätzter CO<sub>2</sub>-Preis</i>	0,5 €-Cent/kg
<i>Kostensenkung pro kWh</i>	-0,888 kg/kWh * 0,5 €-Cent/kg = -0,4 €-Cent/kg

Durch den Emissionshandel zu diesem Preis reduzieren sich die Produktionskosten auf 3,6 €-Cent/kWh

## Biokraftstoffe für Pkw

22

PKM = Personen-Kilometer



Grafik oben:

Viele Biokraftstoffe rechnen sich gegenüber normalem Benzin und Diesel.

Grafik unten:

Für den Klimaschutz rechnen sich alle Biokraftstoffe.



## Mobil mit Biokraftstoffen

*Wer gelbe Rapsfelder riecht und sieht, denkt an Biodiesel. Biodiesel wird in Deutschland vor allem aus Rapsöl hergestellt.*

*Bioethanol wird aus Zuckerrüben und Weizen hergestellt.*

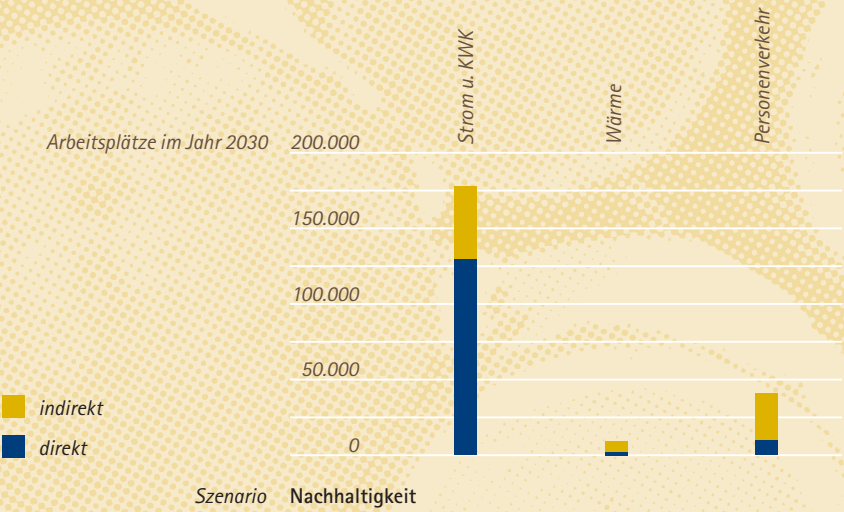
*Biomass-to-Liquids sind extrem saubere 'Designerkraftstoffe', die Diesel und Benzin ersetzen. Über Vergasung und anschließende Syntheseschritte können sie aus einer breiten Palette von festen Biomassen wie Holz oder Stroh erzeugt werden.*

Die Herstellung von Pflanzenölen und Biodiesel und Bioethanol bleibt auch langfristig vergleichsweise aufwändig und teuer. Dazu kann der großflächige Anbau insbesondere von Zuckerrüben aus Sicht des Naturschutzes nachteilig sein.

Neben den schon heute eingesetzten Biokraftstoffen bietet sich Biogas an, das wie Erdgas in Pkw und Bussen eingesetzt wird. Nur kann Bio- und Erdgas nicht über die normalen Zapfsäulen getankt werden, die Infrastruktur ist daher entsprechend anzupassen. Ohne veränderte Infrastruktur kommen die Biomass-to-Liquids aus, denn sie können in herkömmlichen Motoren laufen und erfordern keine eigene Infrastruktur. Die Entwicklung dieser Kraftstoffe steht noch am Anfang, aber langfristig versprechen sie gegenüber Pflanzenölen und Bioethanol deutlich größere Potenziale.

Wie schon bei Wärme und Strom, wird die Brennstoffzelle oft als Königsweg für den Verkehr propagiert. Doch der Vergleich mit Biokraftstoffen im konventionellen Motor zeigt, dass die mobile Brennstoffzelle bis 2030 kaum wettbewerbsfähig ist.

# Beschäftigungsimpuls



*Biomasse schafft inländische Beschäftigung, besonders wenn sie für die Stromerzeugung in KWK-Anlagen genutzt wird.*

## Welcher Einsatz bringt Gewinn?

*In diesem Zwischenfazit werden noch einmal kurz die wichtigsten Techniken genannt – sowohl solche, die heute bereits im Einsatz sind, als auch die mit einer aussichtsreichen Zukunft.*

*Neben Effizienz und Kosten ist vor allem wichtig, wie groß das Biomassepotenzial für die jeweilige Technik ist und in welchem Maße sie Beschäftigungseffekte erzielt.*

Biomasse führt in der Kraft-Wärme-Kopplung zu den besten Ergebnissen. Dabei finden sowohl kleinere Anlagen als auch größere Heizkraftwerke ihre Anwendung. Auf lange Sicht kommt noch die Festoxid-Brennstoffzelle dazu.

Für Biogas gibt es diverse sinnvolle Einsatzmöglichkeiten. Da Biogas wie Erdgas eingesetzt werden kann, ist die Technikentwicklung für Strom, Wärme und Verkehr bereits weit vorangeschritten.

Umwandlungsverfahren von Biomasse in gasförmige Energieträger werden somit zu Schlüsseltechnologien für die künftige Nutzung von Bioenergie. Dazu zählt die anaerobe Vergärung, die heute schon im breiten Einsatz ist und die Vergasung von Festbrennstoffen, diese allerdings mit großem Entwicklungsbedarf.

Genauso wichtig ist die Etablierung dezentraler KWK-Technologien für feste Brennstoffe. Deren Entwicklungspotenzial zur Kostensenkung und Effizienzsteigerung liegt ähnlich hoch wie das der Vergasung.

Von den Kraftstoffen haben die Biomass-to-Liquids langfristig das größte Potenzial bei geringen Emissionen und Kosten. Biogas ist eine Option für Fahrzeugflotten mit eigenen Tankstellen, wie z. B. Linienbusse.

Es gibt ein breites Bündel an Technologien, so vielseitig wie die eingesetzte Biomasse selbst – insofern fehlt es nicht an Möglichkeiten, das vorhandene Potenzial auch zu nutzen.

## Eine aktive Biomassepolitik

26

*Die in dieser Broschüre vorgestellten Zahlen und Empfehlungen gelten nur unter der Annahme, dass in Deutschland konsequent Energie gespart wird. Denn ein geringer Energieverbrauch ist das Fundament für regenerative Energien und moderne Kraftwerke mit hoher Effizienz.*

*Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und Biomasse-Verordnung*

Die Biomasse kann in Zukunft mit über 14% erhebliche Anteile der Energieversorgung in Deutschland decken – dabei sind bereits die Restriktionen berücksichtigt, die sich aus begrenzten Flächen und strengen Umweltkriterien ergeben.

Der Einsatz von Biomassetechniken wird unter den bisherigen Rahmenbedingungen allerdings nicht in dem Maße stattfinden, wie es zum Erreichen der Klimaschutzziele nötig wäre. Sie braucht Anschlag durch bewährte und neue Instrumente:

Das EEG garantiert eine feste Vergütung für grünen Strom aus innovativer Erzeugung. Woraus Bioenergie erzeugt werden darf, regelt die **Biomasse-Verordnung**. Die Förderung für alle **Kleinanlagen** liegt bisher am Minimum des Notwendigen, die beschlossene EEG-Novelle macht hier notwendige Korrekturen. In Zukunft fördert das EEG insbesondere dezentrale Anlagen mit **Biogasnutzung** und solche, die natürliche Stoffkreisläufe in der Landwirtschaft schließen, ohne Gefahrstoffe anzureichern. Diese **Bonusregelung** für rein landwirtschaftliche Substrate bei der Vergärung schließt eine Lücke im EEG.

Für den Anbau von **Energiepflanzen** sind die Anreize insgesamt noch sehr gering – sowohl für Kurzumtriebshölzer als auch einjährige Pflanzen. Hier sind weitere Anreize nötig – auch außerhalb des EEG, z. B. im Zuge der Umsetzung der EU-Agrarpolitik in Deutschland.

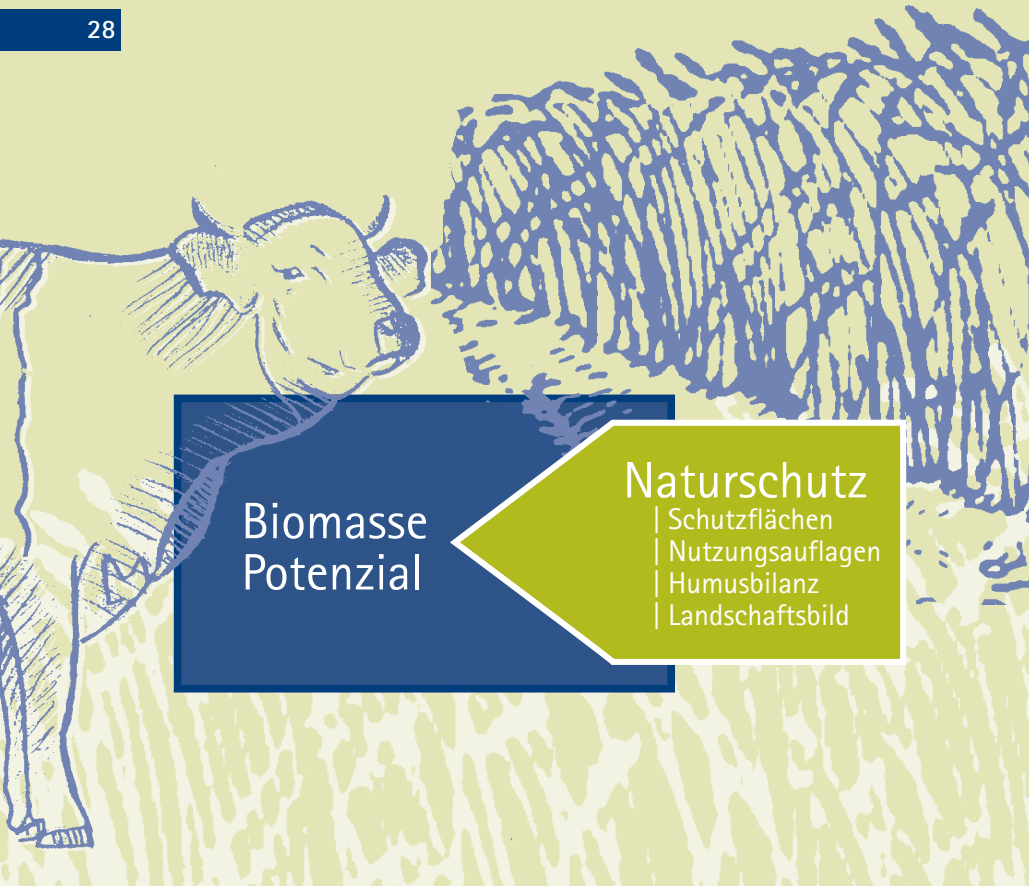
## Eine aktive Biomassepolitik

27

- Emissionshandel hilft mit* Die **Mitverbrennung** in Kohle-Heizkraftwerken ist eine Option, auch außerhalb des EEGs kurzfristig und relativ günstig Strom und Wärme aus Biomasse zu erzeugen. Die geringen Mehrkosten der Mitverbrennung könnten über Anreize aus dem **Emissionshandel** gedeckt werden. Ab 2020 verliert die Mitverbrennung ihre Bedeutung, da die Heizkraftwerke zunehmend durch dezentrale und regenerative Stromerzeugung ersetzt werden (sollten).
- Ein Instrument für den Wärmemarkt* Für dezentrale KWK-Systeme sind die **Nahwärmenetze** der Schlüssel zum Erfolg, die dringend ein **wirksames Förderinstrument** benötigen. Das käme neben der Biomasse gleichzeitig der Solar- und Geothermie sowie dezentralen fossilen KWK-Systemen zugute. Der in der EEG-Novelle vorgesehene KWK-Bonus ist daher ein wichtiger Umsetzungsschritt.
- KWK-Gesetz* Die **Novelle des KWK-Gesetzes** sollte zudem die Biomasse berücksichtigen. Beispielsweise könnte die Nahwärme über eine Mehrfachförderung durch das KWK-G, den Emissionshandel und das EEG entsprechend an Attraktivität gewinnen.
- Zeigen wie's geht: Demonstrationsprogramme* Das EEG fördert die Stromeinspeisung aus erneuerbaren Energien und ist damit ein wirksames Instrument zur Etablierung entwickelter Techniken, aber es kann nicht beim Sprung von der Pilotanlage in die Serienreife helfen: Insbesondere kleinere Dampf-

## Naturschutz und Bioenergie

28



*Schutzflächen und Nutzungsauflagen reduzieren das Biomassepotenzial, denn der Naturschutz geht da vor, wo Arten zurückgehen.*

## Eine aktive Biomassepolitik

motoren und der ORC-Prozess können bis 2020 zusammen mit kleinen und mittleren Vergasern grünen Strom und Wärme liefern. Doch sind die Vergaser heute noch nicht wirtschaftlich. Ein **Demonstrationsprogramm** sollte hier die nötigen Impulse für eine schnelle Marktentfaltung setzen.

*Steuerfrei am Steuer* Wenn der Marktanteil von **Biokraftstoffen** steigt, wird deren Befreiung von der Mineralölsteuer langfristig auf den Prüfstein gestellt werden. Da Biokraftstoffe aber klimaneutral sind, sollten sie dann wenigstens von der Ökosteuer befreit bleiben. Mit BtL kann mittelfristig auch das große Potenzial der festen Biomasse den Weg in den Tank finden. Doch sind hier die Technologiedaten unsicher, und es besteht dringender **Forschungsbedarf**.

*Neue Allianz* Oft wird dem Ausbau der Bioenergie ein Zielkonflikt mit dem Naturschutz unterstellt. Doch die Projektergebnisse haben gezeigt, dass sich die Ziele des **Naturschutzes** und die energetische Nutzung von Biomasse miteinander vereinbaren lassen. Gerade der Anbau der ertragreichen mehrjährigen Kulturen leistet einen wertvollen Beitrag zum Erosionsschutz. Dagegen sollte auf ökologisch wertvollen (Feucht)-Grünländern auf den Anbau von Energiepflanzen verzichtet werden – die Potenziale reichen auch ohne diese Flächen. Zwischen Naturschutz und Bioenergie können durch die Nutzung von Landschaftspflegeresten sogar

## Informationen im Internet

30

Biomasse ist eine vielseitige erneuerbarer Energiequelle, mit einem großen Potenzial in Deutschland. Dazu gehören sowohl Reststoffe wie Gülle und Bioabfall als auch Produkte aus der Land- und Forstwirtschaft. Die können direkt genutzt oder in standardisierte Energieträger umgewandelt werden.

In dieser Broschüre geht es darum, welche Stellung die Biomasse in Zukunft in unserem Energiesystem einnehmen könnte – wenn wir heute die richtigen Weichen stellen.

Weitere Informationen finden Sie unter  
<http://www.oeko.de/service/bio/de/index.htm>  
<http://www.erneuerbare-energien.de/1024/>

und mehr über GEMIS  
<http://gemis.de>



## Eine aktive Biomassepolitik

Synergien erzielt werden. Fragen zur Wirtschaftlichkeit solcher Konzepte bedürfen der weiteren Forschung. Hier sollten Bund und Länder kooperieren und vor allem realistische Vereinbarungen zur Umsetzung der gesetzlichen Ziele treffen.

*Fair trade – nicht nur für  
Kaffee und Kakao*

Wenn die Nachfrage nach Biomasse steigt, wird der deutsche Markt auch für Importe interessant. Hier fehlen bislang noch Kriterien, die ein nachhaltiges Angebot garantieren. Die gleiche Lücke gibt es allerdings auch für Lebensmittel. Hier muss eine **Position für den Außenhandel** gefunden werden.

Die Szenarien zeigen, dass die gewählten Rahmenbedingungen maßgeblich die Höhe des Potenzials der Biomassenutzung beeinflussen. Daher muss die Politik in Zukunft einige Bereiche der Abfallwirtschaft, den Naturschutz und die Landwirtschaft mit der Energiepolitik verzahnen und Akzeptanzfragen einbeziehen.

So können verschiedene (durchaus erwünschte) Mitnahmeeffekte und eine entsprechende Lastenverteilung initiiert werden. Dabei geht es insbesondere um Beschäftigung, Entwicklung des ländlichen Raums, Landschaftserhalt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Energieversorgung.

Bioenergie bietet insgesamt große Chancen für eine nachhaltige Entwicklung – nicht nur auf Bundesebene, sondern auch für die Länder und Kommunen.

## Forschungspartner

32

- Projektleitung* Öko-Institut e.V., Berlin-Freiburg-Darmstadt  
 Kontakt: Uwe Fritsche, eMail: [u.fritsche@oeko.de](mailto:u.fritsche@oeko.de)  
<http://www.oeko.de>
- Projektpartner* Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und  
 Energietechnik – UMSICHT  
<http://www.umsicht.fhg.de>  
 Institut für Energetik und Umwelt gGmbH, Leipzig – IE  
<http://www.ie-leipzig.de>  
 Institut für Energie- und Umweltforschung gGmbH  
 Heidelberg – IFEU  
<http://www.ifeu.de>  
 Institut für Zukunfts-Energie-Systeme,  
 Saarbrücken – IZES  
<http://www.izes.de>  
 TU Braunschweig, Institut für Geoökologie,  
 Abt. Umweltsystemanalyse  
<http://www.tu-braunschweig.de/geooekologie/abteilungen/usa>  
 TU München, Lehrstuhl f. Wirtschaftslehre d. Landbaues  
<http://www.wzw.tum.de/wdl/>
- unter Mitwirkung von* TU Berlin, Inst. f. Landschaftsarchitektur u. Umweltplanung  
[http://www.tu-berlin.de/fb7/ile/fg\\_lb/index.htm](http://www.tu-berlin.de/fb7/ile/fg_lb/index.htm)  
 FICHTNER Ingenieurdienstleistungen und Consulting  
<http://www.fichtner.de/>
- administrative* PTJ – Projektträger Jülich  
*Begleitung* <http://fz-juelich.de/ptj/>
- wissenschaftliche* Umweltbundesamt Berlin  
*Begleitung* <http://www.umweltbundesamt.de>
- Förderung und* Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und  
*wissenschaftliche* Reaktorsicherheit  
*Begleitung* <http://www.bmu.bund.de>  
<http://www.erneuerbare-energien.de>

Projektleitung  **Öko-Institut e.V.**

Projektpartner  **Fraunhofer** Institut  
Umwelt-, Sicherheits-,  
Energietechnik UMSICHT



unter Mitwirkung von

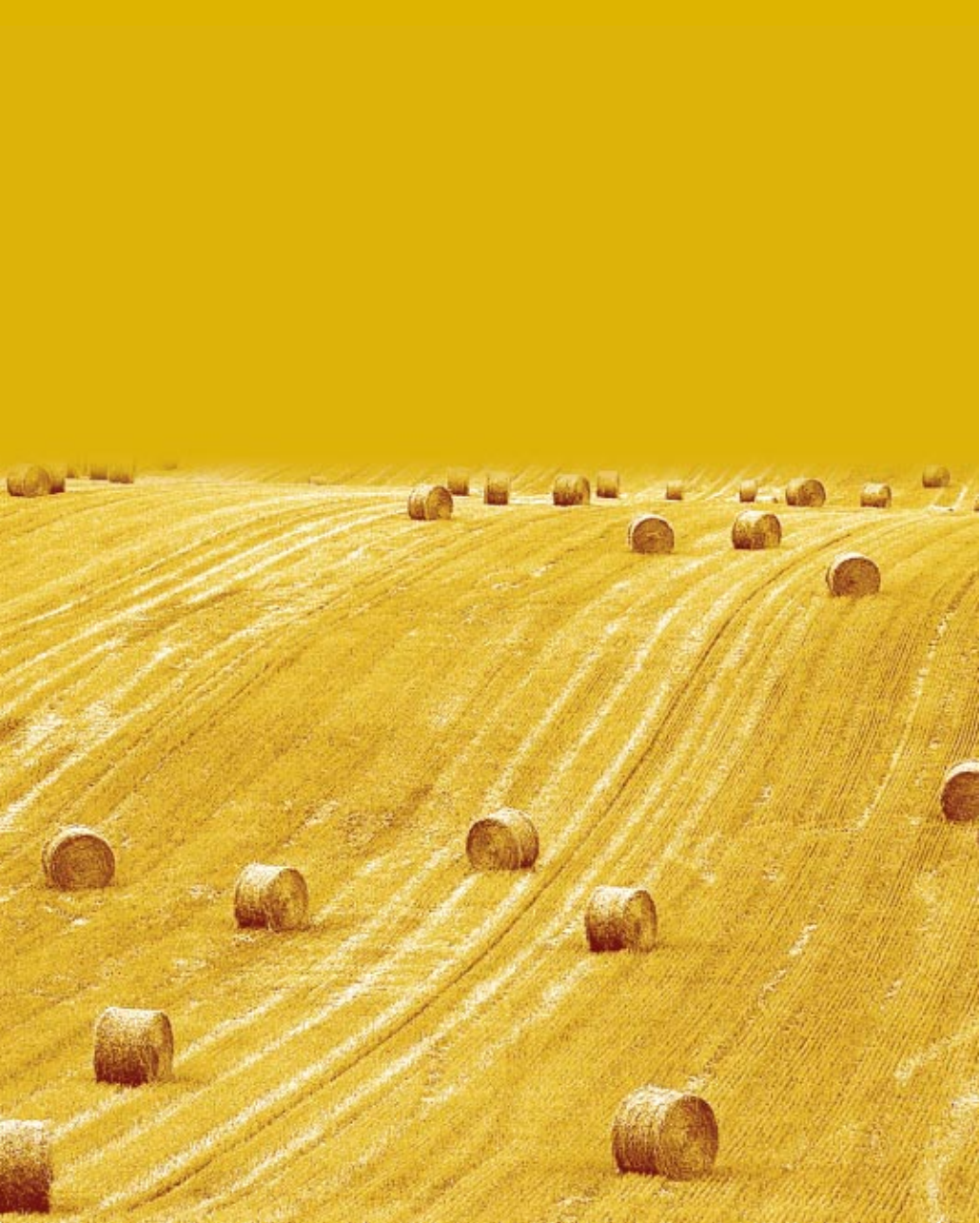


**FICHTNER**

administrative  
Begleitung  **Pto**  
Projektträger  
Umwelt  
Bundesamt für  
Umwelt und Klimaschutz

wissenschaftliche  
Begleitung  **Umwelt  
Bundes  
Amt**  
Umwelt und Klimaschutz

Förderung und  
wissenschaftliche  
Begleitung  **Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und Reaktorsicherheit**



*Die Projektpartner des Öko-Instituts e.V.:*



*Die Langfassung des Berichts finden Sie unter: <http://www.oeko.de/service/bio/de/index.htm>*