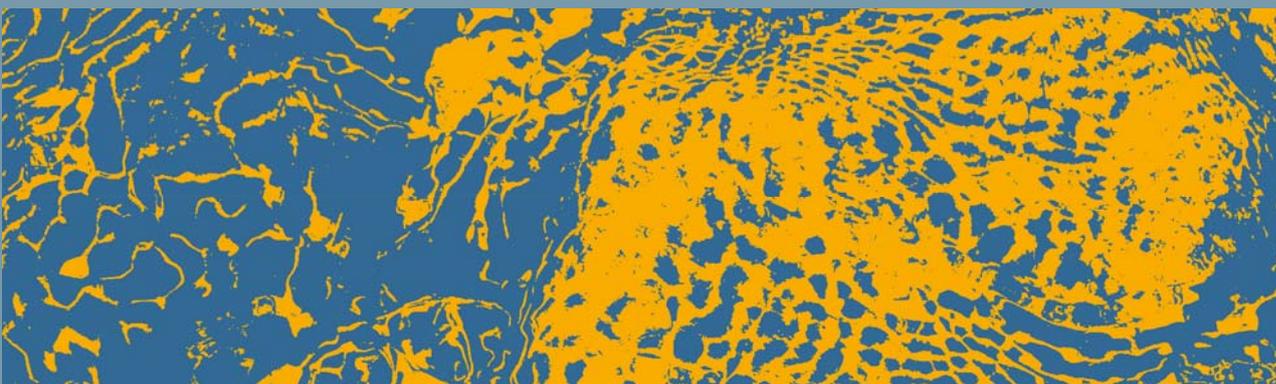




# Bioenergie – Nutzen und Risiken für die Umwelt



Fachtagung am 05. Dezember 2007

UmweltSpezial



# **Bioenergie – Nutzen und Risiken für die Umwelt**

**Fachtagung am 05. Dezember 2007**

**UmweltSpezial**

## Impressum

Bioenergie – Nutzen und Risiken für die Umwelt  
Fachtagung des LfU am 05. Dezember 2007  
ISBN (Online-Version): 978-3-940009-51-7

Herausgeber:  
Bayerisches Landesamt für Umwelt  
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160  
86179 Augsburg  
Tel.: (0821) 90 71 - 0  
Fax: (0821) 90 71 - 55 56  
E-Mail: [poststelle@lfu.bayern.de](mailto:poststelle@lfu.bayern.de)  
Internet: [www.lfu.bayern.de](http://www.lfu.bayern.de)

Redaktion:  
LfU Referat 12

Druck:  
Eigendruck Bayer. Landesamt für Umwelt

Gedruckt auf Papier aus 100 % Altpapier.

Stand:  
Dezember 2007

Diese Druckschrift wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Sofern in dieser Druckschrift auf Internetangebote Dritter hingewiesen wird, sind wir für deren Inhalte nicht verantwortlich.

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>Bioenergie – Pro und Contra Ergebnisse des SRU-Gutachtens 2007</b>	<b>5</b>
Prof. Dr.-Ing. Martin Faulstich, M.Sc. Kathrin Greiff; Sachverständigenrat für Umweltfragen, Berlin; Lehrstuhl für Rohstoff- und Energietechnologie, Technische Universität München	
<b>Effizienter und nachhaltiger Klimaschutz mit Biomasse</b>	<b>22</b>
Dr. Helmut G. Theiler, Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz	
<b>Effiziente Energienutzung als Basis einer umweltverträglichen Versorgung mit erneuerbaren Energien</b>	<b>31</b>
Dr. Josef Hochhuber, Bayerisches Landesamt für Umwelt	
<b>Anbau von Energiepflanzen aus der Sicht der Landwirtschaft</b>	<b>47</b>
Dr. Ewald Stickse, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung	
<b>Naturschutz – Chancen und Risiken des Energiepflanzenanbaus aus der Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes</b>	<b>58</b>
Werner Rehklaue, Bayerisches Landesamt für Umwelt	
<b>Wasserwirtschaft – Chancen und Risiken des Energiepflanzenanbaus aus Sicht der Wasserwirtschaft</b>	<b>65</b>
Erwin Attenberger, Bayerisches Landesamt für Umwelt	
<b>Biokraftstoffe Emissionen, Klimaschutz, Energiebilanz</b>	<b>72</b>
Frank Schlösinger, Bayerisches Landesamt für Umwelt	
<b>Luftreinhaltung und Effizienz bei Nutzung und Anbau fester Biomasse</b>	<b>81</b>
Gerhard Schmoeckel, Bayerisches Landesamt für Umwelt	
<b>Biogas – Vermeidung klimarelevanter Emissionen – Wärmenutzung bei Biogasanlagen</b>	<b>91</b>
Gerald Ebertsch, Bayerisches Landesamt für Umwelt	
<b>Wärmenutzung bei Biogasanlagen – Ergebnisse einer Studie über die Abwärmenutzung bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen mit 150 und 500 kW<sub>e</sub></b>	<b>97</b>
Matthias Gaderer, F. Volz, M. Lautenbach, ZAE Bayern; Gerald Ebertsch, Bayerisches Landesamt für Umwelt	
<b>Energie aus Abfällen – Abfallströme zur energetischen Nutzung; Aktuelle Forschungsergebnisse</b>	<b>106</b>
Franz Reitberger, Bayerisches Landesamt für Umwelt	
<b>Tagungsleitung / Referenten</b>	<b>119</b>



# Bioenergie – Pro und Contra

## Ergebnisse des SRU-Gutachtens 2007

**Prof. Dr.-Ing. Martin Faulstich, M.Sc. Kathrin Greiff; Sachverständigenrat für Umweltfragen, Berlin; Lehrstuhl für Rohstoff- und Energietechnologie, Technische Universität München**

### 1 Einleitung

Der Klimaschutz ist in den letzten Jahren immer stärker zu einem zentralen Thema der Umweltpolitik geworden. Aktuelle politische Zielsetzungen fordern deswegen einen Anteil von erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch von 20 % bis 2020. Dabei soll der Anteil am Strombedarf 25 bis 30 %, am Wärmebedarf 14 % und am Kraftstoffbedarf 17 % (bezogen auf den Energiegehalt) betragen (Kabinettsbeschluss Meseberg 23.08.2007).

Energie aus Biomasse hat derzeit den größten Anteil bei den erneuerbaren Energien, die zur Reduktion von Treibhausgasen beitragen. Durch die gesteigerte Bedeutung der Bioenergie hat sich der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) im ersten Halbjahr des Jahres 2007 diesem Thema gewidmet. Der folgende Beitrag basiert auf dem Gutachten des SRU und fasst die Pro und Contra Argumente der Bioenergienutzung in Deutschland zusammen (SRU 2007).

Bei der Biomasse handelt es sich um biogene Rohstoffe aus der Land- und Forstwirtschaft (so genannte nachwachsende Rohstoffe) und um biogene Reststoffe, die stofflich oder energetisch genutzt werden.

Im Vergleich zu anderen Energieträgern bietet Biomasse zur energetischen Nutzung vielfältige Vorzüge. So ist es möglich, diese als feste, flüssige und gasförmige Energieträger zur Verfügung zu stellen. Folglich können mit Biomasse im Gegensatz zu anderen erneuerbaren Energien alle Energieformen (Wärme, Strom und Kraftstoffe) ersetzt werden. Ein großer Vorteil der Biomasse sowie der daraus erzeugten Energieträger ist außerdem, dass aufgrund ihrer guten Lagerfähigkeit Energie zeitlich und räumlich flexibel bereitgestellt werden kann.

Weitere Chancen liegen in der Entwicklung neuer Technologien. So werden im Rahmen der Biomassenutzung zahlreiche neue Verfahren entwickelt und optimiert, wodurch Deutschland seine führende Position als Technologieanbieter weiter ausbauen kann.

Die Diskussion um die energetische Nutzung von Biomasse wird allerdings zunehmend durch Schlagworte wie „unerschöpflich“ und „unendlich“ charakterisiert. Der Eindruck, Biomasse könne in wenigen Jahren die fossilen Rohstoffe fast vollständig ersetzen und den Treibhauseffekt nachhaltig eindämmen, hat seinen Ursprung jedenfalls nicht in wissenschaftlichen Analysen.

Mit der Biomassenutzung verbinden sich konkrete Zukunftserwartungen verschiedener Branchen. Derzeit steht die Nutzung als Strom, Wärme und Kraftstoff im Vordergrund. Biogene Ressourcen werden jedoch weiterhin in der Lebensmittelindustrie sowie für zahlreiche stoffliche Anwendungen (Papier, Chemie, Textilien, Möbel usw.) genutzt. Die unterschiedlichen Interessen, die mit der Biomassenutzung verbunden sind, spiegeln die Zielkonflikte der derzeitigen Agrar-, Energie- und Umweltpolitik und der damit verbundenen segmentierten Förderlandschaft wieder. In Anbetracht der globalen Bedrohungen durch den Klimawandel sowie der von Deutschland freiwillig und explizit eingenommenen Vorreiterrolle im Klimaschutz und auf der Grundlage seiner Position zum Klimaschutz sollte die Reduktion von Treibhausgasemissionen derzeit und für die nähere Zukunft als wichtigstes Ziel der Bio-

massennutzung gesetzt werden. Der Anbau und die Nutzung von Biomasse sollten demnach an diesem Ziel gemessen werden.

Es liegt auf der Hand, dass die Nutzung der land- und forstwirtschaftlichen Flächen für Nahrungsmittel, Rohstoffe sowie für Energie (Wärme, Strom und Mobilität) zwangsläufig zu Nutzungskonkurrenzen bezüglich der begrenzten Anbaufläche führen muss. Zudem wird die Gewinnung und Nutzung von Biomasse weitgehend als dezentrale Technologie wahrgenommen und gilt daher von vornherein als umweltverträglich und nachhaltig. Diese Annahme erscheint allerdings bei den ambitionierten politischen Zielen fragwürdig, da diese dazu führen, dass Biomasse importiert und damit die internationale Perspektive berücksichtigt werden muss.

Im Folgenden soll gezeigt werden, was Biomasse zur energetischen Nutzung in Deutschland beitragen kann, indem die Chancen, aber auch die Grenzen der Biomassennutzung beleuchtet werden. Dazu werden zunächst die vielfältigen verschiedenen Nutzungsmöglichkeiten dargelegt und der daraus resultierende Biomassebedarf erörtert und mit dem Biomassepotenzial in Deutschland verglichen. Anschließend werden die Umweltauswirkungen sowohl bei der Gewinnung als auch bei der Nutzung von Biomasse analysiert und ein Fazit hinsichtlich der Rahmenbedingungen gezogen.

## **2 Biomasse und deren Nutzungsmöglichkeiten**

Biomasse zur energetischen und stofflichen Nutzung fällt einerseits in der Form von biogenen Reststoffen an, andererseits kann sie durch den Anbau von so genannten nachwachsenden Rohstoffen erzeugt werden.

Die Nutzungskette von Biomasse umfasst die Produktion bzw. Gewinnung der Rohstoffe, die Bereitstellung, verschiedene Aufbereitungsschritte und die anschließende Nutzung. Für Biomasse sind die zwei Nutzungswege energetische und stoffliche Nutzung möglich. Die energetische Nutzung dient dabei der Bereitstellung von Kraft, Wärme und Strom, wohingegen mit der stofflichen Nutzung Produkte für den materiellen Gebrauch erzeugt werden. Da beide Nutzungspfade auf die im weitesten Sinne gleichen Rohstoffe zurückgreifen, besteht zwischen ihnen eine Konkurrenzsituation. Darüber hinaus existiert noch die Konkurrenz zwischen diesen beiden Nutzungspfaden und der Nahrungs- und Futtermittelerzeugung.

### **2.1 Energetische Nutzung**

Die Möglichkeiten zur Bereitstellung von Energie aus Biomasse sind vielfältig. Als prinzipielle Wege existieren physikalisch-chemische Verfahren, wie Pressung und Extraktion, biochemische Umwandlungsverfahren, z. B. zu Ethanol oder Biogas, sowie die thermochemischen Verfahren Pyrolyse, Vergasung und Verbrennung. Abbildung 1 zeigt vereinfacht die möglichen Konversionspfade. Abgesehen von der direkten Verbrennung werden bei allen Verfahren gasförmige, flüssige oder feste Energieträger erzeugt. Diese werden letztlich ebenfalls verbrannt; je nach Einsatzzweck in Feuerungen, Motoren, Turbinen oder zukünftig verstärkt auch in Brennstoffzellen.

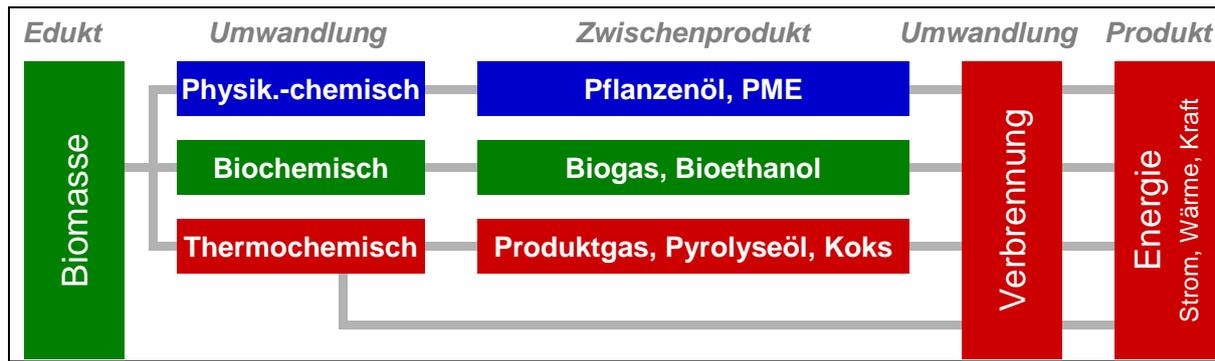


Abb. 1: Bereitstellungspfade für Energie aus Biomasse (PME = Pflanzenölmethylester)

Physikalisch-chemische Umwandlungsverfahren sind zur Herstellung von Treibstoffen bereits etabliert. Am einfachsten ist die Gewinnung von Pflanzenölen durch Pressung. Dennoch ist auch hierfür ein gewisser Aufwand für die Reinigung und Aufbereitung der Ausgangsstoffe und gewonnen Öle erforderlich. Um Pflanzenöle motorisch nutzen zu können, müssen entweder konventionelle Dieselmotoren umgebaut oder aber die Öle chemisch zu Pflanzenölmethylester („Biodiesel“) umgeestert werden, da sie sich vor allem in der Viskosität deutlich von konventionellen Kraftstoffen unterscheiden.

Biochemische Umwandlungsverfahren wie die Bioethanol- oder Biogasproduktion beruhen auf Gärprozessen. Die Biogasproduktion stellt ein technisch relativ einfaches Verfahren zur Umwandlung von Biomasse in Energie dar. Eine Nutzung erfolgt derzeit hauptsächlich über eine Verstromung und teilweise in KWK-Anlagen. Eine neue Entwicklung stellt die Einspeisung von Biogas ins Erdgasnetz dar, die eine Entkopplung von Produktion und Nutzung ermöglichen soll (FNR 2005).

Die thermochemische Umsetzung von Biomasse kann durch Verschwelung (Pyrolyse), Vergasung oder Verbrennung erfolgen. Dabei stellen die Verbrennungsverfahren die Standardtechnik der Wärmeerzeugung dar. Zur Stromerzeugung aus Biomasse werden der Verbrennungsanlage üblicherweise Dampfturbinenanlagen nachgeschaltet. Alternative Stromerzeugungstechniken für Bereiche unterhalb von 5 MW elektrischer Leistung sind zum Beispiel der ORC-Prozess („Organic Rankine Cycle“) (KALTSCHMITT & HARTMANN 2001), der Stirling-Motor (KALTSCHMITT & HARTMANN 2001) oder der offene Gasturbinenzyklus des ATZ Entwicklungszentrums (QUICKER ET AL. 2004). Die Vergasung und teilweise auch die Pyrolyse von biogenen Roh- und Reststoffen werden ebenfalls in mehreren Projekten mit unterschiedlichen Techniken erprobt.

## 2.2 Stoffliche Nutzung

Im Gegensatz zur energetischen Nutzung gibt es bei der stofflichen Nutzung eine große Vielfalt an Einsatzfeldern. Verschiedenste Industriezweige sind an der Verwertung der Biomasse beteiligt. Dazu gehören die Holzverarbeitende Industrie, Bau- und Dämmstoffindustrie, Textilindustrie, Papierindustrie und chemische Industrie.

Biomasse ist komplex zusammengesetzt, sodass die Auftrennung in die Grundstoffe vor einer weiteren Verarbeitung zweckmäßig ist. Die Grundstoffe der pflanzlichen Biomasse sind Kohlenhydrate (Stärke, Zucker, Cellulose), Lignin, Proteine und Öle bzw. Fette, daneben diverse Sekundärpflanzenstoffe wie Vitamine, Farbstoffe, Geschmacks- und Geruchsstoffe der unterschiedlichsten chemischen Struktur. Über diese Grundstoffe werden chemische Grund- und Verfahrensstoffe, Polymere (Kunststoffe), Schmierstoffe, Papier und Pappe, Bau- und Dämmstoffe sowie Pharmaka gewonnen. Im Gegensatz zur energetischen Nutzung ist die Menge an verwendeter Biomasse relativ gering, ausgenommen bei der Holzverarbeitenden Industrie (CARMEN 2004, KAMM ET AL. 2006; MENRAD 2006; FNR 2006B).

### 3 Bedarf und Angebot von Biomasse zur energetischen Nutzung

#### 3.1 Bedarf

Der jährliche Primärenergiebedarf in Deutschland betrug 14 464 PJ pro Jahr in 2006 (BMWi 2007). Nach derzeitigen Prognosen könnte dieser Bedarf bis zum Jahr 2030 auf 12 000 bis 10 500 PJ pro Jahr zurückgehen (NITSCH 2007, EWI und PROGNOSE 2006). Die Primärenergie besteht aus noch nicht umgewandelten Rohstoffen wie Rohöl, Stein- und Braunkohle usw. Abbildung 2 zeigt die Struktur des Primärenergieverbrauchs in Deutschland für 2006 nach Energieträgern. Allein 35 % des Primärenergiebedarfs werden durch Mineralöle gedeckt. Der Endenergieverbrauch beträgt nur etwa zwei Drittel des Primärenergieverbrauches und betrug in Deutschland 9 173 PJ/a in 2005. Bei der Umwandlung der Primärenergieträger zu Endenergieträgern entstehen demnach energetische Verluste von rund einem Drittel (BMWi 2007).

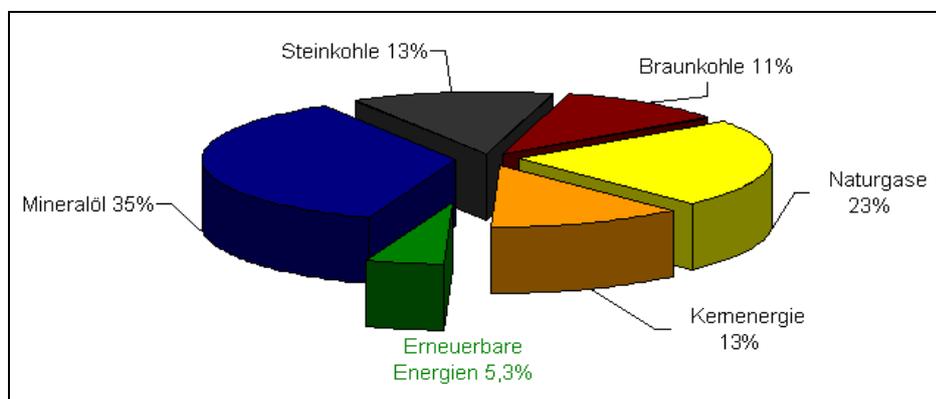


Abb. 2: Struktur des Primärenergieverbrauchs in Deutschland im Jahr 2005 (Primärenergieverbrauch 14 236 PJ); Quelle: BMWI 2007

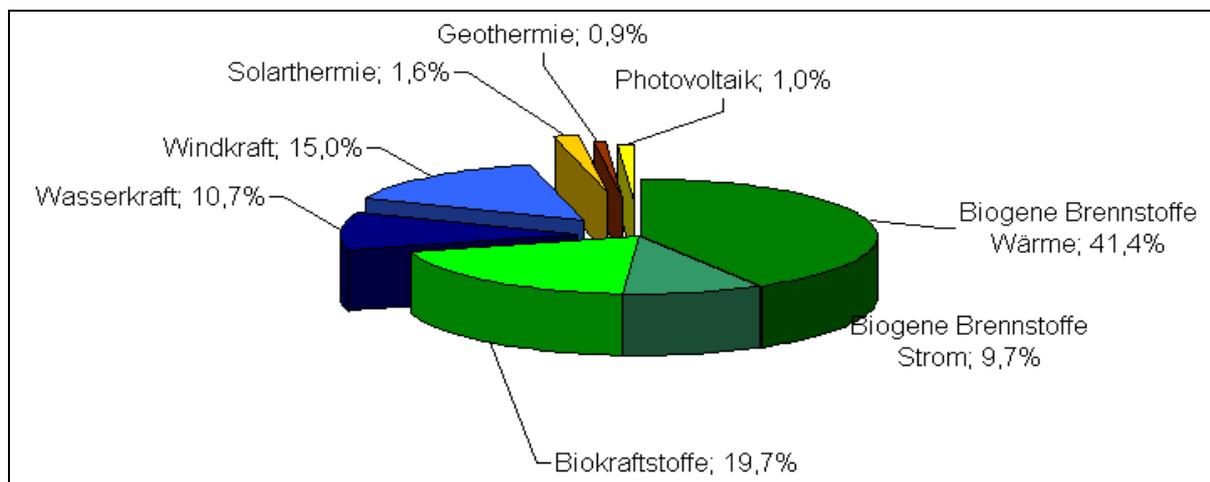


Abb. 3: Struktur der Endenergiebereitstellung aus Erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2005; Quelle: BMU 2006

Im Jahr 2006 konnten schon 5,3 % des Primärenergieverbrauchs und 7,4 % des Endenergieverbrauchs durch Erneuerbare Energien bereitgestellt werden (BMU 2007). Abbildung 3 zeigt die Anteile der verschiedenen erneuerbaren Energieträger an der Endenergiebereitstellung in Deutschland für das Jahr 2006. Der Anteil an Biomasse innerhalb der erneuerbaren Energieträger betrug dabei rund 71 %. Bezogen auf die reine Wärmebereitstellung lag der Anteil von Biomasse bei den erneuer-

baren Energien (hauptsächliche Holz) sogar bei 94 % (BMU 2006). Wie in Bioenergie ist demnach der wichtigste Teil im Mix der erneuerbaren Energien. Prognosen gehen davon aus, dass der Anteil von Biomasse am erneuerbaren Energiemix auch zukünftig (bei einem Betrachtungszeitraum bis 2030) in etwa gleich bleiben wird (NITSCH 2007).

Abbildung 4 zeigt die Entwicklung des Anteils an erneuerbaren Energien bezogen auf Primärenergieverbrauch für die Jahre 2000 bis 2006. Die Substitution von fossilen Kraftstoffen durch biogene Kraftstoffe wurde dabei im Jahr 2005 zu 93 % durch Dieseleratz und nur zu 7 % durch Ersatz von Otto-Kraftstoff gewährleistet (BMU 2006). Insgesamt wurden durch Bioenergie 3 % des Primärenergiebedarfs (466 PJ) im Jahr 2005 bereitgestellt, davon wurden 60 % zur Wärme-, 24 % zur Kraftstoff- und 14 % zur Strombereitstellung genutzt (BMU 2006). Nach Prognosen des EWI (Energiewirtschaftliches Institut der Universität zu Köln) und PROGNOSE (2006) kann der Anteil an Erneuerbaren Energien am PEV bis 2030 auf 15,4 % steigen. NITSCH (2007) geht davon aus, dass bis 2030 sogar 25,1 % des PEV über erneuerbare Energien gedeckt werden können. Für Biomasse hieße das, dass ein Anteil am Primärenergieverbrauch zwischen 8 und 18 % realisiert werden muss. Wie im Folgenden näher erläutert hält der SRU einen Anteil der Bioenergie am Primärenergiebedarf in Deutschland von in etwa 10 % bis 2030 für realistisch.

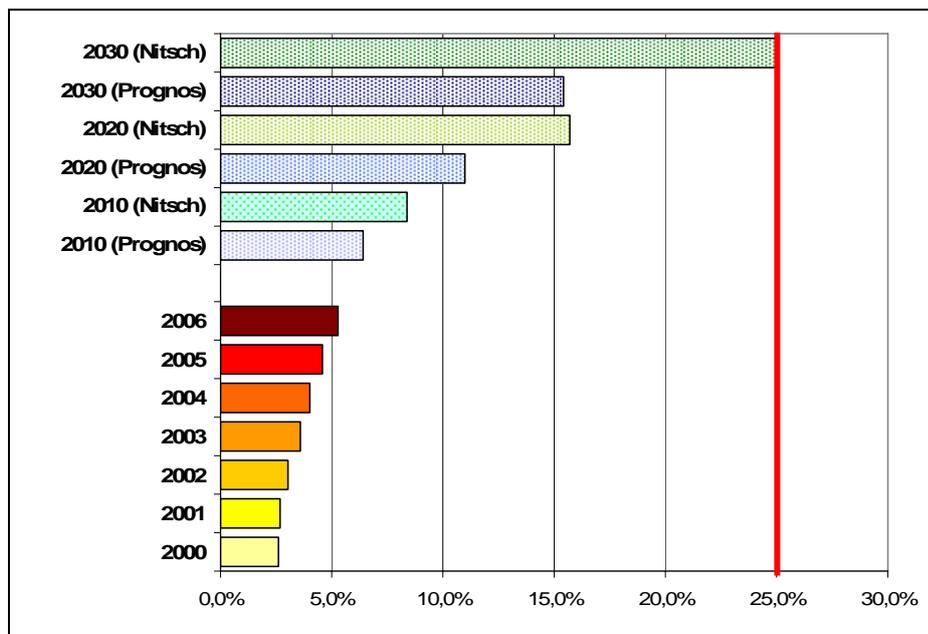


Abb. 4: Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland in den Jahren 2000 bis 2006 und Prognosen bis 2030 bezogen auf den Anteil erneuerbarer Energien am, Angaben in Prozent; Quelle: BMU 2006b; EWI und PROGNOSE 2006 (Szenario hoher Ölpreis), BMU 2007, NITSCH 2007

### 3.2 Angebot

Die verfügbare Biomasse ist einerseits von den nutzbaren biogenen Reststoffen und andererseits von den zu gewinnenden nachwachsenden Rohstoffen abhängig. In mehreren Studien wurde versucht, die unter Berücksichtigung der gegebenen technischen Restriktionen nutzbaren Potenziale von Biomasse zur energetischen Nutzung (technische Potenziale) in Deutschland bis zum Jahr 2030 zu prognostizieren. Die Ergebnisse einiger Studien werden im Folgenden dargestellt.

#### Reststoffe

Die Nutzung von Biomasse, die in der Abfallwirtschaft (im Sinne des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (KrW-/AbfG)) und als land- und forstwirtschaftliche Reststoffe (außerhalb des KrW-/AbfG) anfällt, stellt ein bedeutsames Potenzial der Biomassenutzung dar. KNAPPE ET AL. (2006) berechneten nach Daten aus den Jahren 2000 bis 2002 ein jährliches Aufkommen von knapp 110 Mio. Mg Tro-

ckensubstanz pro Jahr (theoretisches Potenzial), von dem das technische Potenzial aber nur etwa 66 % (ca. 72 Mio. Mg TS/a) ausmacht (KNAPPE ET AL. 2006). Doch nur ein geringer Teil dieses Potenzials wird bisher energetisch genutzt (LEIBLE ET AL. (2003).

Bei der Ermittlung von energetischen Nutzungspotenzialen von Biomasse aus Abfällen und Reststoffen muss berücksichtigt werden, wie diese – vorhandene – Biomasse bereits jetzt genutzt wird. Konkurrierende Nutzungen, zum Beispiel stoffliche Nutzung als Holzwerkstoff in der Spanplatten- oder Papierindustrie oder zur Bodenverbesserung (organischer Dünger, Mulchmaterial) vermindern das energetisch nutzbare Potenzial, sind jedoch häufig auch erwünschte und ökologisch sinnvolle Nutzungen. So ist es beispielsweise aus Gründen des Bodenschutzes erforderlich je nach Standort bis zu 80 % des Stroh auf dem Acker zu belassen (FRITSCH ET AL. 2004).

In den oben genannten Studien wird das technisch nutzbare Potenzial der Reststoffe mit 523 bis 908 PJ/a für das Bezugsjahr 2000 angegeben, das entspricht 3,7 % bis 6,4 % des derzeitigen Primärenergieverbrauchs. Abbildung 5 zeigt die in den Studien errechneten Potenziale für Reststoffe für die Jahre 2000 bis 2030. In allen Szenarien werden nur geringe Änderungen der Potenziale prognostiziert. Je nach Szenario kommt es zu einer Zunahme oder sogar zu einer leichten Abnahme des Potenzials. Eine Zunahme des technischen Potenzials wird bei fast allen Szenarien im Bereich des Restholzaufkommens, des organischen Hausmüllanteils, des Landschaftspflegematerials und Klärschlammaufkommens angenommen. Die Zunahme hinsichtlich des organischen Hausmülls begründet sich in der Annahme, dass eine Vergärung aus Klimaschutzsicht als sinnvoller denn eine Kompostierung erachtet wird und dadurch die Vergärung des organischen Hausmülls der Kompostierung vorgezogen wird (vergleiche dazu FRITSCH ET AL. 2004; NITSCH ET AL. 2004; THRÄN ET AL. 2005).

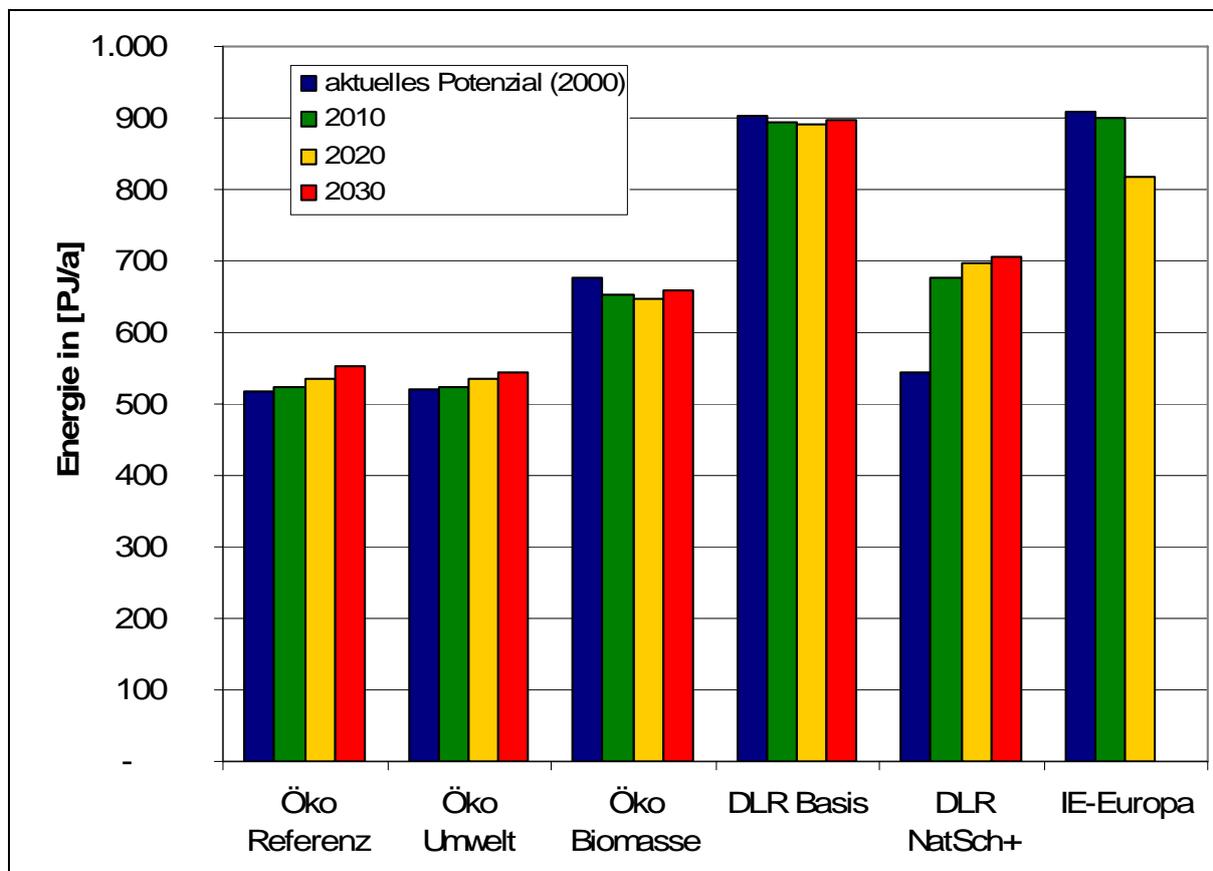


Abb. 5: Technisches Potenzial biogener Reststoffe (Bezugsjahre 2000 bis 2030); Quelle FRITSCH ET AL.2004; NITSCH ET AL. 2004; THRÄN ET AL. 2005, EEA 2006

## Nachwachsende Rohstoffe

Die Schlüsselgröße für die Rohstoffpotenziale ist die zur Verfügung stehende Anbaufläche sowie die Erträge von Energiepflanzen pro Fläche. Die Gesamtfläche der Bundesrepublik Deutschland umfasst etwa 35,7 Mio. ha. Davon wurden 11,9 Mio. ha (33,3 %) im Jahr 2005 als Ackerland genutzt. Für den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen wurden in etwa 2 Mio. ha in 2007 (ca. 17 % der Ackerfläche) genutzt (FNR 2006c).

Für die Berechnung eines energetischen Potenzials für nachwachsende Rohstoffe muss dementsprechend zuerst das verfügbare Flächenpotenzial ermittelt werden. In einem weiteren Schritt müssen Annahmen zu den angebauten Pflanzenarten und deren Erträge pro Fläche und der verwendeten Umwandlungstechnologien vorgegeben werden, um das Energiepotenzial zu ermitteln.

Abbildung 6 zeigt die Flächenpotenziale für nachwachsende Rohstoffe, die in verschiedenen Studien und deren Szenarien für die Jahre 2010, 2020 und 2030 ermittelt. In allen Studien bzw. Szenarien wird eine Zunahme der möglichen Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe prognostiziert, allerdings weisen die Studien dabei untereinander, aber auch innerhalb der Szenarien erhebliche Unterschiede auf.

Grundsätzlich werden die Szenarien unterschieden in

- Referenzszenario, das den bisherigen Trend fortschreibt,
- ein umweltbezogenes Szenario, das Umwelt- und Naturschutzvorgaben im besonderen Maße berücksichtigen soll, und
- ein Szenario, das die Maximierung der Biomassenverfügbarkeit zum Ziel hat.

Dabei ist die Öko-Institut-Studie die einzige Studie, die ein Referenzszenario aufweist. Die Szenarien Basis (DLR), CP (IE-Europa) und Biomasse (Öko) haben alle drei die Maximierung des Biomasseangebots zum Ziel und sollen eine Obergrenze der Biomassenutzung darstellen. Dabei werden jedoch derzeitige rechtliche Regelungen vor allem bezüglich des Naturschutzes nicht vollständig beachtet wie z. B. die Vorgabe nach § 3 BnatSchG, dass ein Netz verbundener Biotope geschaffen werden soll, das mindestens 10 % der Landesfläche umfasst. Dadurch kommt es bei diesen Szenarien zu einer Überschätzung des Potenzials, sodass diese nicht als Obergrenze aus heutiger Sicht gewertet werden können. Sie sollten deshalb auch nicht für die Erarbeitung politischer Ziele hinsichtlich der Biomassenutzung herangezogen werden.

Die großen Unterschiede zwischen den Szenarien begründen sich in den unterschiedlichen Annahmen, die in Bezug auf Produktionssteigerung in der Nahrungsmittelproduktion sowie generell in der Pflanzenproduktion, Selbstversorgungsgrad für Nahrungsmittel, Bevölkerungsentwicklung, Naturschutzbelange, Anteil von Brachflächen, Anteil an ökologischer Landwirtschaft, Flächenverbrauch usw. getroffen wurden.

Das mit 7,3 Mio. ha höchste Flächenpotenzial des CP-Szenarios entspricht 43 % der derzeitigen landwirtschaftlichen Fläche und erscheint damit sehr hoch. Der SRU (2007) kommt zu dem Schluss, dass ein Flächenpotenzial zwischen 3 und 4 Mio. ha bis 2030 realistisch ist.

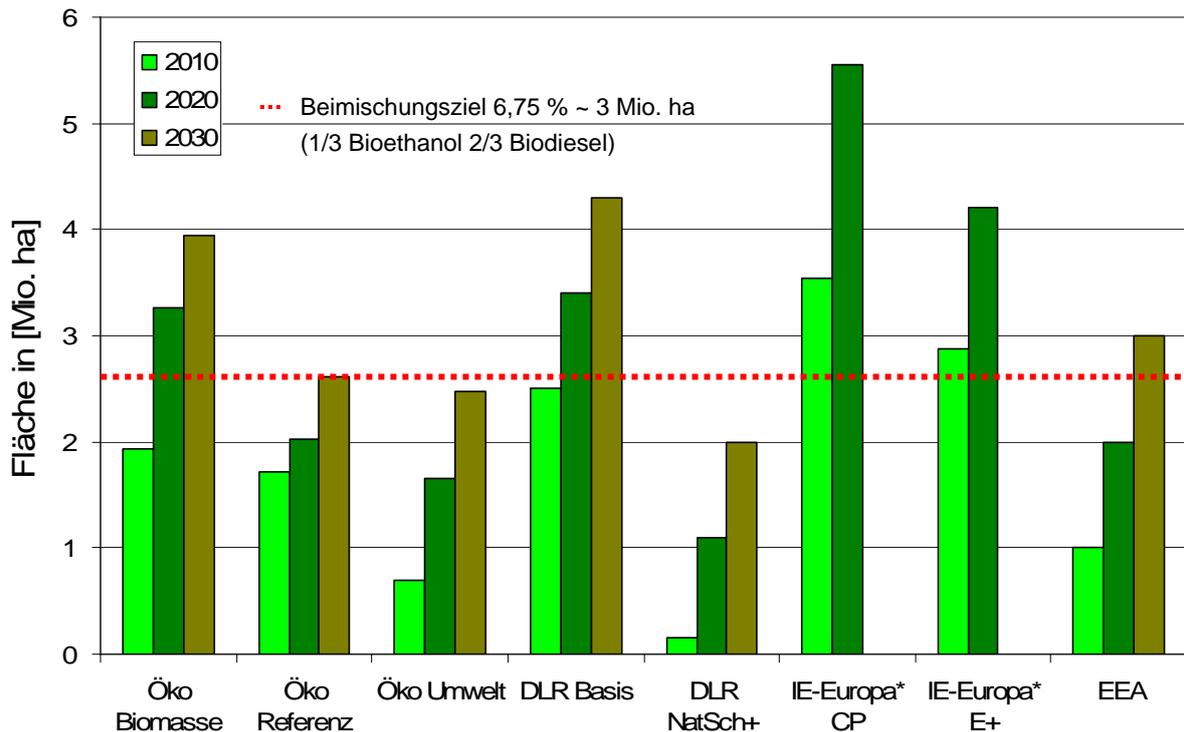


Abb. 6: Übersicht über die Anbauflächenpotenziale in Deutschland für nachwachsende Rohstoffe verschiedener Studien von 2010 bis 2030 (ohne Grünland)

\*keine Angaben für 2030

Quelle: SRU 2007, nach FRITSCHKE ET AL. 2004; NITSCH ET AL. 2004; THRÄN ET AL. 2005, EEA 2006

Um aus dem Flächenpotenzial ein Energiepotenzial abzuleiten, müssen Annahmen zu genutzten Pflanzenarten auch hinsichtlich einer einzuhaltenden Fruchtfolge sowie zur möglichen Produktionssteigerung und den verschiedenen Nutzungsmöglichkeiten mit den unterschiedlichen Techniken gemacht werden. Mithilfe der Übersicht in Abbildung 7 über mögliche Energieerträge von nachwachsenden Rohstoffen pro Hektar sollen die Unterschiede zwischen verschiedenen Nutzungsmöglichkeiten dargestellt werden. Diese Übersicht zeigt, dass die Nutzung von Festbrennstoffen wie Kurzumtriebsplantagenholz (KUP) zur Wärme- und Wärme- und Stromnutzung sowie auch die Wärme- und Stromnutzung von Mais über Biogas wesentlich höhere Energieerträge pro Hektar ergeben als die Nutzung von Energiepflanzen zur Herstellung von Flüssigkraftstoffen. Dagegen ergeben sich bei der Nutzung von Biogas als Kraftstoff höhere Energieerträge als bei der Nutzung der flüssigen Biokraftstoffen Ethanol und Biodiesel der ersten Generation (vgl. Abbildung 7).

Hinsichtlich des hier diskutierten energetischen Potenzials aus nachwachsenden Rohstoffen wird klar, dass die Kraft-Wärme-Kopplung generell zu höheren Energieerträgen führt als die Kraftstoffnutzung. Diese Übersichtsrechnung führt zu dem Ergebnis, dass über eine reine Kraftstoffnutzung bis zum Jahr 2010 mit einem Flächenpotenzial von etwa 2,5 Mio. ha (Referenz-Szenario FRITSCHKE ET AL. 2004) ca. 1 % des deutschen Primärenergiebedarfs gedeckt werden könnten, bei einer Nutzung der gleichen Fläche für die Wärmebereitstellung könnten dagegen knapp 2,5 % des Primärenergiebedarfs bereitgestellt werden. Bis zum Jahr 2030 kann dieses Potenzial sich auf knapp 5 % erhöhen. Mit dem Reststoffpotenzial zusammen können in 2030 damit maximal 10 % des Primärenergiebedarfs bereitgestellt werden (bezogen auf einen PEV von ca. 12 000 PJ/a nach EWI und PROGNOSE 2006), sodass die Ausbauziele, wie sie nach NITSCH (2007) mit bis zu 18 % Anteil der Bioenergie am Primärenergieverbrauch beschrieben werden, sehr ambitioniert erscheinen und nicht mit Biomasse nationaler Herkunft erreicht werden können.

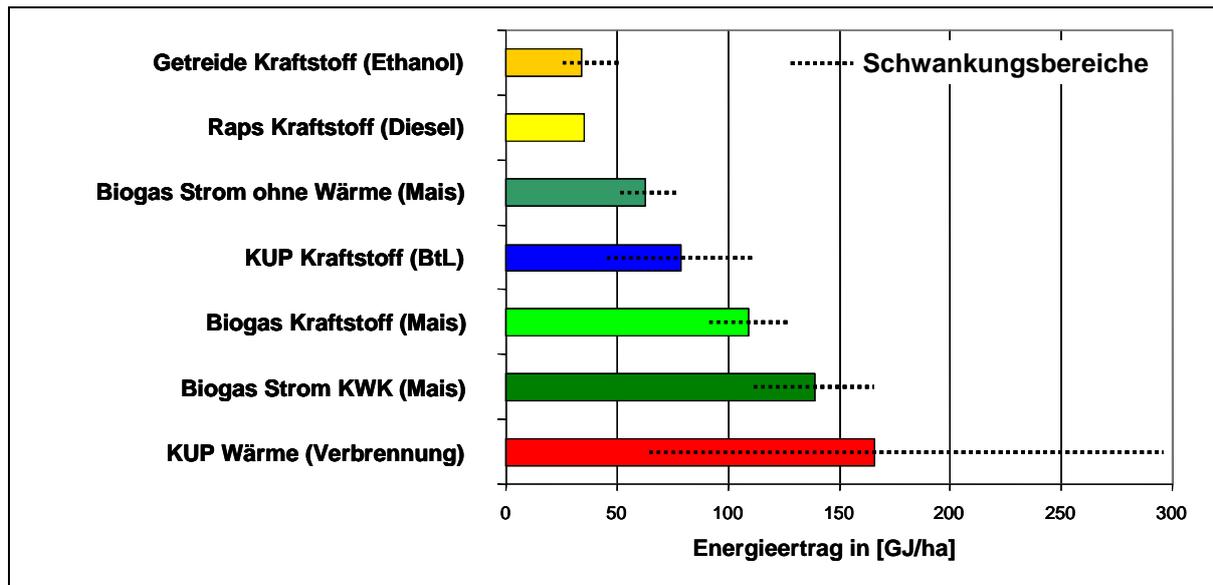


Abb. 7: Übersicht über derzeitige Energieerträge (netto) von nachwachsenden Rohstoffen bei verschiedenen Nutzungspfaden in GJ/ha; Quelle: SRU 2007

Werden die politischen Zielvorgabe des Kraftstoffquotengesetzes betrachtet, das ab 2010 einen Anteil von alternativen Kraftstoffen von 6,75 % am gesamten Kraftstoffverbrauch in Deutschland fordert, wird bei einem Anteil an der Quote von einem Drittel Bioethanol und zwei Drittel Biodiesel eine Fläche von knapp 3 Mio. ha für den Anbau entsprechend nutzbarer nachwachsender Rohstoffe benötigt. In Abbildung 6 ist dieser Flächenanspruch markiert. Es wird deutlich, dass nur mit dem Szenario IE-Europa-CP, das vor allem naturschutzfachlich fraglich erscheint, dieses Ziel mit nationaler Rohstoffproduktion erreichbar wäre. Außerdem ist zu beachten, dass bei dieser Flächenabschätzung für Biokraftstoffe keine anderen Zielsetzungen hinsichtlich des Strom- und Wärmeersatzes von nachwachsenden Rohstoffen betrachtet werden.

Diese Ausführungen zeigen, dass das Erreichen der derzeitigen politischen Ziele hinsichtlich des Ausbaus der Bioenergie nur mit einem erheblichen Importaufwand von Biomasse bzw. Bioenergeträgern möglich ist. Im Hinblick auf zukünftige Zielhorizonte wird sich dieser Importaufwand voraussichtlich verstärken, auch bei einer Ertragssteigerung in der Pflanzenproduktion und bis dahin vielleicht großtechnisch einsetzbaren neuen effizienteren Technologien. Durch die ambitionierten politischen Ziele vor allem für eine Biokraftstoffnutzung werden also Importe von Biomasse bzw. Bioenergeträgern forciert, wobei die damit verbundenen Folgen noch nicht hinreichend berücksichtigt werden (siehe Kapitel 4).

## 4 Umweltauswirkungen

### 4.1 Methodik

Eine Gesamtbetrachtung aller Vor- und Nachteile des verstärkten Ausbaus der Biomasseproduktion und -nutzung in Deutschland erfordert eine umfassende Analyse verschiedener Anbau- und Nutzungspfade beispielsweise über eine Lebenszyklusanalyse. Fundierte Prognosen der Umweltauswirkungen der Gewinnung von Biomasse sind noch nicht zufrieden stellend geleistet worden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Ökobilanzierungen zum Teil sehr komplex sind (IFEU 2006, vgl. HERRMANN und TAUBE 2006, RODE ET AL. 2005).

Insbesondere aus der Perspektive des Klimaschutzes ist es erforderlich, das Treibhausgas-Vermeidungspotenzial unter Einbeziehung der Produktionswege und -prozesse von Anfang bis zum Ende fundiert zu analysieren. Bei der Festsetzung des Bilanzrahmens ist vor allem darauf zu achten, dass dieser als Resultat miteinander vergleichbare Ergebnisse liefert.

## 4.2 Gewinnung von Biomasse

Der derzeit vorangetriebene zügige Ausbau von Biomasse kann sowohl auf nationaler als auch der internationalen Ebene signifikante Folgen für die Umwelt haben. Der intensive Anbau steht dabei oft mit Zielen des Naturschutzes im Konflikt, zumal die konventionelle Landwirtschaft bereits jetzt in hohem Niveau negative Auswirkungen auf den Naturhaushalt – insbesondere auf Böden und Gewässer – verursacht. Nachhaltige Anbauverfahren können hingegen Synergieeffekte mit dem Naturschutz nach sich ziehen.

Negative Auswirkungen sind vor allem bei der flächenhaften Zunahme z. B. von Raps und Mais auf Kosten weniger umweltgefährdender Anbauformen sowie die Um- oder Übernutzung von CO<sub>2</sub>-speichernden Vegetationsformen wie Wald oder Grünland zu finden. Diese Gefährdungen müssen durch eine Anpassung des rechtlichen Rahmens eingedämmt werden.

Grundsätzlich können nachwachsende Rohstoffe auch in nachhaltiger Anbauweise erzeugt werden. Neben der Erprobung und Anwendung alternativer Anbauverfahren und traditionell verwendeter Sorten gehört dazu auch die Entwicklung von Sorten, die sich durch einen minimalen Pestizid- und Düngemittelbedarf auszeichnen. Neben dem Schutz der Böden und Gewässer führen nachhaltige Anbauverfahren – insbesondere dort, wo Intensivkulturen ersetzt werden – zu positiven Begleiteffekten für die Artenvielfalt.

In rechtlicher Hinsicht sollten für den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen grundsätzlich die gleichen Standards wie für die Nahrungs- und Futtermittelproduktion gelten. Die Veränderungen der Landwirtschaft, die angesichts der gezielten Förderung des Anbaus von nachwachsenden Rohstoffen zu erwarten sind, sind allerdings Anlass dafür, die umweltverträgliche Entwicklung der Landwirtschaft insgesamt voranzutreiben. Die bestehenden ökologischen Standards, die sich im Rahmen der guten fachlichen Praxis des nationalen Rechts (GfP) oder der europäischen Vorgaben des Cross Compliance finden, sollten in jedem Fall konsequent umgesetzt und partiell weiterentwickelt werden.

Spezifische Standards für den Biomasseanbau sind hinsichtlich der Reststoffentnahme erforderlich, die im Übermaß zu negativen Eingriffen in die Nährstoffkreisläufe führen kann. Darüber hinaus kann sich ein spezifischer Regulierungsbedarf künftig hinsichtlich des Anbaus gentechnisch veränderter Pflanzen ergeben. Im Falle von fruchtart- und standortspezifischen Auswirkungen sollte durch Maßnahmen der räumlichen Gesamtplanung Vorsorge getroffen werden. Auch die flächenbezogene Förderung der nachwachsenden Rohstoffe sollte nur unter der Bedingung erfolgen, dass keine schutzwürdigen oder empfindlichen Gebiete durch unangepasste Anbauformen in Anspruch genommen werden.

Da aufgrund der ambitionierten Biomassepolitik der EU und der Bundesrepublik Deutschland mit einer deutlichen Ausweitung der Biomasseimporte aus nicht der EU zugehörigen Ländern, darunter insbesondere auch Schwellen- und Entwicklungsländer, zu rechnen ist, muss sichergestellt sein, dass die Importsteigerung umweltschädigenden Herstellungspraktiken in den Erzeugerländern keinen Vor-schub leistet. Mit der Ausweitung der Biomasseproduktion im internationalen Rahmen gehen erhebliche Gefahren eines Raubbaus an den Naturgütern der Erzeugerländer einher, dem durch verbindliche Standards entgegengewirkt werden muss. Private Zertifizierungssysteme sind dabei kein funktionales Äquivalent für verbindliche Standards des Biomasseanbaus, bieten aber einen wichtigen konzeptionellen Ansatz für deren Entwicklung. Dabei muss aber beachtet werden, dass die Entwicklung von Zertifizierungssystemen nicht kurzfristig möglich sein wird.

### 4.3 Nutzung von Biomasse

Durch die energetische Nutzung von Biomasse kommt es auf der einen Seite zu ökologischen Entlastungen hinsichtlich der Schonung fossiler Energieressourcen und gegebenenfalls der Verringerung von Treibhausgasemissionen. Auf der anderen Seite kommt es aber wie bei jeder technischen Nutzung vor allem aber bei der thermo-chemischen Umwandlung zu Umweltbelastungen wie Emissionen mit versauernden und eutrophierenden Wirkungen (Schwefeldioxide und Stickoxide) sowie Emissionen von Stäuben (vor allem Feinstaub) und anderen Schadstoffen.

Wegen nicht hinreichender ökobilanzieller Betrachtungen wird die Minderung von Treibhausgasen bei der energetischen Nutzung von Biomasse tendenziell überschätzt. Vor allem wegen der Vernachlässigung der Treibhausgas(THG)emissionen, die durch den Anbau von Biomasse entstehen, kann zurzeit keine abschließende Bewertung vorgenommen werden, da in den bisher vorhandenen Ökobilanzen unterschiedliche Bilanzrahmen festgelegt sind. So können sich die Ergebnisse der Ökobilanzen signifikant unterscheiden, beispielsweise je nachdem inwiefern Neben- bzw. Sekundärprodukte berücksichtigt werden.

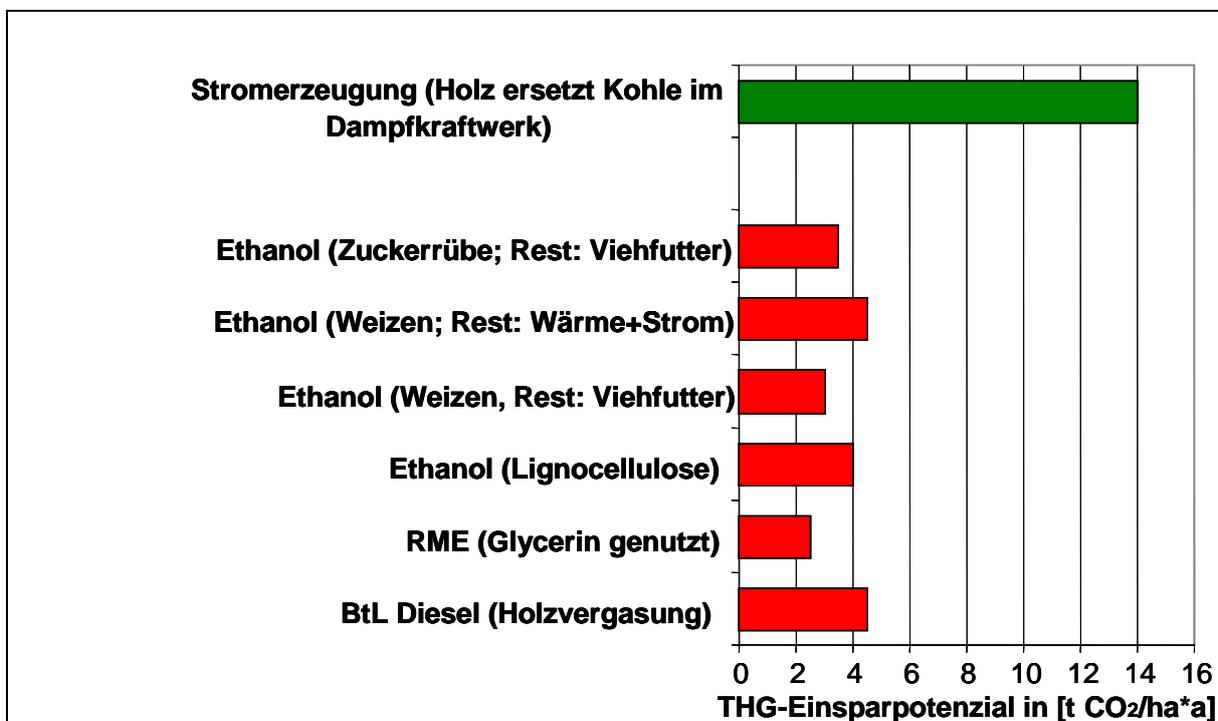


Abb. 8: Potenziale zur Reduktion der Kohlenstoffdioxid(CO<sub>2</sub>)emissionen bei verschiedenen Biokraftstoffen im Vergleich zur Stromerzeugung aus Biomasse; Quelle: CONCAWE 2004/2006

Dennoch lassen die bisherigen Ergebnisse den Schluss zu, dass sich Biogas unabhängig davon ob es stationär oder für die Mobilität genutzt wird, als vorteilhaft erweist. Dagegen erweisen sich biogene Flüssigkraftstoffe als nachteilig gegenüber der stationären Nutzung (Wärme und Strom). Biomass-to-Liquid (BtL)-Kraftstoffe erweisen sich zwar als vorteilhafter gegenüber den Biokraftstoffen der sogenannten ersten Generation. Jedoch erscheint nach derzeitigem Stand auch diese Technologie, die noch dazu erst mittelfristig für eine großtechnische Produktion zur Verfügung stehen wird, gegenüber der stationären ungünstiger zu sein (vergleiche auch Abbildung 8). Es sollte deswegen nur ein mäßiger Ausbau der Biokraftstoffe angestrebt werden. Die stationäre Nutzung zeigt vor allem bei der Wärmenutzung bzw. bei kombinierter Wärme- und Stromnutzung gute THG-Einsparungspotenziale. Generell ist anzustreben den Aggregatzustand der jeweiligen Energieträger möglichst nicht mehrfach zu

ändern (z. B. Biogas als Erdgassubstitut, Holz zu Wärme statt zu BtL), um möglichst geringe Umwandlungsverluste zu ermöglichen. Auch wenn diese generellen energetischen Grundsätze nicht immer den Marktpraktiken entsprechen, sollten diese auf jeden Fall von der Förderpolitik berücksichtigt werden.

Bei der Verbrennung von fester Biomasse kommt es vor allem zu erhöhten Feinstaubemissionen. So sind durch die Zunahme von Kleinfeuerungsanlagen die Feinstaubemissionen aus kleinen Holzfeuerungen in Haushalten und im Kleingewerbe von 2002 bis 2003 von 22,7 kt auf 24,0 kt gestiegen. Sie überschreiten inzwischen sogar die Feinstaubemissionen aus dem Straßenverkehr (siehe Tabelle 1; entlang stark befahrender Verkehrsachsen kann die Belastung aber lokal höher sein). Bei kleinen Holzfeuerungen beträgt der Anteil der Feinpartikel ( $PM_{10}$ ) am gesamten Staubaustoß mehr als 90 %. Wie viel Feinstaub tatsächlich ausgestoßen wird, hängt aber von Art und Alter der Anlage, von der Art der Befuerung, dem Wartungszustand der Anlage sowie dem eingesetzten Brennholz ab. Vorteilhaft sind zum Beispiel Holzpelletfeuerungen. Durch bessere Rauchgasreinigung sind die Emissionen in großen Anlagen wesentlich geringer als bei Kleinfeuerungsanlagen (Nussbaumer 2006).

Tab. 1: Jahresemissionen  $PM_{10}$  in Kilotonnen (1 kt = 1000 t)

<b><math>PM_{10}</math>-Emissionen in kt</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>
Kleine Holzfeuerungen in Haushalten und im Kleingewerbe	22,7	24,0
Straßenverkehr (nur Verbrennung)	25,4	22,7

Quelle: UBA 2006

#### **4.4 Thermochemisch-technisch optimierter Einsatz von Biomasse**

Prinzipiell ist es aus energetischer Sicht effizienter, Energieträger in dem Aggregatzustand (fest, flüssig, gasförmig) zu nutzen, in dem sie anfallen oder gewonnen werden. So ist die Nutzung von fossilen und biogenen Energieträgern in der Wärmeerzeugung mit sehr hohem Wirkungsgrad (über 90 %), die Nutzung in der Stromerzeugung und der Mobilität dagegen immer nur mit vergleichsweise niedrigen Wirkungsgraden möglich (15 bis 50 %). Werden die Energieträger in dem Aggregatzustand genutzt, in dem sie anfallen, werden Umwandlungsverluste vermieden und die Energieeffizienz der Nutzung verbessert.

Es ist daher effizient, Holz vorwiegend in der Wärmeerzeugung zu setzen, wobei der Abwärmenutzung strukturell Grenzen gesetzt sind (RAMESOHL ET AL. 2006). Erdöl und Produkte daraus (Mineralöl) sowie Erdgas hingegen sollten in der Mobilität verwendet werden. Derzeit wird noch ein erheblicher Teil Öl und Gas zu Heizzwecken genutzt (44 bis 56 % der Wärmebereitstellung erfolgt über Gas und Öl; Industrie 44,6 %, GHD 46 %, Haushalte 56,2 %) (BMWi 2007). Bevor also Holz in Treibstoffe umgewandelt wird, ist es aus Effizienzgesichtspunkten sinnvoll, das in der Wärmeerzeugung genutzte Öl und Gas für die Mobilität zu nutzen und den analogen Wärmebedarf über Festbrennstoffe zu decken.

Die Wirkungsgrade der dezentralen und zentralen Wärmeerzeugung sind annähernd gleich. Der Wirkungsgrad der dezentralen Stromerzeugung mit Leistungen von einigen hundert kW ist hingegen signifikant geringer (max. 25 %) als bei der zentralen Stromerzeugung (bis zu 50 %). Dezentrale Verfahren eignen sich daher eher für die Wärme- als für die Stromerzeugung. Die Biomassenutzung in dezentralen Anlagen mit vergleichsweise geringen Verstromungswirkungsgarden sollte daher sinnvollerweise in der Kraft-Wärme-Kopplung durchgeführt werden.

Da Rohstoffe nur aus Rohstoffen hergestellt werden können, Strom (auch für Mobilität) dagegen auch aus anderen regenerativen Energieträgern (Sonne, Wind, Wasser), werden langfristig (bei einer Ver-

knappung des Öls nach dem prognostizierten „Peak Oil“) die fossilen und biogenen Ressourcen vorzugsweise stofflich genutzt werden.

Um den größten Nutzen für den Klimaschutz aus der energetischen Verwertung von nachwachsenden Rohstoffen, die national nur begrenzt zur Verfügung stehen (vgl. Kap 3.2), zu erreichen, ist es sinnvoll, diese nur mäßig im Kraftstoffsektor einzusetzen. Stattdessen sollte eine gekoppelte Strom-Wärmenutzung bevorzugt werden. Im Kraftstoffbereich bietet Biogas, insbesondere aus Reststoffen, einen hohen energetischen Ertrag und damit eine auch aus Klimaschutzsicht zu fördernde Möglichkeit.

## 5 Eine nachhaltige Biomassestrategie

Eine nachhaltige Steuerung des Einsatzes von Biomasse sollte zwei grundlegende Anforderungen erfüllen:

- Sie muss die Biomassennutzung im Hinblick auf die Vermeidung von Treibhausgasemissionen optimieren.
- Sie muss einen nationalen, europäischen und internationalen Ordnungsrahmen für einen umweltgerechten Anbau von Energiepflanzen entwickeln. Dieser Ordnungsrahmen kann nicht unbeachtet der generellen Instrumente für eine umweltgerechte Landwirtschaft entwickelt werden.

Die Weiterentwicklung der Biomasseförderung sollte in zwei Phasen erfolgen,

- einer Übergangsphase der Förderung der Markteinführung eines breiten Spektrums von Technologien und
- einer daran anschließenden zweiten Phase eines effizienten Klimaschutzes durch ein erweitertes grundlegend reformiertes Emissionshandelssystem für THG.

Um aus der derzeitigen Förderung heraus zu diesem übergreifenden Emissionshandel zu gelangen schlägt der SRU kurz- bis mittelfristig eine Übergangsphase vor, in der Technologien verstärkt gefördert werden. Bei dieser Förderung sollte vermieden werden, dass Technologien gefördert werden, deren mittel- bis langfristiger Klimaschutzbeitrag nicht in einem vernünftigen Referenzrahmen von gesamtwirtschaftlich kosteneffizienten Klimaschutzmaßnahmen liegt. Aussichtsreiche Technologien lassen sich unter Berücksichtigung realistischer Schätzungen von Lernkurveneffekten hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen Potenziale identifizieren und auf Basis von Lebenszyklusanalysen umweltpolitisch bewerten. Langfristig sollte die Vermeidung von Treibhausgasen prioritär dort stattfinden, wo sie relativ am kostengünstigsten ist. Für die einzelnen Förderbereiche bedeutet dies ein mittelfristiges Auslaufen der mengenbezogenen Förderung und die möglichst weitgehende Integration in einen sektorübergreifenden Emissionshandel. Langfristig anzustreben wäre hier der Emissionshandel auf der ersten Handelsstufe (SRU 2005; 2006), da dieser gegenüber den im Entstehen begriffenen sektoralisierten Handelssystemen einfacher und zu geringeren Transaktionskosten und -brüchen realisierbar ist. Nicht grundsätzlich auszuschließen sind aber auch zweitbeste Lösungen, die zur Preissetzung einen Emissionshandel auf der ersten Handelsstufe simulieren.

Funktionsvoraussetzung solcher Modelle der Einbeziehung in den Treibhausgashandel ist eine realitätsnahe Abbildung der Treibhausgasbilanz verschiedener energetischer Verwendungen von Biomasse. Notwendig ist eine Erweiterung der Bilanzierung um die Betrachtung von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten, um zumindest die bei der Herstellung der Bioenergie relevanten Emissionen an Methan und Lachgas einzubeziehen. Auch sollte der gesamte Produktionspfad der Biokraftstoffe von eventuellen Landnutzungsänderungen über den Anbau, die Verarbeitung bis zum Verbrauch in den betreffenden Motortypen betrachtet werden. Landnutzungsänderungen spielen dabei im Hinblick auf die Speicherfähigkeit der Böden für CO<sub>2</sub> eine wichtige, bisher weitgehend ausgeklammerte Rolle.

## 6 Fazit

Die Nutzung von Biomasse ist vor dem Hintergrund der mittlerweile breit geführten Klimadebatte ein zentrales Thema geworden. Mit diesem Beitrag sollten die Pro und Contra Argumente der Biomasse-nutzung aufgezeigt werden. Wie beschrieben bietet Biomasse große Chancen hinsichtlich ihrer stofflichen und energetischen Nutzungsmöglichkeiten.

Das nationale Angebot an Biomasse ist aber zwangsläufig durch die zur Verfügung stehende Fläche begrenzt. Allein die für 2010 angestrebte Kraftstoffquote von 6,75 % würde theoretisch die zukünftig für nachwachsende Rohstoffe zur Verfügung stehende landwirtschaftliche Fläche benötigen. Die derzeit artikulierten, sehr ambitionierten politischen Ziele in Deutschland können demnach nicht mit Biomasse nationaler Herkunft realisiert werden. Biomasse ist ein internationales Handelsgut, sodass grundsätzlich gegen entsprechende Importe nichts eingewendet werden kann. Dabei sind jedoch die ökologischen und gesellschaftlichen Auswirkungen der Biomasseproduktion in den Exportländern angemessen zu berücksichtigen.

Die Produktion von importierter Biomasse kann zur Verknappung von Nahrungsmitteln, Konflikten über Flächennutzung und sogar zur Vernichtung von Primärregenwäldern führen. Im Sinne der Nachhaltigkeit sollten globale Auswirkungen Bestandteil einer nationalen Biomassestrategie sein.

Der Anbau von Biomasse ist nicht zwangsläufig nachhaltig und umweltverträglich. Er kann mit negativen Auswirkungen auf den Naturhaushalt verbunden sein. Es ist zu befürchten, dass durch einen verstärkten Anbau negativen Auswirkungen der Landwirtschaft im allgemeinen in gesteigertem Maße auftreten. Dieser Zusammenhang sollte vor einem weiteren Ausbau der Biomassenutzung intensiver untersucht werden. Die Förderung von Bioenergie sollte mit einem naturverträglichen Ausbau des Anbaus einhergehen.

Auch die Nutzung von Biomasse als Brennstoff kann mit negativen Umweltauswirkungen gegenüber herkömmlichen Brennstoffen verbunden sein. Generell muss hinsichtlich des energetischen Einsatzes von Biomasse ökologisch wie auch gesellschaftlich ein Verschlechterungsverbot gelten. Vor allem auf der internationalen Ebene muss darauf geachtet werden, dass ökologische und soziale Mindeststandards bei der Gewinnung von Biomasse und bei der Produktion von Bioenergieträgern eingehalten werden.

Der Klimaschutz, zusammen mit einem naturverträglichen Ausbau, sollte im Hinblick auf die ambitionierten Klimaschutzziele der Bundesregierung wie auch der Europäischen Union das vorrangige Ziel der Biomassenutzung sein. Dabei muss beachtet werden, dass gerade wenn mehrere Ziele gleichzeitig verfolgt werden können, der Klimaschutz nicht nachrangig behandelt wird. Die verschiedenen Nutzungspfade führen allerdings zu unterschiedlichen Treibhausgas-Einsparungspotenzialen. Aufgrund unterschiedlicher Bilanzrahmen der bisher erstellten Ökobilanzen kann keine eindeutige Beurteilung der verschiedenen Techniken vorgenommen werden. Generell scheint derzeit aber der Einsatz von Biomasse bezogen auf den Klimaschutz im mobilen Bereich schlechter zu sein als der Einsatz im stationären Bereich. Eine priorisierte Förderung des Einsatzes von Biomasse im Transportsektor steht demnach dem Klimaschutzziel konträr gegenüber.

Wird die Nutzung der Biomasse getrennt nach den zur Verfügung stehenden Fraktionen betrachtet, sollte bis auf die fermentativ nutzbaren Reststoffe und nachwachsenden Rohstoffe eher wenig Biomasse für die Kraftstoffherstellung genutzt werden. Feste Biomasse, vor allem der Rohstoff Holz, sollte vielmehr für die Bereitstellung von Wärme eingesetzt werden. Insbesondere die Nutzung für Prozesswärme in der Industrie stellt einen sinnvollen Einsatz dar, da keine andere erneuerbare Energie diese substituieren kann. Hinsichtlich Strom und Raumtemperatur bieten sich zusätzlich und langfristig die erneuerbaren Energiequellen Windkraft, Solarthermie und Geothermie als Substitute an. Wichtig

ist aber auch eine verstärkte Nutzung in Nahwärmenetzen statt in Einzelfeuerstätten. Die Biomasse-nutzung sollte demnach nicht isoliert von anderen erneuerbaren Energien hinsichtlich ihrer Klimaschutzpotenziale betrachtet werden. Ziel sollte vielmehr die Entwicklung eines ganzheitlichen Konzeptes für einen hinsichtlich des Klimaschutzes optimierten Einsatz aller Energieträger sein. Die Integration von Bioenergie in heutige und zukünftige Versorgungsstrukturen ist jedoch noch nicht genügend untersucht worden.

Die energetische Nutzung von Biomasse ist ein wichtiger Baustein für den Klimaschutz. Es sind alle energetischen Nutzungen wie Strom, Wärme und Kraftstoff anzustreben. Die derzeitigen Förderinstrumente berücksichtigen jedoch zu wenig die unterschiedlichen Effizienzgrade und Beiträge zum Klimaschutz, so dass insgesamt keine optimale Nutzung der Biomasse erfolgt. Mittelfristig sollen durchaus möglichst viele Erfolg versprechende Umwandlungstechnologien in Entwicklung und Markteinführung gefördert werden. Langfristig empfiehlt der SRU den Emissionshandel als Steuerungsinstrument, um zu gewährleisten, dass die Technologien bevorzugt gefördert werden, die ökonomisch und ökologisch den größten Nutzen versprechen.

## 7 Literatur

- Arnold, K. Rahmesohl, S., Grube, T., Menzer, R., Peters, R. (2006): Strategische Bewertung der Perspektiven synthetischer Kraftstoffe auf der Basis fester Biomasse in NRW. Endbericht. Wuppertal: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie GmbH.
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2006): Erneuerbare Energien in Zahlen – nationale und internationale Entwicklungen. Berlin: BMU (Hrsg.). URL: [http://www.erneuerbare-energien.de/files/erneuerbare\\_energien/downloads/application/pdf/broschuere\\_ee\\_zahlen.pdf](http://www.erneuerbare-energien.de/files/erneuerbare_energien/downloads/application/pdf/broschuere_ee_zahlen.pdf)
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2007): Entwicklung der erneuerbaren Energien im Jahr 2006 in Deutschland. URL: [http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/hintergrund\\_zahlen2006.pdf](http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/hintergrund_zahlen2006.pdf)
- BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie) (2007): Energiedaten – Nationale und internationale Entwicklung. Gesamtausgabe URL: <http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Energie/Energiestatistiken>
- Bundesregierung (2002): Perspektiven für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung. Berlin: Presse- und Informationsamt der Bundesregierung.
- Bundesregierung (2005): Bericht zur Steuerbegünstigung für Biokraft- und Bioheizstoffe. 2005) Drucksache 15/5816 vom 21.6.2005: deutscher Bundestag.
- CARMEN (Centrales Agrar- Rohstoff-Marketing- und Entwicklungsnetzwerk e.V.) (2004): Jahrbuch 2004/2005, Nachwachsende Rohstoffe Wirtschaftsfaktor Biomasse. Straubing: CARMEN.
- Commission of the European Communities (2005): The support of electricity from renewable sources. Brussels. Communication from the Commission.
- CONCAWE, EUCAR (European Council for Automotive R&D), European Commission - Joint Research Centre (2006): Well-to-wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context. JRC. Well-to-wheels report Version 2b.
- CONCAWE, EUCAR (European Council for Automotive R&D), European Commission - Joint Research Centre (2004): Well-to-wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context. JRC.
- Dena (2006): Biomass to Liquid – BtL Realisierungsstudie, Zusammenfassung. URL: <http://www.dena.de/de/themen/thema-mobil/publikationen/publikation/btl-realisierungsstudie/> (Stand 05/2007)
- EEA (European Environment Agency) (2006): How much biomass can Europe use without harming the environment? Copenhagen: EEA.

- Europäische Kommission (2007): Fahrplan für erneuerbare Energien. Erneuerbare Energien im 21. Jahrhundert: Größere Nachhaltigkeit in der Zukunft. KOM(2006)(2007c) 848 endg. Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäische Kommission (2005): Biomass action plan. COM(2005) 628 final. Brussels: Europäische Kommission.
- EWI (Energiewirtschaftliches Institut der Universität zu Köln), PROGROS (2006): Auswirkung höherer Ölpreise aus Energieangebot und -nachfrage. Basel, Köln, Berlin: BMWi.
- FAL (Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft) (2004): Jahresbericht 2003.
- FNR (Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe) (2005b): Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung. Gülzow: FNR.
- FNR (Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe) (2005a): Leitfaden Bioenergie - Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen. Gülzow: FNR.
- FNR (Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe) (2006a): Nachwachsende Rohstoffe in der Industrie. Gülzow: FNR. URL: [http://www.fnr-server.de/cms35/Produkt\\_gruppen.65.0.html](http://www.fnr-server.de/cms35/Produkt_gruppen.65.0.html) (02.08.2006).
- FNR (Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe) (2006b): Biokraftstoffe eine vergleichende Analyse. Gülzow, FNR.
- FNR (Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe) (2005): Leitfaden Bioenergie - Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen. Gülzow: FNR.
- FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe) (2006c): Nachwachsende Rohstoffe – alter Hut auf neuen Köpfen. Gülzow: FNR, [http://www.fnr-server.de/cms35/Nachwachsende\\_Rohstoff.60.0.html](http://www.fnr-server.de/cms35/Nachwachsende_Rohstoff.60.0.html) (06.12.2006).
- Fritsche, U. R. et al. (2004): Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse. Endbericht des Verbundprojektes, gefördert vom BMU. Berlin.
- Hermann, A., Taube, F. (2006): Die energetische Nutzung von Mais in Biogasanlagen – Hinkt die Forschung der Praxis hinterher? In: BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2006): Berichte über die Landwirtschaft. Berlin: BMELV. Heft 2, Band 84.
- IFEU (Institut für Energie- und Umweltforschung) (2006): Ökobilanzen zu BTL: eine ökologische Einschätzung. Heidelberg: ifeu-Institut.
- Kaltschmitt M., Hartmann H. (2001): Energie aus Biomasse – Grundlagen, Techniken und Verfahren. Berlin: Springer-Verlag.
- Kaltschmitt M., Hartmann H. (2002): Biomasse als erneuerbarer Energieträger. Münster: Landwirtschaftsverlag. Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe FNR, Band 3.
- Kamm, B., Gruber, P. R., Kamm, M. (2006): Biorefineries - Industrial Processes and Products, Volume 1: Principles and Fundamentals. Weinheim: Wiley-VCH.
- Knappe, F., Böß, A., Fehrenbach, H., Giegrich, J., Vogt, R., Dehoust, G., Schüler, D., Wiegmann, K., Fritsche, U. (2006): Stoffstrommanagement von Biomasseabfällen mit dem Ziel der Optimierung der Verwertung organischer Abfälle. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Dessau: UBA.
- Keymer, U., Reinhold, G. (2006): Grundsätze bei der Projektplanung (Kapitel 10). In: FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe) 2006: Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung, (Hrsg.), 3., überarbeitete Auflage. Gülzow: FNR
- Leible, L., Arlt, A., Fürniß, B., Kälber, S., Kappler, G., Lange, S., Nieke, E., Rösch, C., Wintzer, D. (2003): Energie aus biogenen Rest- und Abfallstoffen. Bereitstellung und energetische Nutzung organischer Rest- und Abfallstoffe sowie Nebenprodukte als Einkommensalternative für die Land- und Forstwirtschaft. - Möglichkeiten, Chancen und Ziele. Karlsruhe: Forschungszentrum Karlsruhe. Wissenschaftliche Berichte 6882

- Menrad, K. (2006): Stoffliche Nutzung Nachwachsender Rohstoffe - Markt und Verbraucherakzeptanz. In CARMEN (Centrales Agrar- Rohstoff-Marketing- und Entwicklungsnetzwerk e.V.) (2006b): Nachwachsende Rohstoffe – unendlich endlich. 14. CARMEN Symposium "Im Kreislauf der Natur - Naturstoffe für die moderne Gesellschaft". Straubing: CARMEN.
- Nitsch, J. et al. (2004): Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland : Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit FKZ 90141803 ; Langfassung / [Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Technische Thermodynamik. Joachim Nitsch, Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu) ; Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie. [Hrsg.: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Referat Öffentlichkeitsarbeit. Jürgen Trittin. - Berlin [u.a.], 2004. - XIX, 285 S. : Ill., graph. Darst. -(Umweltpolitik)
- Nitsch, J. (2007): Leitstudie 2007 – „Ausbaustrategie Erneuerbare Energien“. Stuttgart, Berlin: BMU.
- Nussbaumer, T. (2006): Holzenergie ja, aber wie: für Wärme, Strom oder Treibstoff? HK-Gebäudetechnik 3, S. 30-36. URL: [www.verenum.ch](http://www.verenum.ch)
- Quicker, P., Mocker, M., Faulstich, M. (2004): Energie aus Klärschlamm, in: Faulstich, M. (Hrsg.): Verfahren & Werkstoffe für die Energietechnik, Band I: Energie aus Biomasse und Abfall. Sulzbach-Rosenberg: Förster Verlag, 53-76
- Ramesohl, S., Arnold, K., Althaus, W., Urban, W., Burmeister, F., Kaltschmitt, M., Schlowin, F., Hofmann, F., Plättner, A., Kalies, M., Lulies, S., Schröder, G. (2006): Analyse und Bewertung der Nutzungsmöglichkeiten von Biomasse. Band 1 des Endberichts. Wuppertal, Leipzig, Oberhausen, Essen: BGW und DVGW.
- Rode, M., Schneider, C., Ketelhake, G., Reißhauer, D. (2005): Naturschutzverträgliche Erzeugung und Nutzung von Biomasse zur Wärme- und Stromgewinnung. Bonn – Bad Godesberg: BfN. BfN-Skripten 136.
- Schindler, J., Weindorf, W. (2006): Einordnung und Vergleich biogener Kraftstoffe – „Well-to-Wheel“-Betrachtungen. In: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis Nr.1 15 Jg., April 2006, S.52, URL: <http://www.itas.fzk.de/tatup/061/scwe06a.pdf>, (Stand 01.2007).
- SRU (Rat von Sachverständigen für Umweltfragen) (2004): Umweltgutachten 2004. Umweltpolitische Handlungsfähigkeit sichern. Online im Internet: [http://www.umweltrat.de/02gutach/download02/umweltg/UG\\_2004\\_1f.pdf](http://www.umweltrat.de/02gutach/download02/umweltg/UG_2004_1f.pdf) [Stand 06.10.2006].
- SRU (Rat von Sachverständigen für Umweltfragen) (2005): Sondergutachten. Umwelt und Straßenverkehr. Hohe Mobilität – umweltverträglicher Verkehr. Sondergutachten. Baden-Baden: Nomos. URL: [http://www.umweltrat.de/02gutach/download02/sonderg/SG\\_Umwelt\\_und\\_Straassenverkehr2005\\_web.pdf](http://www.umweltrat.de/02gutach/download02/sonderg/SG_Umwelt_und_Straassenverkehr2005_web.pdf)
- SRU (Rat von Sachverständigen für Umweltfragen) (2006): Die nationale Umsetzung des europäischen Emissionshandels:  
Marktwirtschaftlicher Klimaschutz oder Fortsetzung der energiepolitischen Subventionspolitik mit anderen Mitteln? Stellungnahme, April 2006.
- SRU (Rat von Sachverständigen für Umweltfragen) (2007): Sondergutachten. Klimaschutz durch Biomasse. Ab Juni 2007 online im Internet: <http://www.umweltrat.de/>
- Thrän, D. et al. (2005): Nachhaltige Biomassestrategien im europäischen Kontext. Leipzig: Institut für Energetik und Umwelt.
- UBA (Umweltbundesamt) (2000): Hintergrundpapier „Handreichung Bewertung in Ökobilanzen“. Dessau: UBA.
- UBA (2006): Die Nebenwirkungen der Behaglichkeit: Feinstaub aus Kamin und Holzofen. Hintergrundpapier. Dessau, 09.03.2006.

## Effizienter und nachhaltiger Klimaschutz mit Biomasse

**Dr. Helmut G. Theiler, Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz**

### Chancen

Der Anbau und die Nutzung von Biomasse zur Energieerzeugung bieten vielfältige Chancen. Biomasse ist Sonnenenergie in chemisch gebundener Form. Sie stellt damit im Gegensatz zu anderen regenerativen Energien, wie z. B. Wind, eine gespeicherte, lagerfähige und jederzeit bedarfsgerecht nutzbare Energie zur Strom-, Wärme- und Kraftstoffproduktion dar.

Die Nutzung von Biomasse dient dabei der Land- und Forstwirtschaft durch Schaffung neuer Einkommensquellen. Sie dient energiewirtschaftlichen Belangen durch Schaffung einer höheren Versorgungssicherheit. Der Klima- und Umweltschutz spielt in der öffentlichen Diskussion die größte Rolle.

Biomasse leistet einen Beitrag zur Schonung fossiler Energieträger und vermindert in der Regel die Emission klimarelevanter Treibhausgase wie Kohlendioxid. Bei der energetischen Nutzung wird klimaschonend nur das Kohlendioxid freigesetzt, das während des Pflanzenwachstums gebunden wurde. Grundvoraussetzung dafür, dass durch den Einsatz von Biomasse zur Energieerzeugung im Vergleich zu der Verwendung fossiler Energieträger weniger Treibhausgase freigesetzt werden, ist jedoch, dass die nachwachsenden Rohstoffe umweltverträglich und klimaschutzorientiert angebaut und genutzt werden. Die Verwendung von Biomasse als Energieträger steht deshalb unter dem Vorbehalt der Beachtung ökologischer Erfordernisse.

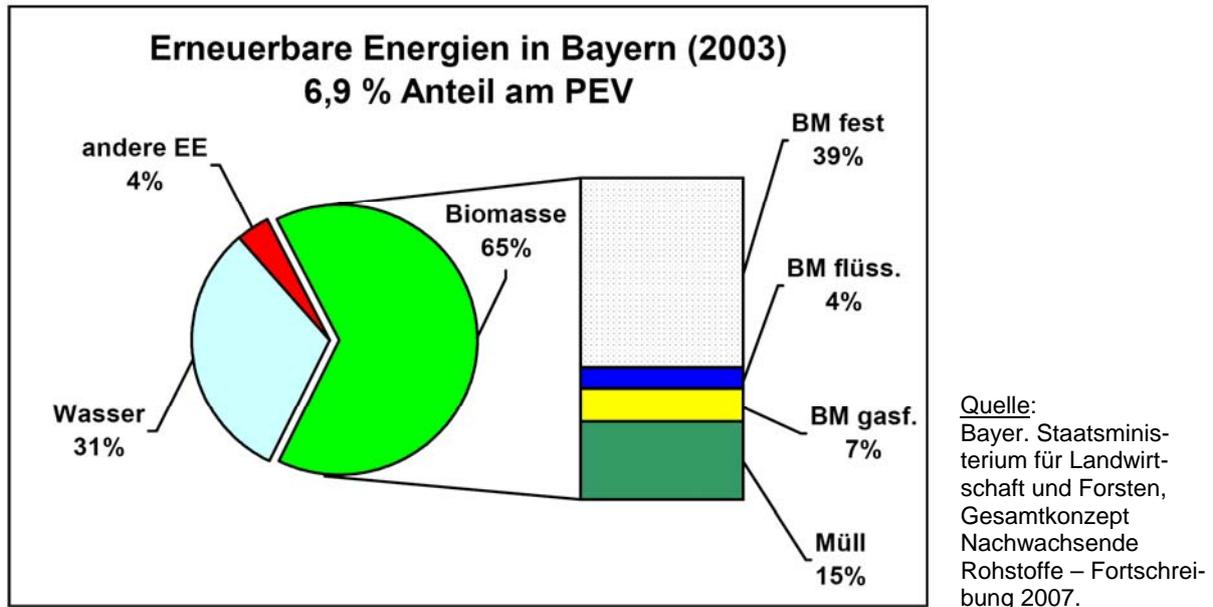
Weitere Chancen liegen in der Entwicklung neuer Technologien. So werden im Rahmen der Biomassenutzung zahlreiche neue Verfahren entwickelt und optimiert, wodurch Bayern und Deutschland seine führende Position als Technologieanbieter weiter ausbauen kann.

Der Biomasseausbau ist somit grundsätzlich zu begrüßen.

### Bayern

Biomasse als Energieträger verzeichnet in den letzten Jahren eine sehr dynamische Entwicklung. Die Biomasse ist mit der Wasserkraft damit der bedeutendste erneuerbare Energieträger in Bayern. Von 1998 bis 2003 (letzte amtliche Statistik) konnte der Primärenergieverbrauch von Biomasse in Bayern um 24,5 Petajoule (PJ, Billiarde Joule) von 64,2 PJ auf 88,7 PJ um rund 40 % gesteigert werden. Damit werden in Bayern bereits 4,4 % (2003) des Primärenergieverbrauchs aus Biomasse erzeugt. Das von der Staatsregierung anvisierte Ziel, 5 % des Primärenergieverbrauchs aus Biomasse zu generieren, wird bei Anhalten dieser positiven Entwicklung demnächst erreicht. Jährlich werden dadurch rund 6 Mio. Tonnen Kohlendioxid eingespart.

Beim Primärenergieverbrauch hat die Biomasse die Wasserkraft mittlerweile überholt. Der Anteil der Biomasse an der Energiebereitstellung durch erneuerbare Energien beträgt fast zwei Drittel. Nicht ganz ein Drittel wird durch Wasserkraft erzeugt. Der Anteil aller anderen erneuerbaren Energien (Solarenergie, Windkraft und Geothermie) beträgt 4 %. Beim Ausbau der Erneuerbaren Energieträger liegt das Hauptaugenmerk auf der Biomasse. Die bayerische Land- und Forstwirtschaft leistet also durch die Nutzung nachwachsender Rohstoffe einen beachtlichen aktiven Beitrag zum Klimaschutz.



Im Abschlussbericht der Enquete-Kommission des Bayerischen Landtags „Mit neuer Energie in das neue Jahrtausend“ (Landtag-Drs. 14/12260 aus dem Jahr 2003) wird von einem Biomassepotenzial zur Energieerzeugung von bis zu 323 PJ pro Jahr ausgegangen. Bei einem Primärenergieverbrauch in Bayern von derzeit rund 2 000 PJ pro Jahr beträgt das technische Potenzial des Anteils der Biomasse am Primärenergiebedarf in Bayern somit bis zu 15 %.

## Grenzen

Der wichtigste begrenzende Faktor bei der Biomasseproduktion ist in Bayern die zur Verfügung stehende Fläche. Wichtig ist daher eine hohe Flächeneffizienz bei gleichzeitiger Wahrung der ökologischen Standards des Gewässer-, Boden- und Naturschutzes. Wie viel Fläche für Energiepflanzen zur Verfügung stehen hängt ganz wesentlich davon ab, wie viel Agrarfläche künftig für die Nahrungsmittelproduktion noch benötigt wird, welche Standards zum Schutz von Boden, Gewässern und Biodiversität berücksichtigt werden und welche Fördermaßnahmen und Ziele politisch beschlossen werden. Auch die Struktur der angebauten Kulturen hat durch unterschiedlich hohe Erträge und potenzielle Ertragssteigerungen eine große Auswirkung auf das Potenzial von nachwachsenden Rohstoffen. Verschiedene Anbaupflanzen und Verwertungspfade führen zu unterschiedlichen Energiepotenzialen beim Anbau von nachwachsenden Rohstoffen.

Biomasse wird durch den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen in Land- und Forstwirtschaft produziert oder fällt in Form biogener Abfälle an. Biomasse kann in vielfältiger Weise stofflich und energetisch genutzt werden. Die energetische Nutzung erfolgt in Form von Strom, Wärme und Kraftstoffen. Durch eine Nutzung im stationären Bereich über Kraft-Wärme-Kopplung können dabei wesentlich höhere Energiepotenziale erreicht werden als bei Nutzung der gleichen Fläche zur Herstellung von Biokraftstoffe.

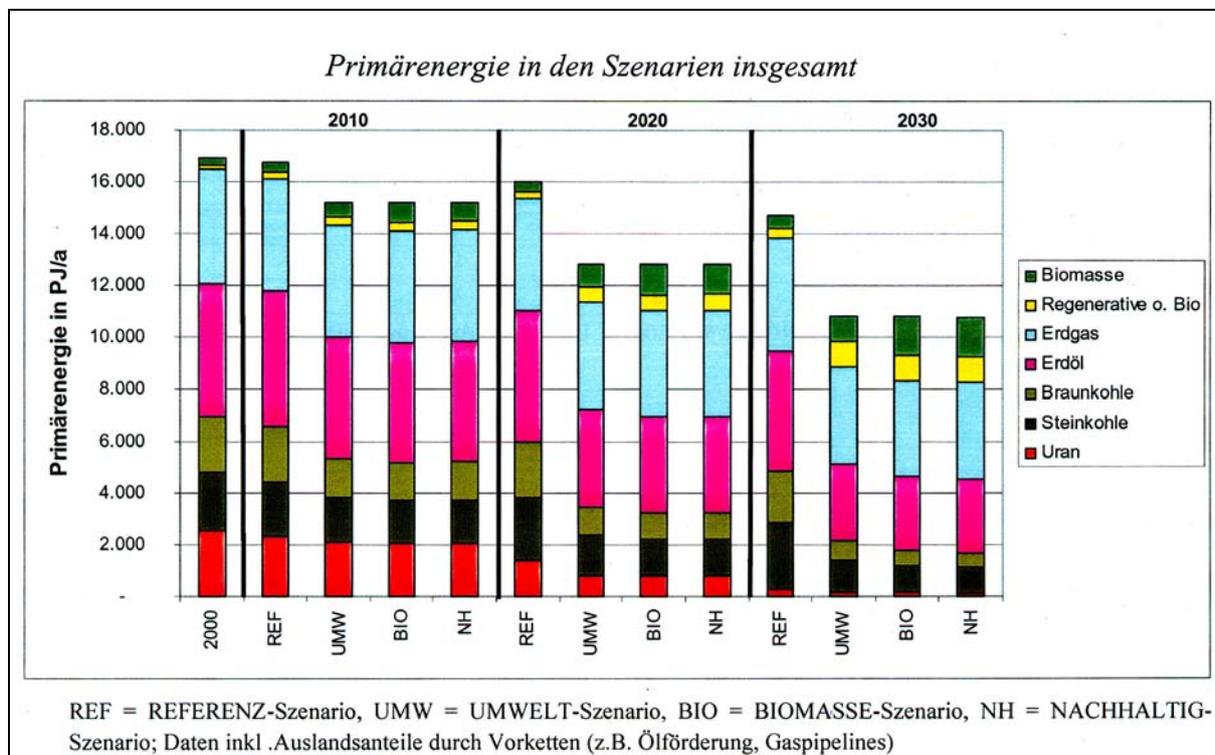
Der Schwerpunkt der vorliegenden Betrachtungen liegt aufgrund der aktuellen Diskussionen bei der energetischen Nutzung von Biomasse. Es darf aber nicht vergessen werden, dass die energetischen Nutzung in Konkurrenz mit der stoffliche Nutzung steht und dass durch eine starke Förderung der energetischen Nutzung diese Konkurrenz verschärft wird.

Biomasse steht entgegen mancher Vorstellung nicht unerschöpflich und unbegrenzt zur Verfügung. Auf diese Tatsache hat kürzlich der Sachverständigenrat für Umweltfragen in seinem Sondergutachten Klimaschutz durch Biomasse besonders eindringlich hingewiesen. Zielkonflikte zwischen Agrar-, Energie- und Klimapolitik sind deshalb in dieser Konkurrenzsituation unausweichlich. Erforderlich sind Handlungsstrategien, die Fehlentwicklungen beim Ausbau der Bioenergie vermeiden. Der Umweltsachverständigenrat sieht mit dem massiven Ausbau der Bioenergie die Risiken für Boden, Wasser und Biodiversität steigen. Ähnlich kritisch haben sich auch andere nationale und internationale Institutionen geäußert. Die möglichen Nachteile können die gegebenen und angenommenen ökologischen Vorteile biogener Energieträger relativieren. Anbau und Nutzung der Biomasse müssen daher national wie international so gestaltet werden, dass der Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen gewährleistet wird. Es gilt die legitimen Anliegen des Umwelt- und Klimaschutzes, die Förderung des ländlichen Raums und der Versorgungssicherheit in einer ausgewogenen und nachhaltigen Weise zu verknüpfen.

Aus bayerischer Sicht sind deshalb beim Ausbau der Bioenergie folgende fünf Grundsätze zu beachten:

## 1 Oberste Priorität hat Energieeinsparung und Energieeffizienz.

Ohne deutliche Steigerung der Umwandlungs- und Nutzungseffizienz aller Energieträger ist keine nachhaltige Energieversorgung möglich. Durch Einsparung und verbesserte Effizienz verminderter Energieverbrauch trägt nicht nur zur Schonung der Ressourcen und zur automatischen Verringerung energieverbrauchsbedingter Umweltbelastungen bei, sondern auch zur Kostenentlastung von Wirtschaft und privaten Verbrauchern, letztlich auch zur Entspannung der Energiemärkte und so zu höherer Sicherheit und Stabilität der Versorgung. Rationellere Energienutzung ist deshalb ein übergreifender Strategieansatz über alle Energieträger und Verbrauchssektoren hinweg.



Quelle: Öko-Institut (Darmstadt), Institut für Energetik und Umwelt (Leipzig), ifeu Institut (Heidelberg) u. a.: *Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse*, Mai 2004.

In Primärenergieszenarien, die in einem vom Bundesumweltministerium geförderten Verbundprojekt „Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse“ vom Öko-Institut, ifeu-Institut u. a. errechnet wurden, zeigt sich der Effekt der Energieeffizienz ganz deutlich. Gegenüber dem Referenzszenario (Fortschreibung ohne aktive Politik) kann in den Maßnahmenszenarien (UMW, BIO, NH) bis 2020 gut 20 % und bis 2030 mehr als ein Viertel eingespart werden. Das ist mehr als alle regenerativen Energien zusammen bereitstellen können. Die Verringerung des Energieverbrauchs insgesamt wird im Speziellen auch die Bedeutung der Biomasse am Energiemarkt (= Anteil der Bioenergie am Energiemix) deutlich erhöhen. Energieeinsparung und Energieeffizienz bedeutet natürlich auch, dass bisher ungenutzte Bioenergiepotenziale erschlossen und möglichst effizient verwendet werden sollen.

## **2 Biomasse ist insbesondere zur Wärme- und Stromproduktion einzusetzen.**

Effizienter Einsatz der knappen Ressource Biomasse heißt, Biomasse dort einzusetzen, wo sie ihre beste Eignung, d. h. ihre größten Treibhausgasminderungspotenziale effizient und kostengünstig zur Geltung bringt. Abhängig von den zur Energieerzeugung eingesetzten Pflanzen und den Verwertungspfaden können unterschiedliche Energiepotenziale erschlossen werden. Eine Nutzung im stationären Bereich über Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) kann bei gleicher Anbaufläche wesentlich höhere Energiepotenziale ausschöpfen als Biokraftstoffe. Danach ist Biomasse insbesondere im Wärme- und Strombereich einzusetzen. Bei der Wärme- oder gekoppelten Wärme- und Stromerzeugung sind die Ausbeuten an Nutzenergie (Wirkungsgrad über 90 %) und damit die CO<sub>2</sub>-Einsparungen deutlich höher als im Verkehrsbereich (Wirkungsgrad ca. 30 %). Außerdem liegen die CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten im Wärme- und Strombereich wesentlich niedriger als bei Biokraftstoffen.

### **Biokraftstoffe**

*Der Beitrag von Biokraftstoffen zum Klimaschutz ist suboptimal. Die Kraft-Wärme-Nutzung von Biomasse führt generell zu höheren Energiepotenzialen als die Kraftstoffnutzung. Dies gilt insbesondere für Biokraftstoffe der ersten Generation (Biodiesel, Bioethanol). Mit dem Einsatz synthetischer BtL-(Biomass-to-Liquid)-Kraftstoffe (Kraftstoffe der zweiten Generation) resultieren aufgrund 20 bis 25 % höherer Energie-Hektarerträge wesentlich bessere Treibhausgas-Minderungspotenziale von über 90 % (im Vergleich Biodiesel: 44 %). Die höheren Erträge ergeben sich, weil das Ausgangsmaterial nicht auf öl- oder zucker- und stärkehaltige Pflanzenteile beschränkt ist. Zur Herstellung von BtL können auch ganze Pflanzen sowie pflanzliche Reststoffe genutzt werden.*

*BtL-Kraftstoffen kommt darüber hinaus zur Verbesserung der Luftqualität durch eine deutliche Verringerung der Kfz-Emissionen (insbesondere Stickstoffoxide) eine besondere Bedeutung zu. Der Einsatz von BtL dient auch der Diversifizierung der Rohstoffbasis zur Erhöhung der Versorgungssicherheit. Heutige und vermehrt zukünftige sparsame und zugleich abgasarme Motorkonzepte basieren auf einem ausgereiften Dreiklang zwischen Motortechnik, Abgasreinigung und Kraftstoffqualität. Innovative Technologien, insbesondere BtL-Technologien, können nicht nur den Weg zu hocheffizienten Motoren eröffnen, sondern auch zur stofflichen Biomassennutzung in der chemischen Industrie bis hin zur Wasserstoffwirtschaft. Gleichzeitig wird der Technologiestandort gestärkt. Derzeit befinden sich die innovativen BtL-Technologien im F&E-Stadium. Eine erste Pilotanlage ist im Bau und soll demnächst in Betrieb gehen.*

*Aufgrund der ambitionierten Klimaschutzziele in Europa und Deutschland ist, zusätzlich zur regionalen Erzeugung von nachwachsenden Rohstoffen, mit einer deutlichen Ausweitung der Biomasseimporte aus Schwellen- und Entwicklungsländern zu rechnen, um dem stei-*

genden Bedarf gerecht zu werden, vor allem bei Biokraftstoffen. Die anspruchsvollen politischen Ziele sind allein mit in Deutschland erzeugter Biomasse nicht zu erreichen. Gemäß Biokraftstoffquotengesetz muss bis zum Jahre 2010 dem in Verkehr gebrachten Otto- und Dieselmotorkraftstoff ein Biokraftstoffanteil von 6,75 % beigemischt werden. Diese Quote steigt auf 8 % bis 2015. Mit der Ausweitung der Biomasseproduktion im internationalen Rahmen gehen erhebliche Gefahren eines Raubbaus an den Naturgütern der Erzeugerländer einher, dem durch verbindliche Standards entgegengewirkt werden muss. Die im Biokraftstoffquotengesetz geschaffene Ermächtigung zum Erlass einer Nachhaltigkeitsverordnung bietet erste praktische Schritte, um ökologische Mindestkriterien für den Bioenergieeinsatz festzulegen. International anerkannte Zertifizierungssysteme, die derzeit entwickelt werden, sollen einen umwelt- und sozialverträglichen Anbau in den Erzeugerländern sicherstellen.

Biokraftstoffe bieten prinzipiell – je nach Kraftstoff und je nach Herstellungspfad – große Treibhausgas-Minderungspotenziale. Ihr möglicher absoluter Beitrag fällt jedoch aufgrund des begrenzten Angebots und bestehender Nutzungskonkurrenzen im Vergleich zur heutigen Kraftstoffnachfrage relativ gering aus. Im Verkehrsbereich ist derzeit nicht der Kraftstoff das zentrale Klimaschutz-Problem, sondern der Umfang (Fahrzeugkilometer) und die Qualität (Wirkungsgrad des Kfz) seiner Nutzung. Vordringliches Ziel ist deshalb Energieeinsparung und Energieeffizienz. Daher ist ein verstärkter Einsatz von Biokraftstoffen aus Klimaschutzgesichtspunkten erst langfristig anzustreben. Mit Blick auf wirtschaftlichere Einsatzbereiche, z. B. in der Wärmedämmung, gilt dies auch unter Kostengesichtspunkten. Darüber hinaus sind die Biokraftstoffziele mit Blick auf einen schwer kontrollierbaren Importsog von Biokraftstoffen auf Kosten der natürlichen Ressourcen in Südostasien und Südamerika kritisch zu hinterfragen.

### **3 Hohe Umweltqualität bei Erzeugung und Nutzung von Biomasse sichern**

Eine nachhaltige Biomassestrategie muss bei der Erzeugung und Nutzung von Biomasse eine hohe Umweltqualität gewährleisten. Nachwachsende Rohstoffe müssen den Nutzer in ihrer gesamten Umweltbilanz überzeugen. Damit wird auch die Akzeptanz für die Bioenergie gesichert. Die ökologischen Standards des Gewässer- und Bodenschutzes sowie des Naturschutzes (Erhalt der Biodiversität, des Landschaftsbilds und des Erholungswerts), die sich im Rahmen der guten fachlichen Praxis, des europäischen, nationalen bzw. regionalen Rechts oder der europäischen Vorgaben zu Cross Compliance finden, müssen dafür konsequent umgesetzt werden. Anlagen zur Lagerung von Biomasse müssen den Anforderungen des Boden- und Gewässerschutzes entsprechen. Ebenso sind die Standards zur Luftreinhaltung gemäß dem Stand der Technik einzuhalten. Die Vermeidung von Treibhausgasemissionen sowie Nährstoff- und Kohlenstoffverlusten sind über den gesamten Lebensweg der Biomasse zu optimieren.

#### **Klimaschutz**

Die grundsätzlichen Vorteile der energetischen Nutzung von Biomasse (Ressourcenschonung und Treibhausgasreduzierung) sind vorwiegend vom Verwertungspfad abhängig. Treibhausgasemissionen in Zusammenhang mit Produktion, Transport und Lagerung (z. B. Entweichen von Methan (23-faches Treibhauspotential gegenüber CO<sub>2</sub>) bei Biogasanlagen) sowie schlechte energetische Effizienz bei der Energieumsetzung können die Klimavorteile der Biomassenutzung zunichte machen. Eine Optimierung der Treibhausgasemissionen über den gesamten Lebenszyklus ist deshalb unumgänglich und an Förderaktivitäten zu knüpfen.

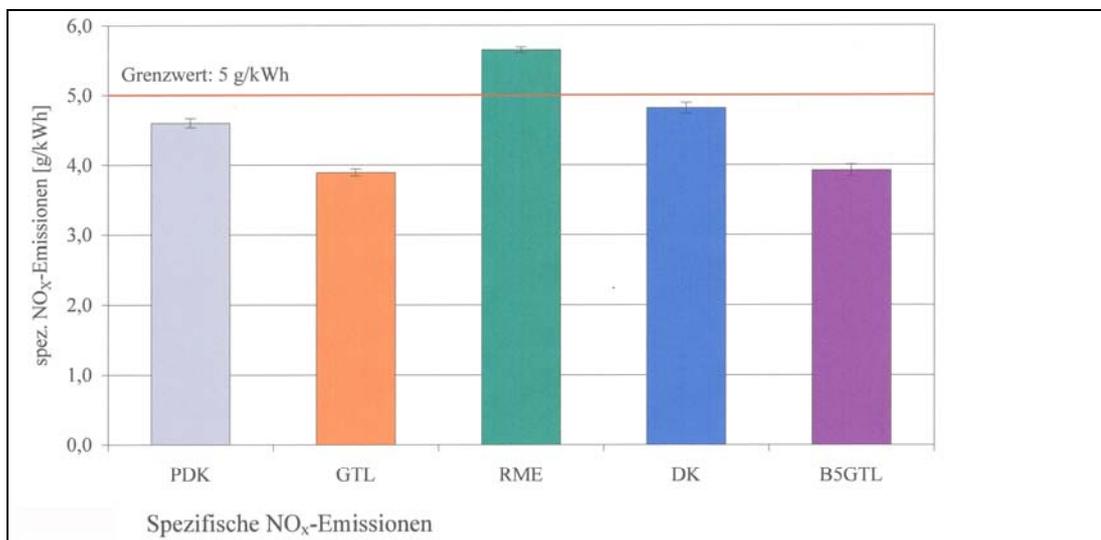
### Immissionsschutz

Bei der Verbrennung fester Biobrennstoffe werden im Vergleich zu Heizöl oder Erdgas mehr Staubpartikel emittiert. Erforderlich ist die – mit der Novellierung der Kleinf Feuerungsanlagen-Verordnung (1. BImSchV) vorgesehene – erhebliche Verschärfung der emissionsbegrenzenden Anforderungen an den Stand der Technik bei Kleinf Feuerungsanlagen, um den europäischen Luftqualitätsstandards der Immissionen (insbesondere Feinstaubbelastungen in Ballungsräumen) gerecht werden zu können.

Bei Einsatz von (reinem) Biodiesel ergibt sich gegenüber fossilen Kraftstoffen eine Erhöhung der Stickstoffoxid-Emissionen um ca. 10 %. Die Einhaltung anspruchsvoller Kfz-Emissionsstandards erfordert mit Blick auf europäische Luftqualitätsstandards (insbesondere Stickstoffdioxidbelastungen in Ballungsräumen) neben modernen Motoren und Abgasreinigungssystemen hochwertige Kraftstoffqualitäten:

- Beimischungen (Biodiesel, Ethanol/Antiklopfmittel ETBE) gemäß europäischer Kraftstoffnormen
- Veredelung von Pflanzenölen in raffinerietechnischen Verfahren (Hydrierung)
- Forschung und Entwicklung zu hochreinen synthetischen Kraftstoffen (BtL).

Messergebnisse der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft legen die Formulierung eines motor- und umweltverträglichen Biokraftstoffgemisches jenseits von reinem BtL oder reinem Biodiesel nahe. Generell gilt es die europäischen Kraftstoffqualitätsnormen zu garantieren.



Quelle: Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft 2005: Vergleich von Shell Mittel-Destillat, Premium-Diesekraftstoff und fossilem Diesekraftstoff mit Rapsölmethylester [PDK – Premium-Diesekraftstoff, GTL – Shell-Mittel-Destillat-Kraftstoff, RME – Rapsölmethylester / Biodiesel, DK – Diesekraftstoff, B5GTL – Beimischung von 5 % Biodiesel zu GtL-Kraftstoff]

Die Beimischung von Biokraftstoffen (Biodiesel, Ethanol/Antiklopfmittel ETBE) gemäß europäischer Kraftstoffnormen ist ein besonders effektiver Weg zur breiten Nutzung von Biokraftstoffen. Der Klimaschutzvorteil bleibt vollständig erhalten und gleichzeitig schöpft die einheitliche Kraftstoffqualität das technische Potenzial einer stetigen Effizienzsteigerung der Fahrzeugflotte bei maximaler Schadstoffreduktion in den Kfz-Abgasen aus. Da die von den Automobilherstellern festgelegte technische Obergrenze der Beimischung von Biodiesel auf

*7 % beschränkt ist, sind die ehrgeizigen Ziele im Biokraftstoffsegment nur mit innovativen Ansätzen – insbesondere Biokraftstoffen der zweiten Generation (BtL) – zu erreichen. Hydriertes Pflanzenöl (= Beimischung von Pflanzenöl in der Raffinerie) kann eine Brücke in diese hochqualitative Kraftstoffzukunft sein.*

### **Gewässer- und Bodenschutz**

*Auch bei verstärkter Biomassenutzung sind beim Anbau von nachwachsenden Rohstoffen gleichermaßen wie beim Nahrungs- und Futtermittelanbau die Anforderungen des Gewässer- und Bodenschutzes und der guten fachlichen Praxis einer tatsächlich ordnungsgemäßen Landwirtschaft einzuhalten. Die Umweltvorteile einer Biomassenutzung dürfen nicht durch entstehende negative Auswirkungen auf Gewässer und Böden relativiert werden.*

### **Naturschutz und Landschaftspflege**

*Die Anforderungen der guten fachlichen Praxis – insbesondere die fachlichen Standards für die Nahrungsmittelproduktion – sind auch bei der Biomasseproduktion einzuhalten und angesichts verstärkter zukünftiger Nutzung zu überprüfen und weiterzuentwickeln. Diese Anforderungen decken allerdings nicht alle naturschutzfachlich relevante Problembereiche ab. Zum Schutz der Biodiversität sollen eine weitere Intensivierung in der Landnutzung bzw. großflächige Nutzungsänderungen vermieden werden, ebenso wie nachhaltig negative Auswirkungen eines verstärkten Biomasseanbaus auf den spezifischen Erholungswert der Landschaft und das Landschaftsbild. Die Naturschutzverträglichkeit des Biomasseanbaus ist in einem bayernweiten Kontext zu sehen und kann nicht nur durch Einzelfallbehandlung gesteuert werden. Deshalb sollten übergreifende Steuerungsinstrumente, die eine Vereinbarkeit mit den Zielsetzungen des Naturschutzes gewährleisten, angewandt bzw. weiterentwickelt werden.*

## **Anbau- und Nutzungsempfehlungen**

Bayern wird den Rahmen für die nachhaltige Biomassenutzung in *Anbau- und Nutzungsempfehlungen* niederlegen. Wesentliche Elemente werden dabei die folgenden Ziele bilden:

- Chancen für die Nachhaltigkeit durch Ergänzung der Rohstoffpalette nutzen (z. B. durch Verwendung von Material aus der Landschaftspflege oder Erweiterung von Fruchtfolgen beim Anbau)
- Qualitätsmanagement für Biogasanlagen und Biomasselager (Planung, Bau, Betrieb, Umgang mit Gärresten)
- Erhalt der Bodenfunktionen
- Erhalt von Moorlandschaften und extensivem Grünland
- Erhalt von Landschaft mit hoher Strukturvielfalt und
- Empfehlungen zu standortgerechten Fruchtfolgen und Kurzumtriebsplantagen (insbesondere in sensiblen Gebieten).

## **4 Forschung und Entwicklung verstärken**

Für eine hohe Umweltqualität sind auch F & E-Anstrengungen zum nachhaltigen Anbau, zur effizienten und sauberen Aufbereitung und Verbrennung von Biomasse sowie zur Produktion von Biokraftstoffen einschließlich BtL zu verstärken. In Deutschland und Bayern geht es hier insbesondere um die Sicherung des Technologiestandorts, weniger um Massenproduktion. Innovationen stärken Deutsch-

land als Technikstandort, sichern Arbeitsplätze und erschließen neue Exportmärkte für einen weltweit wachsenden Bedarf. Die hohen Umweltstandards in Deutschland können zum Motor für Technologieexporte werden. Folgende F & E-Ziele sind u. a. zu verfolgen:

- Saubere und effiziente Aufbereitungs- und Verbrennungsverfahren zur Bereitstellung von Strom und Wärme aus Biomasse
  - Verbesserungspotenzial haben insbesondere die verschiedenen Technologien der Biogaserzeugung.
  - Emissions-Optimierung (Feinstaub, Dioxine) bei der Feststoffverbrennung (u. a. Getreide).
- Aufzeigen von Steuerungsmöglichkeiten im Sinn eines nachhaltigen und umweltverträglichen Anbaus und einer ebensolchen Verwertung von Energiepflanzen (einschließlich Algen) oder Reststoffen aus der Landschaftspflege.

## 5 Förderung an Nachhaltigkeitskriterien knüpfen

Durch Schaffung ganzheitlicher Bewertungskriterien für die Biomassenutzung sollten nachhaltige Verwertungslinien identifiziert und gefördert werden. Bayern fordert deshalb, staatliche Stützungsmaßnahmen an Bewertungskriterien zu knüpfen, die ökologische, ökonomische und soziale Aspekte zur Stärkung des ländlichen Raumes gleichwertig berücksichtigen. Durch eine entsprechende konsistente Förderpolitik ist der optimale Einsatz der nur beschränkt zur Verfügung stehenden Biomasse für den Klimaschutz auf der Grundlage eines umweltverträglichen Anbaus möglich. Eine transparente Förderstrategie gibt der Wirtschaft klare Signale und vermeidet Fehlentwicklungen und Fehlinvestitionen.

### Umweltfachlicher Rahmen einer nachhaltigen Biomassenutzung

1. *Ressourcen- und Energieeffizienz erhöhen (Energienachfrageseite)*
  - **Energieeinsparung:** Verringerung des Energieverbrauchs wird Bedeutung der Bioenergie deutlich erhöhen.
2. *Umweltverträgliche und nachhaltige Biomassenutzung sicherstellen (Energieangebotsseite)*
  - **Bioenergie insbesondere zur Wärme- und Stromproduktion einsetzen**, da einfache Technik, höchste Effizienz und geringste Kosten
  - **Forschung und Entwicklung verstärken** zum umweltverträglichen Anbau, zur effizienten und sauberen Aufbereitung und Verwertung von Biomasse sowie zur Produktion von Biokraftstoffen einschließlich BtL, insbesondere zur Sicherung des Technologiestandorts
  - **Umweltschutz (Gewässer- und Bodenschutz, Naturschutz, Immissionsschutz, Klimaschutz) sichern:** Hohe Umweltqualität auf dem gesamten Lebensweg (Anbau, Produktion, Lagerung, Nutzung) ist Voraussetzung und Garant für nachhaltigen Erfolg der Biomassenutzung
  - **Förderung an Nachhaltigkeitskriterien knüpfen**

**BIOENERGIE: ERFOLGREICH DURCH ENERGIEEINSPARUNG UND UMWELTQUALITÄT**

**Quellen:**

Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten, *Gesamtkonzept Nachwachsende Rohstoffe – Fortschreibung 2007*.

Sachverständigenrat für Umweltfragen: Sondergutachten *Klimaschutz durch Biomasse*, Juli 2007.

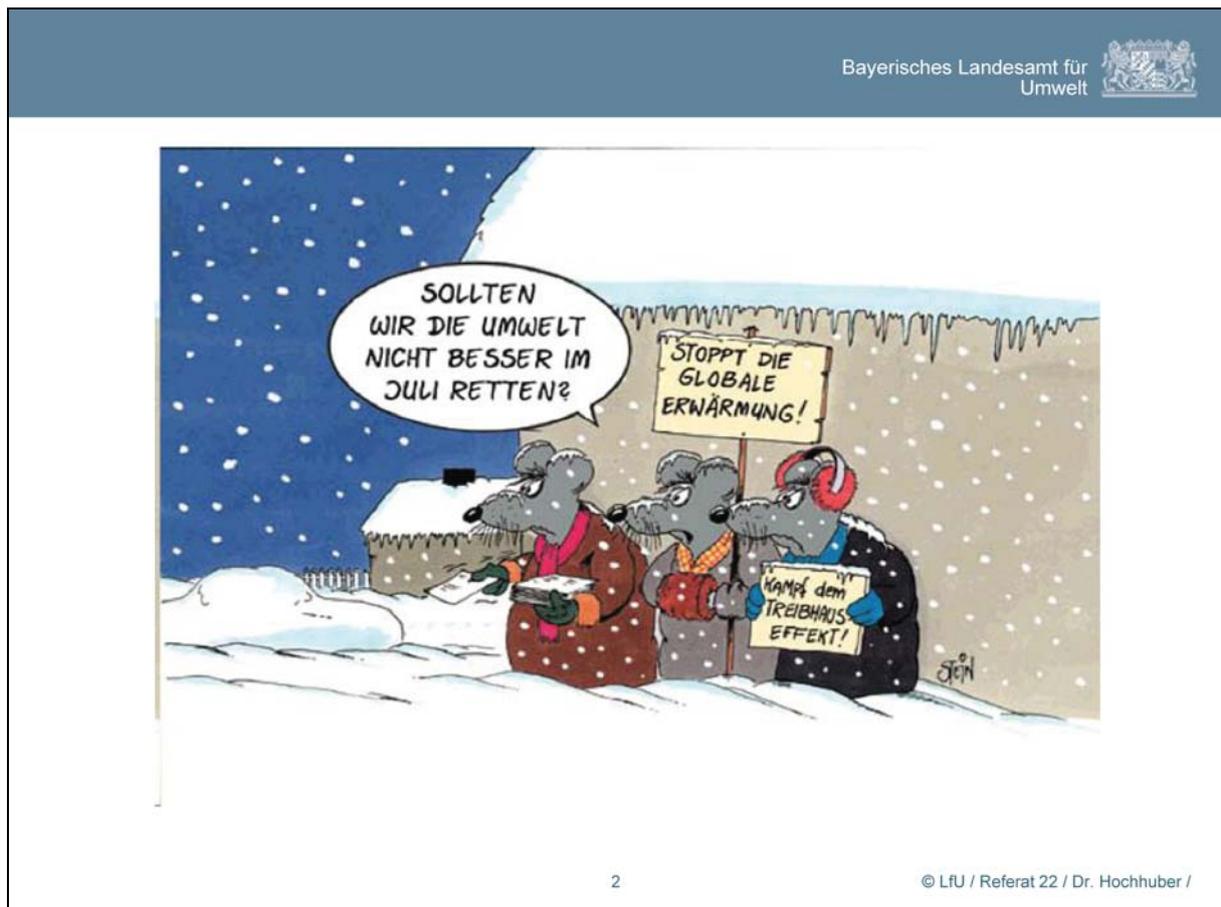
Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie: *Klimawirksame Emissionen des Pkw-Verkehrs*, Dezember 2006.

Sachverständigenrat für Umweltfragen: Sondergutachten *Umwelt und Straßenverkehr*, Juli 2005.

Öko-Institut (Darmstadt), Institut für Energetik und Umwelt (Leipzig), ifeu Institut (Heidelberg) u. a.: *Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse*, Mai 2004.

## Effiziente Energienutzung als Basis einer umweltverträglichen Versorgung mit erneuerbaren Energien

Dr. Josef Hochhuber, Bayerisches Landesamt für Umwelt



## Anforderungen für effektiven Klimaschutz

Forderung der Klimawissenschaftler (IPCC, 2007) zur Begrenzung des weltweiten Temperaturanstieges auf 2 – 2,4 Grad:

**Senkung der globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen bis Jahr 2050 um 50 - 85 % gegenüber dem Jahr 2000 (ca. 26 Mrd. t/a)**



**Gesamtemissionen 2050 weltweit 4 - 13 Mrd. t/a**



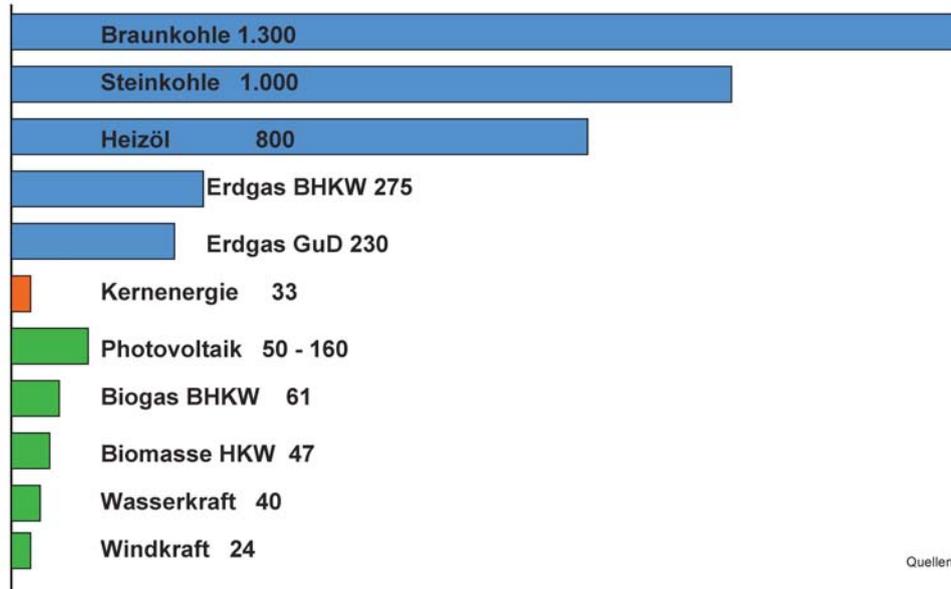
**Emissionen pro Kopf bei 9 Mrd. Menschen 2050: 0,5 - 1,5 t/a**

## Erneuerbare Energien als Lösung der Klimaproblematik?

	Vorteile	Nachteile
<b>Wasserkraft</b>	- kostengünstig - kurze energetische Amortisation - keine Schadstoffemissionen	- Einfluss auf Landschaftsbild - Einfluss auf Gewässerökologie
<b>Windkraft</b>	- kostengünstig - kurze energetische Amortisation - keine Schadstoffemissionen	- Einfluss auf Landschaftsbild - starke Leistungsschwankungen
<b>Biomasse</b>	- Bereitstellung nach Bedarf möglich - Kombinierbar mit Reststoffentsorgung	- Schadstoffemissionen - Gefahr von Monokulturen - Stromprod. rel. teuer, geringe Wirkungsgrade
<b>Erdwärme</b>	- Gleichmäßige Energieversorgung - keine Schadstoffemissionen	- Stromprod. rel. teuer, geringe Wirkungsgrade - Strombedarf bei Wärmepumpe
<b>Photovoltaik</b>	- keine Schadstoffemissionen	- extrem teuer - lange energetische Amortisationszeiten - sehr flächenintensiv - starke Leistungsschwankungen
<b>Solarthermie</b>	- relativ kostengünstig - technisch einfach - keine Schadstoffemissionen	- im Winter nicht verfügbar

## Gibt es CO<sub>2</sub>-neutrale Energieträger?

Grafik: Spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen der Stromproduktion mit verschiedenen Energieträgern (Äquivalente) [g/kWh]



Quellen: Probas, GEMIS

5

© LfU / Referat 22 / Dr. Hochhuber /

## Königsweg: Steigerung der Energieeffizienz

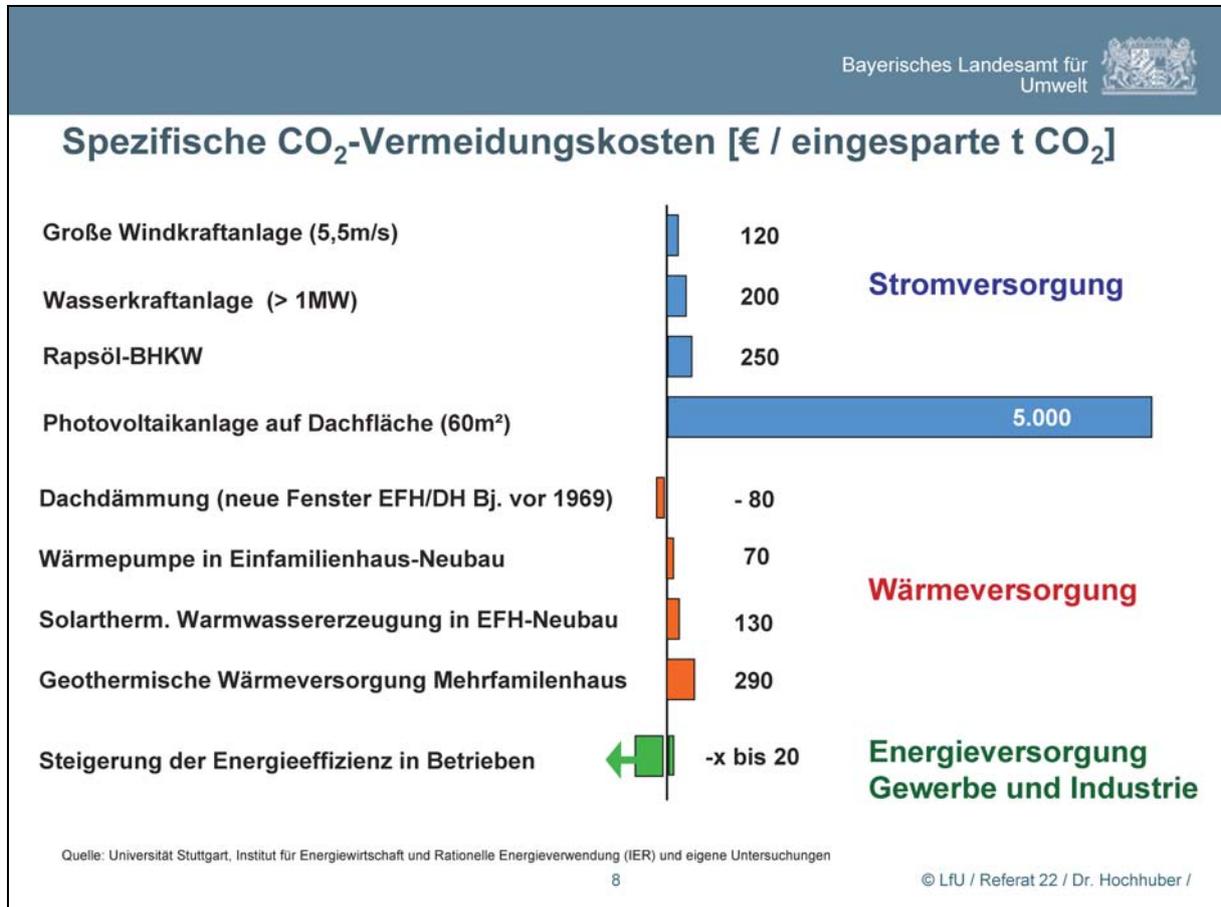
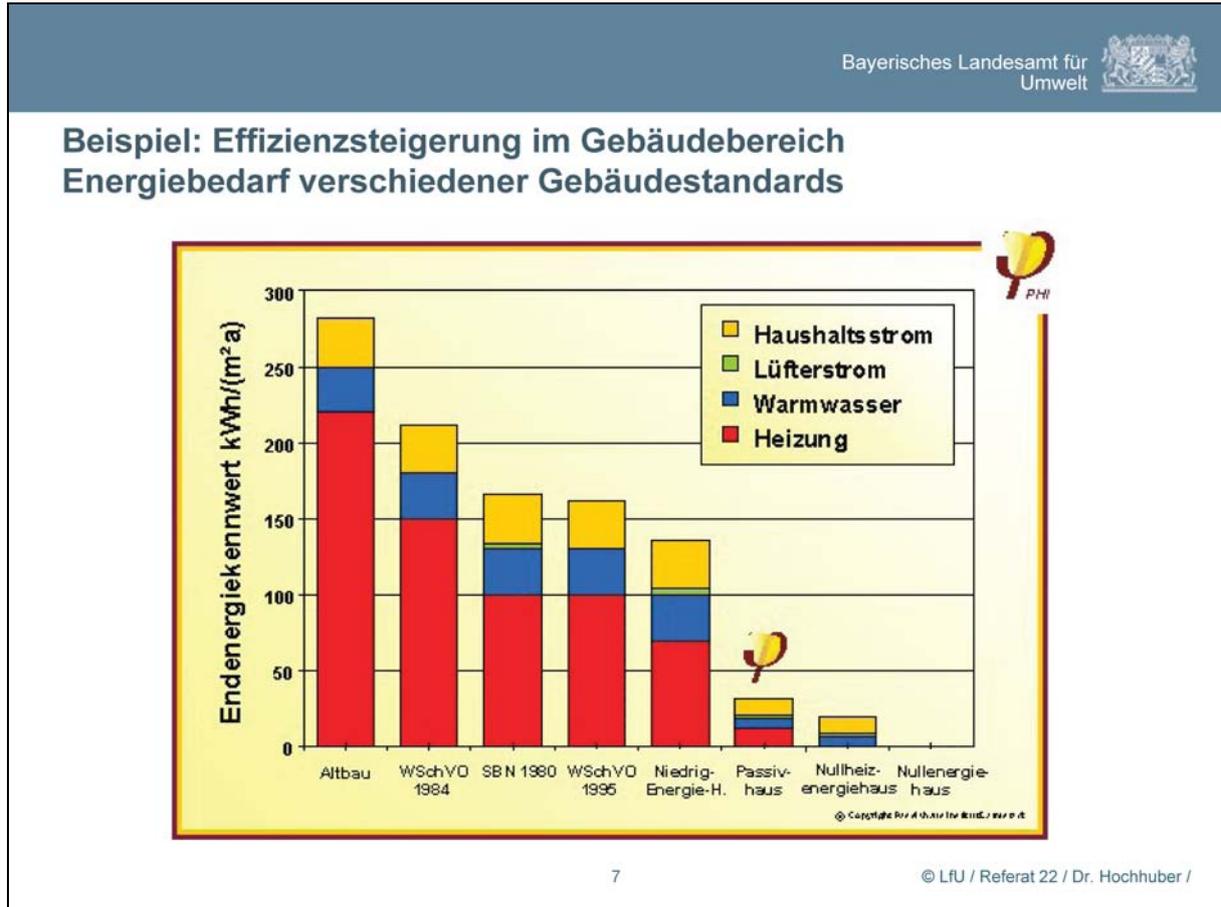
Kann die Energieeffizienz in Mitteleuropa überhaupt noch ohne Komfortverlust gesteigert werden?

**Ja!**

- ➔ Heute wirtschaftliches Energiesparpotenzial ca. 20%
- ➔ Technisches Energiesparpotenzial 40%
- ➔ Theoretisches Energiesparpotenzial 50-75%

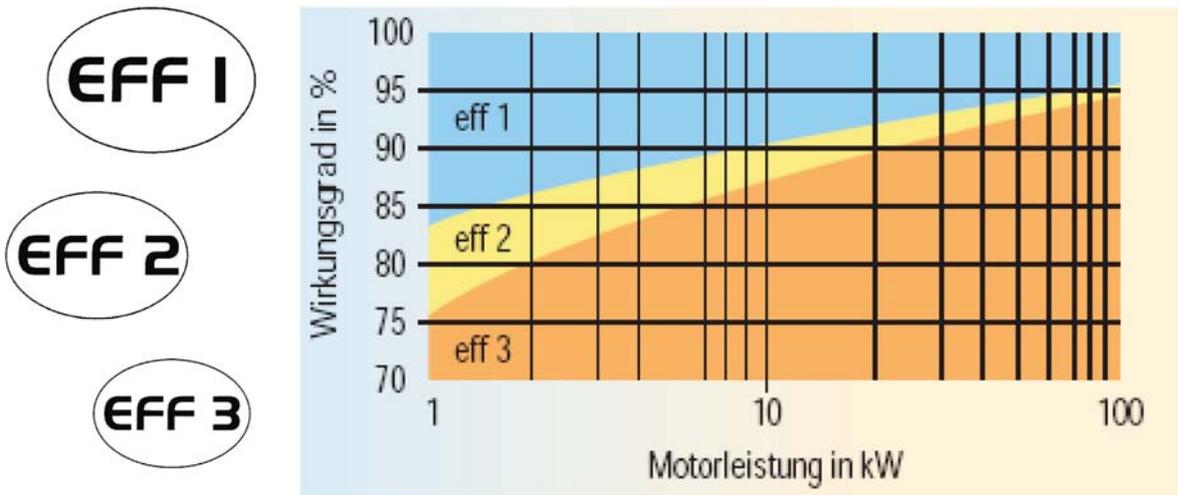
6

© LfU / Referat 22 / Dr. Hochhuber /



## Beispiel: Effiziente Energienutzung bei elektrischen Antrieben

### Einteilung von Elektromotoren nach Effizienzklassen



9

© LfU / Referat 22 / Dr. Hochhuber /

## Beispiel: Energieverluste durch Leckagen im Druckluftnetz

**Kosten für Undichtigkeiten im Druckluftnetz:**

Lochdurchmesser tatsächliche Größe	mm	Luftverlust l/s bei 6 bar	Energieverlust pro Jahr bei 8.760 Std./a und 0,09 €/kWh KWh	€
	1	1,24	2.628	236,52
	3	11,14	27.156	2.444,04
	5	30,95	72.708	6.543,72
	10	123,80	289.080	26.017,20

10

© LfU / Referat 22 / Dr. Hochhuber /



## Beispiel: Effiziente Energienutzung bei der Abgasabsaugung

Bündelung der Absaugluft durch Düsenplatten  
Verringerung der Absaugluftmengen um 50%



11

© LfU / Referat 22 / Dr. Hochhuber /



## Beispiel: Effiziente Energienutzung bei der Schadstoffabsaugung



Lackierkabine mit Roboter

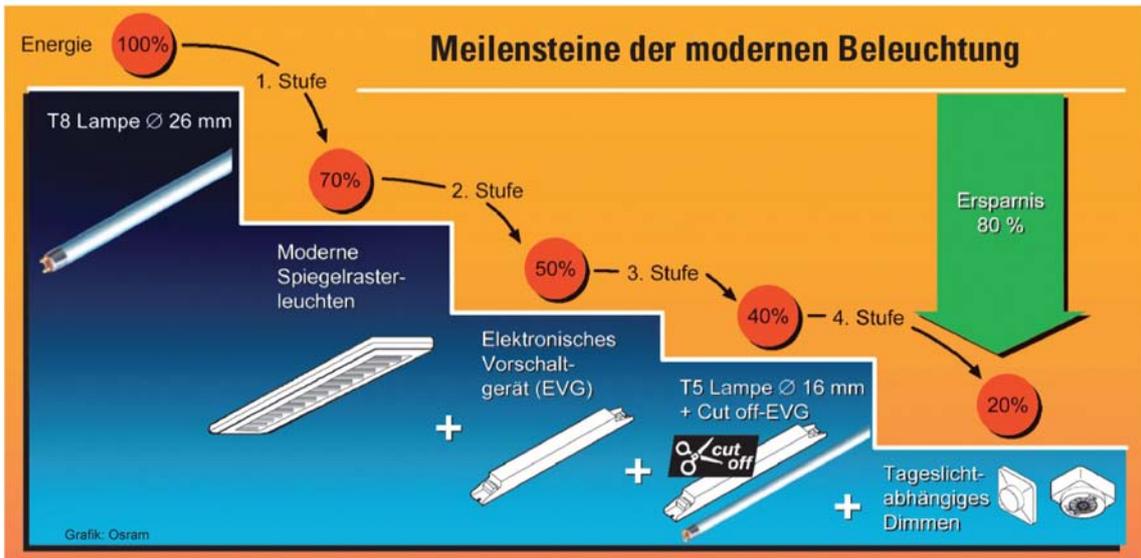


Teilabdeckung eines Prozessbades in der Galvanikindustrie

12

© LfU / Referat 22 / Dr. Hochhuber /

## Beispiel: Energieeffizienz bei der Beleuchtung



## Leitfaden für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe



### Klima schützen – Kosten senken Leitfaden für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe



**Beleuchtung**

**Meilensteine der modernen Beleuchtung**

**Leuchtlinie LED**

## 10 Grundregeln für energieeffiziente Büro- und Gewerbegebäude

1. Integriertes Energiekonzept und kompakte Bauweise, Primärenergiebedarf  $< 100 \text{ kWh/m}^2_{\text{NGF}} \cdot \text{a}$
2. Möglichst gute Dämmung der Gebäudehülle
3. Glasanteil nicht über 30% der Gesamtfassade, Vermeidung vollflächiger Glasfassaden
4. Luftdichtheit und kontrollierte Lüftung mit Wärmerückgewinnung  $> 80\%$
5. Nutzung des Tageslichts zur Beleuchtung
6. Effiziente Systeme von künstlicher Beleuchtung
7. Abschirmung von direkter Sonneneinstrahlung im Sommer
8. Effiziente Kühlsysteme (Nachtspülung, Betonkernaktivierung, Grundwassernutzung)
9. Vermeidung/Minimierung innerer Wärmelasten durch energieeffiziente Geräte
10. Einsatz umweltfreundlicher Heizsysteme

15

© LfU / Referat 22 / Dr. Hochhuber /

## 1. Integriertes Energiekonzept und kompakte Bauweise, Primärenergiebedarf $< 100 \text{ kWh/m}^2_{\text{NGF}} \cdot \text{a}$



Gebäude der Handwerkskammer-Akademie in Augsburg

Nord-Landesbank in Hannover

16

© LfU / Referat 22 / Dr. Hochhuber /

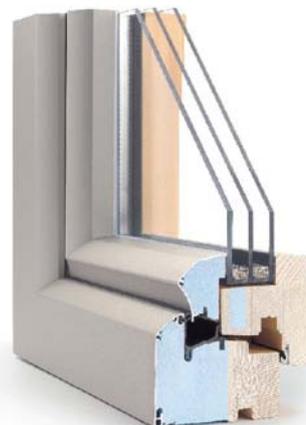
## 2. Möglichst gute Wärmedämmung der Gebäudehülle auch zum Schutz vor künftigen Hitzebelastungen im Sommer



17

© LfU / Referat 22 / Dr. Hochhuber /

## 2. Möglichst gut Wärmedämmung der Gebäudehülle auch zum Schutz vor künftigen Hitzebelastungen im Sommer



Energiesparfenster mit Dreischiebenverglasung

18

© LfU / Referat 22 / Dr. Hochhuber /

### 3. Glasanteil nicht über 30% der Fassade Vermeidung vollflächiger Glasfassaden

Energon-Bürogebäude nach  
Passivhaus-Standard

Leerstehendes Gebäude in Augsburg



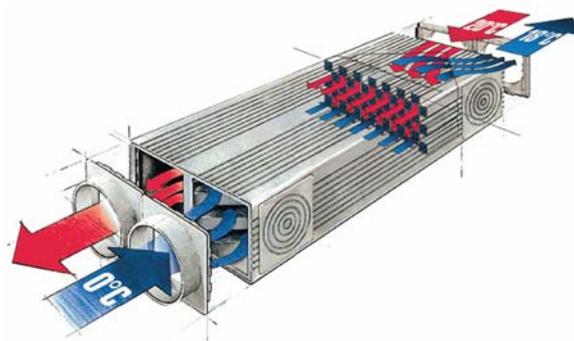
19

© LfU / Referat 22 / Dr. Hochhuber /

### 4. Luftdichtheit und Kontrollierte Lüftung mit Wärmerückgewinnung > 80%



„Blower-door-Test“ zur Überprüfung  
der Luftdichtheit eines Gebäudes



**Luft-Luft-Wärmetauscher**

Bild: Paul Wärmerückgewinnung

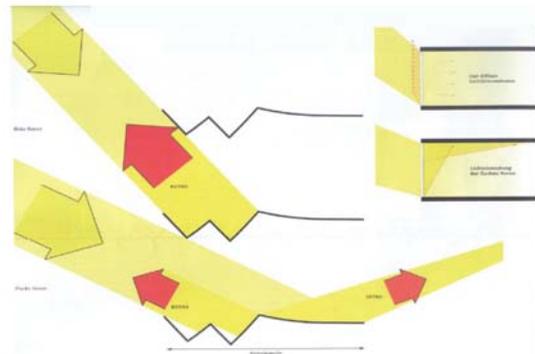
20

© LfU / Referat 22 / Dr. Hochhuber /

## 5. Nutzung des Tageslichts zur Beleuchtung von Gebäuden



Systeme zur Lichtlenkung ohne Überhitzung der Räume

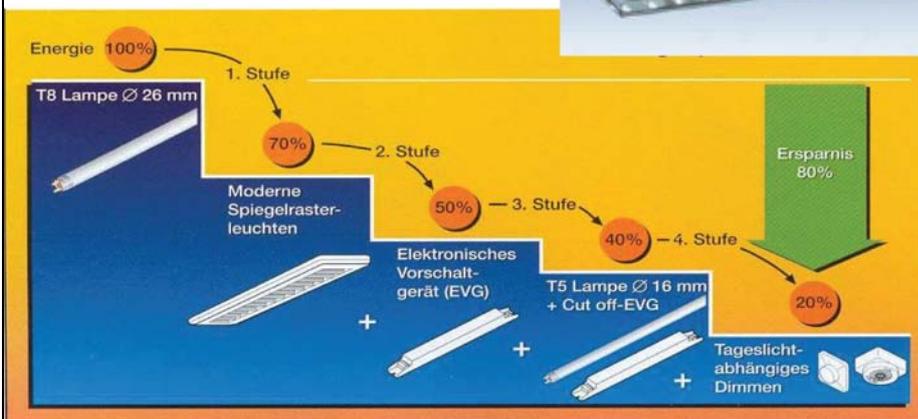


21

© LfU / Referat 22 / Dr. Hochhuber /

## 6. Effiziente Systeme von künstlicher Beleuchtung

Spiegelrasterleuchte zur effizienten Nutzung des Lichts



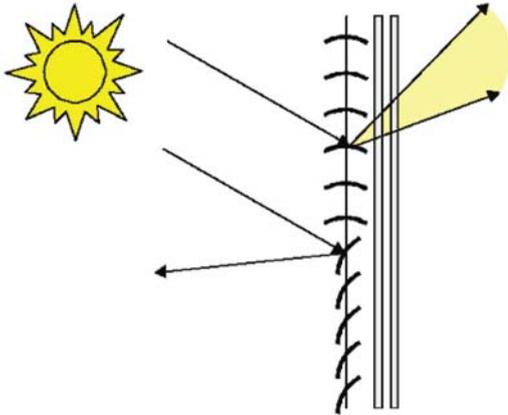
Meilensteine der modernen Beleuchtung

Bild: Osram

22

© LfU / Referat 22 / Dr. Hochhuber /

## 7. Abschirmung von direkter Sonneneinstrahlung im Sommer



**Verstellbare Jalousien und Fensterüberstände als Sonnenschutz**



23

© LfU / Referat 22 / Dr. Hochhuber /

## 8. Effiziente Kühlsysteme



**Betonkernaktivierung zur Kühlung im Sommer und Heizung im Winter  
Nutzung von Grundwasserkälte möglich**



**Erdkolektorrohre zur Luftkühlung im Sommer und Vorwärmung im Winter**

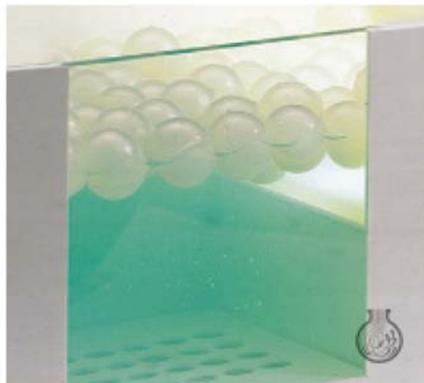
24

© LfU / Referat 22 / Dr. Hochhuber /

## 9. Minimierung der inneren Wärmelasten durch Verwendung energieeffizienter Geräte und Anlagen



Besonders sparsames Kühlgeräte durch Vakuumdämmplatten



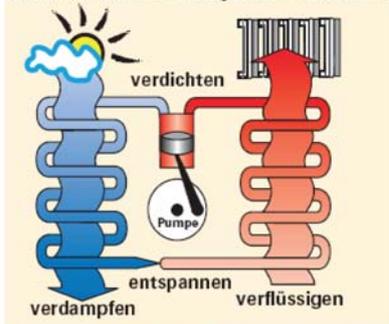
Schwimmkugeln zur Abdeckung von Flüssigkeiten Bild: Laborhandel Zwickau

25

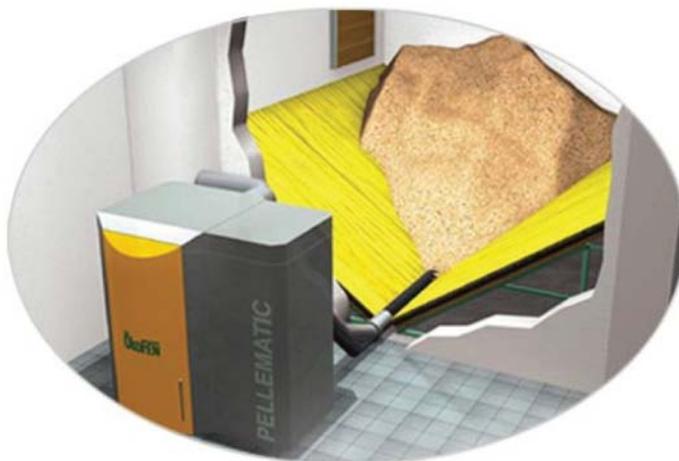
© LfU / Referat 22 / Dr. Hochhuber /

## 10. Einsatz umweltfreundlicher Heizsysteme

Funktionsschema Wärmepumpe  
Abwärme/Umgebungswärme 3/4 + Endenergie/Strom 1/4 = Nutzwärme 4/4



Wärmepumpe



Holzpelletheizung mit Schneckenförderer

Bild: Ökofen

26

© LfU / Referat 22 / Dr. Hochhuber /



## Grundprinzipien der Integration von Energieeffizienz und erneuerbaren Energien:

**„Erneuerbare Energien müssen die Energieeffizienz ergänzen, nicht ersetzen.“**

**„Die Verschwendung fossiler Energieträger darf nicht durch die Verschwendung erneuerbarer Energien ersetzt werden.“**



## Realität:

- Umstellung zahlreicher Heizanlagen auf Pellet- oder Hackschnitzelheizungen ohne Maßnahmen der optimalen Wärmedämmung
- „Bioenergiedörfer“ mit vernachlässigter Wärmedämmung
- Starker Rückgang des Absatzes von Dämmmaterial in den Jahren 2000 - 2005
- Investitionen in PV-Anlagen auf Schuldächern bei Vernachlässigung der energetischen Sanierung

### Zielkonflikte Energieeffizienz / Umstellung auf erneuerbare Energien:

- Neue Gebäude nach dem Stand der Technik haben so geringen Verbrauch, dass sich Nahwärmenetz oder Kraft-Wärme-Kopplung oft nicht mehr lohnen.
- Energiesparen kann zu Absatzrückgang bei fossilen **und** erneuerbaren Energien führen.
- Investitionsmittel können nur einmal ausgegeben werden:  
Für erneuerbare Energien **oder** Effizienzsteigerung
- Investitionen in erneuerbare Energien haben höhere Öffentlichwirksamkeit als Effizienzsteigerungen

29

© LfU / Referat 22 / Dr. Hochhuber /

### Positivbeispiele Akademie der Handwerkskammer Augsburg



#### Synergien Energieeffizienz – Erneuerbare Energien:

- Durch niedrigen Heizwärmebedarf liegt Vorlauftemperatur des Heizsystems bei 28°C; Dadurch hohe Arbeitszahl der Grundwasserwärmepumpe
- Durch guten sommerlichen Wärmeschutz Kühlung mit Grundwasserkälte möglich

30

© LfU / Referat 22 / Dr. Hochhuber /



## Resumee:

Wir haben **nicht** die natürlichen Ressourcen, den **heutigen Energieverbrauch** mit erneuerbaren Energien ohne negative Auswirkungen auf Umwelt und Gesellschaft zu decken.

Wir haben aber die geistigen und technischen Ressourcen, den Energieverbrauch so weit zu senken, dass langfristig eine Deckung des Restbedarfs mit erneuerbaren Energien möglich sein wird.



**„Heizen ist das permanente Kompensieren von Baumängeln“**

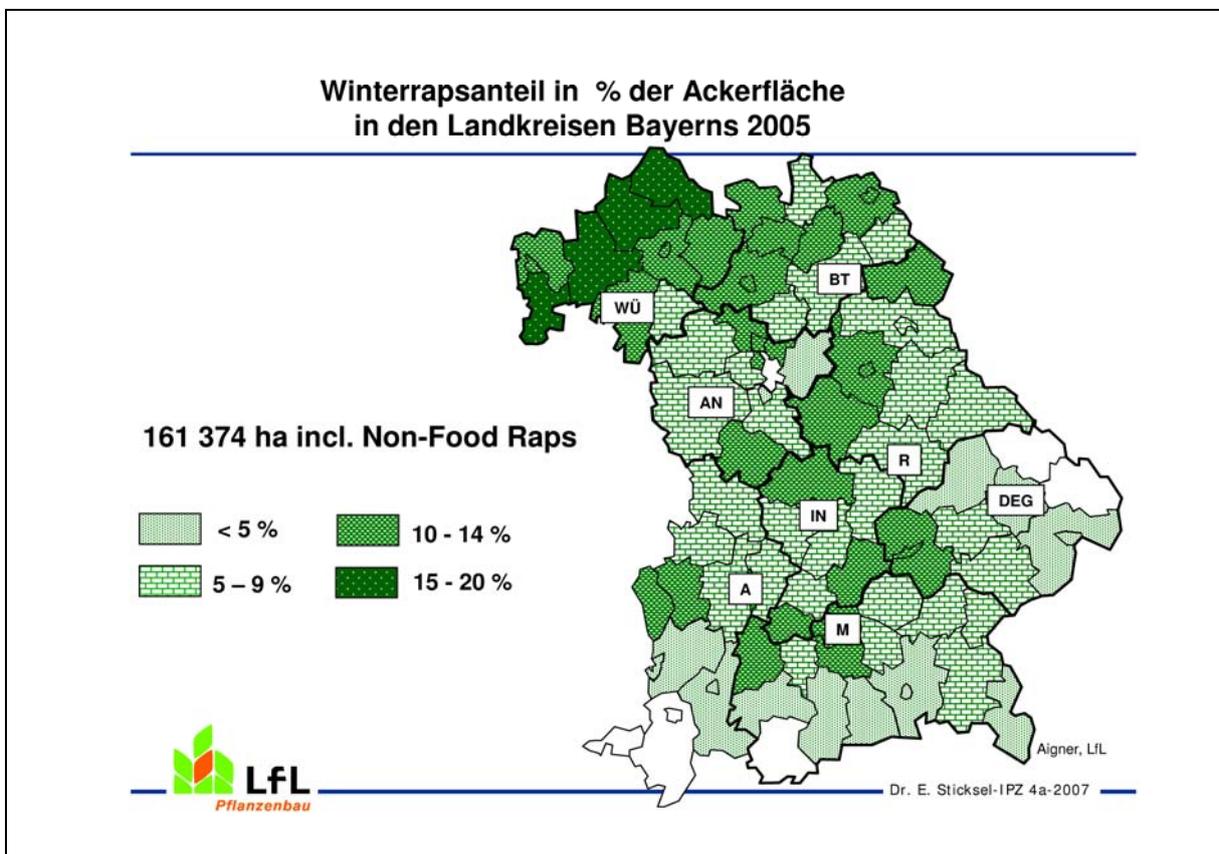
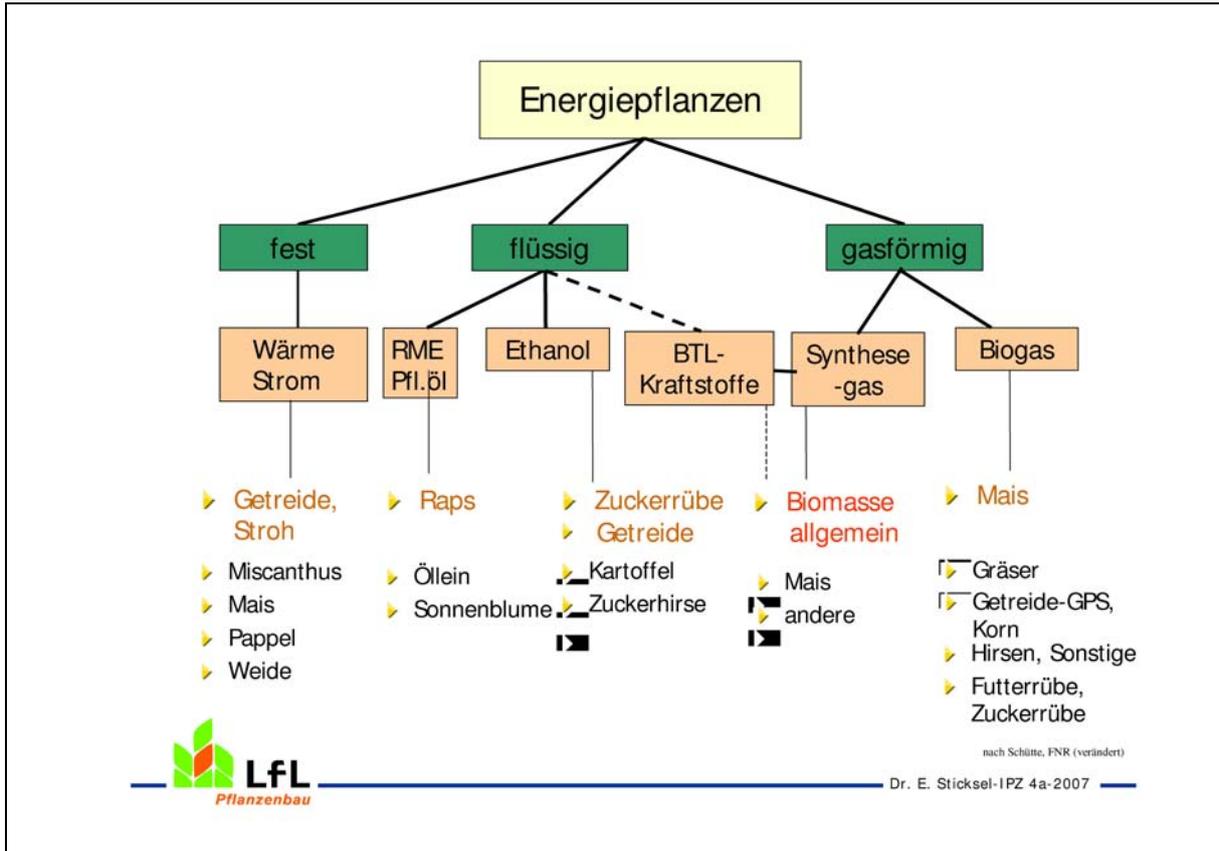
# Anbau von Energiepflanzen aus der Sicht der Landwirtschaft

Dr. Ewald Stickse, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung

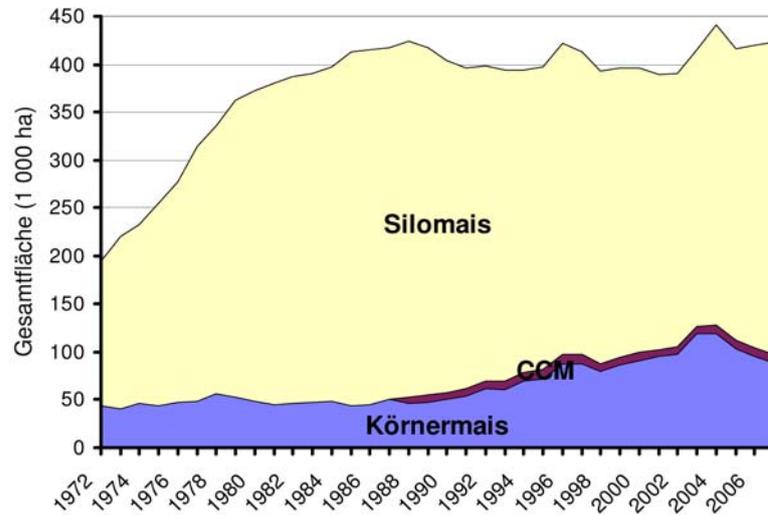
## Gliederung

---

1. **Einleitung, wichtige Energiepflanzen in Bayern**
2. Zwischenfrüchte zur Biogasproduktion
3. Getreide-Ganzpflanzensilage zur Biogasproduktion
4. Zwei-Kulturnutzungssysteme
5. Neuerungen: Mischungen, Hirse



### Entwicklung der Maisanbaufläche in Bayern von 1972 bis 2007



Eder, Ziegler LfL

Dr. E. Sticksel-IPZ 4a-2007

### Entwicklung der Biogasmaisfläche in Bayern von 2005 auf 2007

2005: 18 500 ha

2006: 32 140 ha

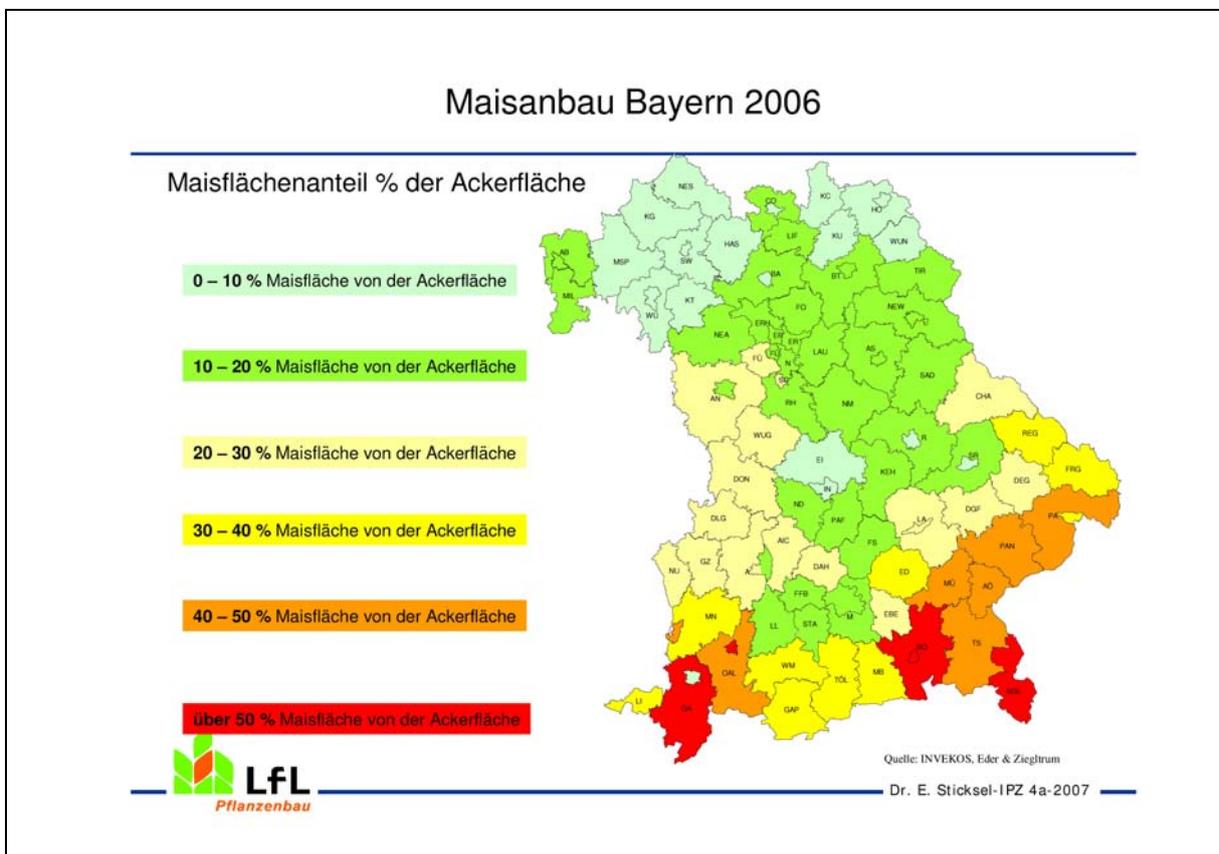
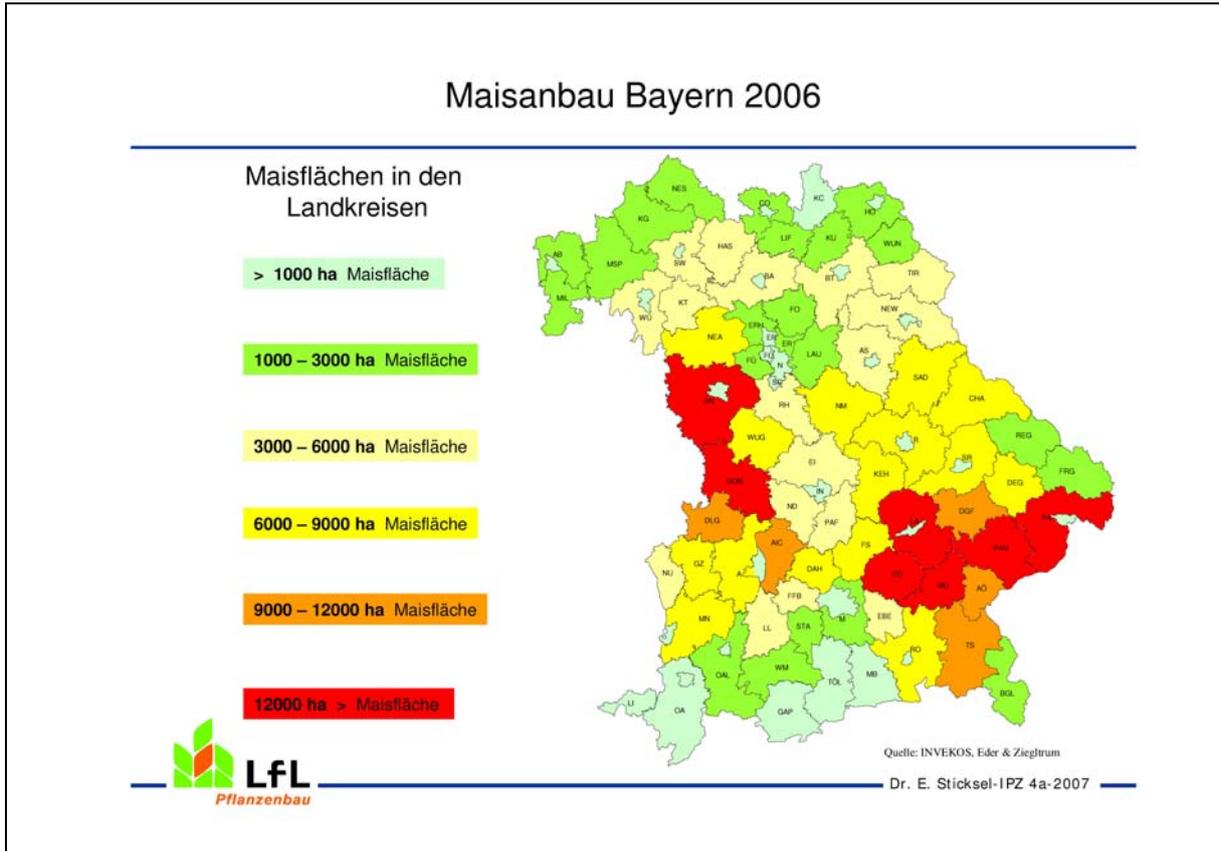
2007: 50 000 ha (Schätzung)

12% Energiemais von der gesamten Maisfläche

15% Energiemais von der Silomaisfläche



Dr. E. Sticksel-IPZ 4a-2007



## Gliederung

1. Einleitung, wichtige Energiepflanzen in Bayern
2. **Zwischenfrüchte zur Biogasproduktion**
3. Getreide-Ganzpflanzensilage zur Biogasproduktion
4. Zwei-Kulturnutzungssysteme
5. Neuerungen: Mischungen, Hirse



Dr. E. Sticksel-IPZ 4a-2007

## Leistung von Grünroggen zum Erntetermin Grannenspitzen (Mittel der Jahre 2002 – 2007; Standort Pulling/Freisinger Moos)

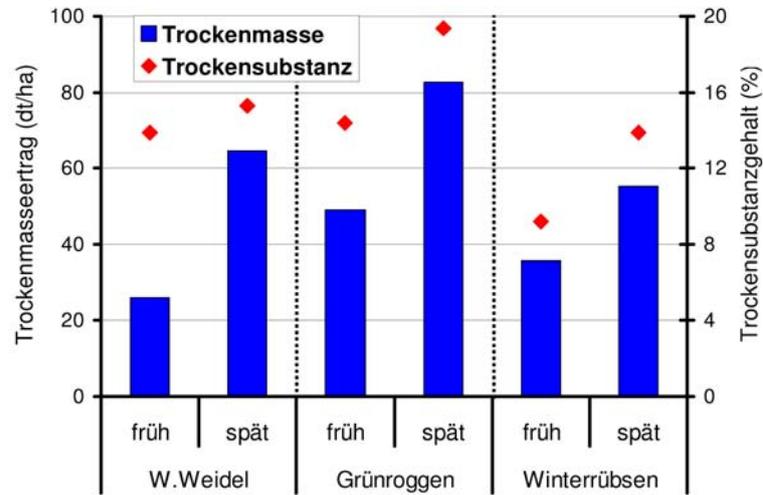
Saat	Ernte	Grünmasse (dt/ha)	Trocken- substanz (%)	Trocken- masse (dt/ha)
25. Sep	06. Mai	456	16,6	75

Quelle: Wertprüfung BSA



Dr. E. Sticksel-IPZ 4a-2007

Erträge und Trockensubstanzgehalte von Winterzwischenfrüchten in Abhängigkeit vom Erntetermin (Frankendorf bei Erding, 2004-2006)



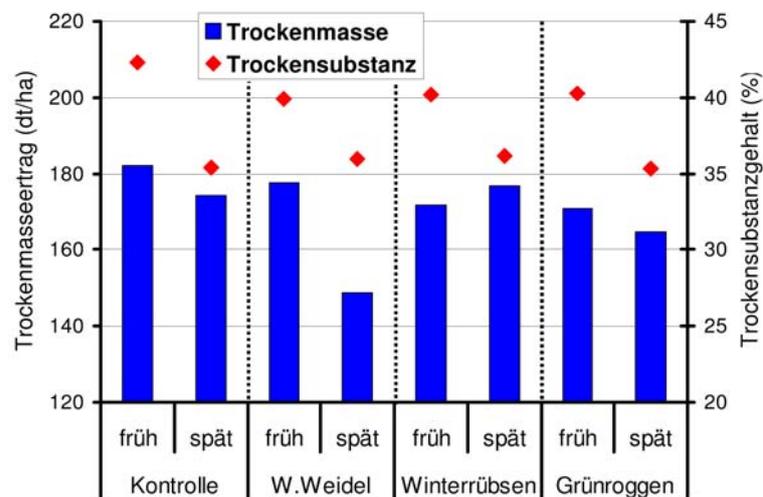
früh: zweite Aprildekade  
spät: zweite Maidekade

Quelle: Diss. B. Eder (in Vorbereitung)



Dr. E. Sticksel-IPZ 4a-2007

Ertrag und Trockensubstanzgehalt von Silomais (Reifezahl 250) in Abhängigkeit von Saattermin und Vorfrucht (Frankendorf bei Erding, 2004-2006)



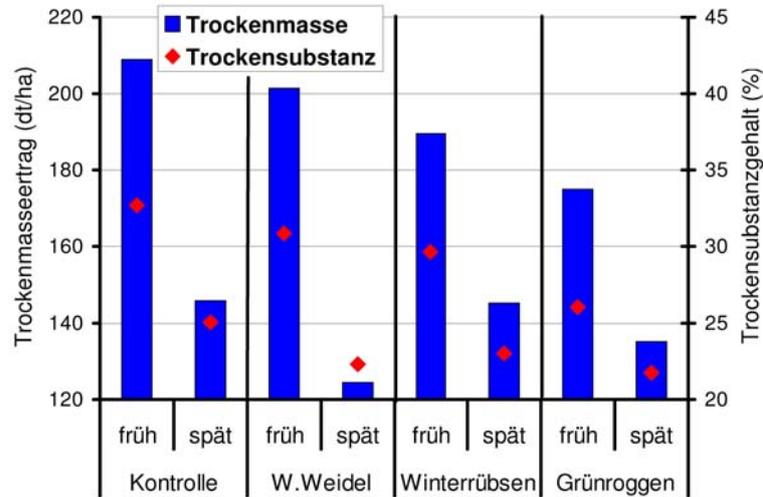
früh: zweite Aprildekade  
spät: zweite Maidekade

Quelle: Diss. B. Eder (in Vorbereitung)



Dr. E. Sticksel-IPZ 4a-2007

Ertrag und Trockensubstanzgehalt von Silomais (FAO 600) in  
Abhängigkeit von Saattermin und Vorfrucht (Frankendorf bei Erding, 2004-2006)



früh: zweite Aprildekade  
spät: zweite Maidekade

Quelle: Diss. B. Eder (in Vorbereitung)



Dr. E. Sticksel-IPZ 4a-2007

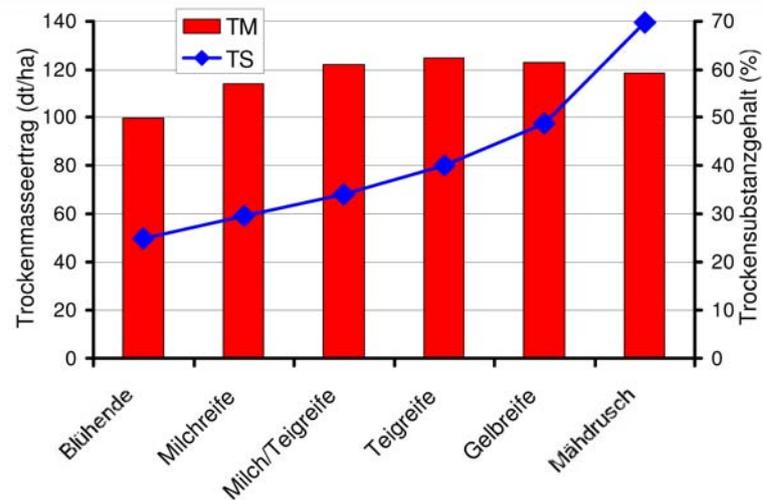
## Gliederung

1. Einleitung, wichtige Energiepflanzen in Bayern
2. Zwischenfrüchte zur Biogasproduktion
3. **Getreide-Ganzpflanzensilage zur Biogasproduktion**
4. Zwei-Kulturnutzungssysteme
5. Neuerungen: Mischungen, Hirse



Dr. E. Sticksel-IPZ 4a-2007

### Verlauf der Trockenmassebildung und der TS-Gehalte von Wintergetreide



(Laufzeit 1985-87  
Wintergerste: 2 mehr- und 2 zweizeilige Sorten, Standort Strassmoos;  
Winterweizen: 3 Sorten, Standort Osterseeon  
Quelle: Aigner LfL)



Dr. E. Sticksel-IPZ 4a-2007

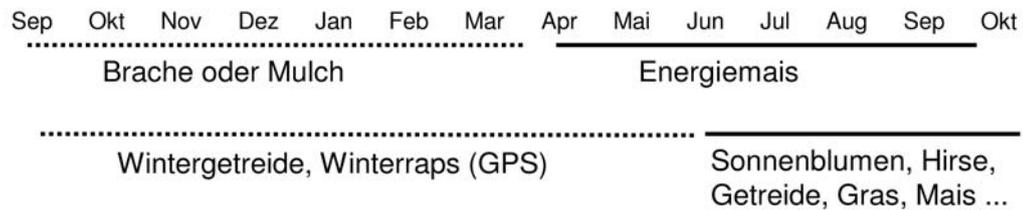
### Gliederung

1. Einleitung, wichtige Energiepflanzen in Bayern
2. Zwischenfrüchte zur Biogasproduktion
3. Getreide-Ganzpflanzensilage zur Biogasproduktion
- 4. Zwei-Kulturnutzungssysteme**
5. Neuerungen: Mischungen, Hirse



Dr. E. Sticksel-IPZ 4a-2007

### Gegenüberstellung herkömmliches und Zweikulturnutzungssystem



Dr. E. Sticksel-IPZ 4a-2007

### Faktoren im LfL-Versuchsvorhaben „Optimierung von Biogasfruchtfolgen“

1) Erstkultur:

Wintergerste, Winterroggen, Wintertriticale, Grünroggen

2) Zweitkultur:

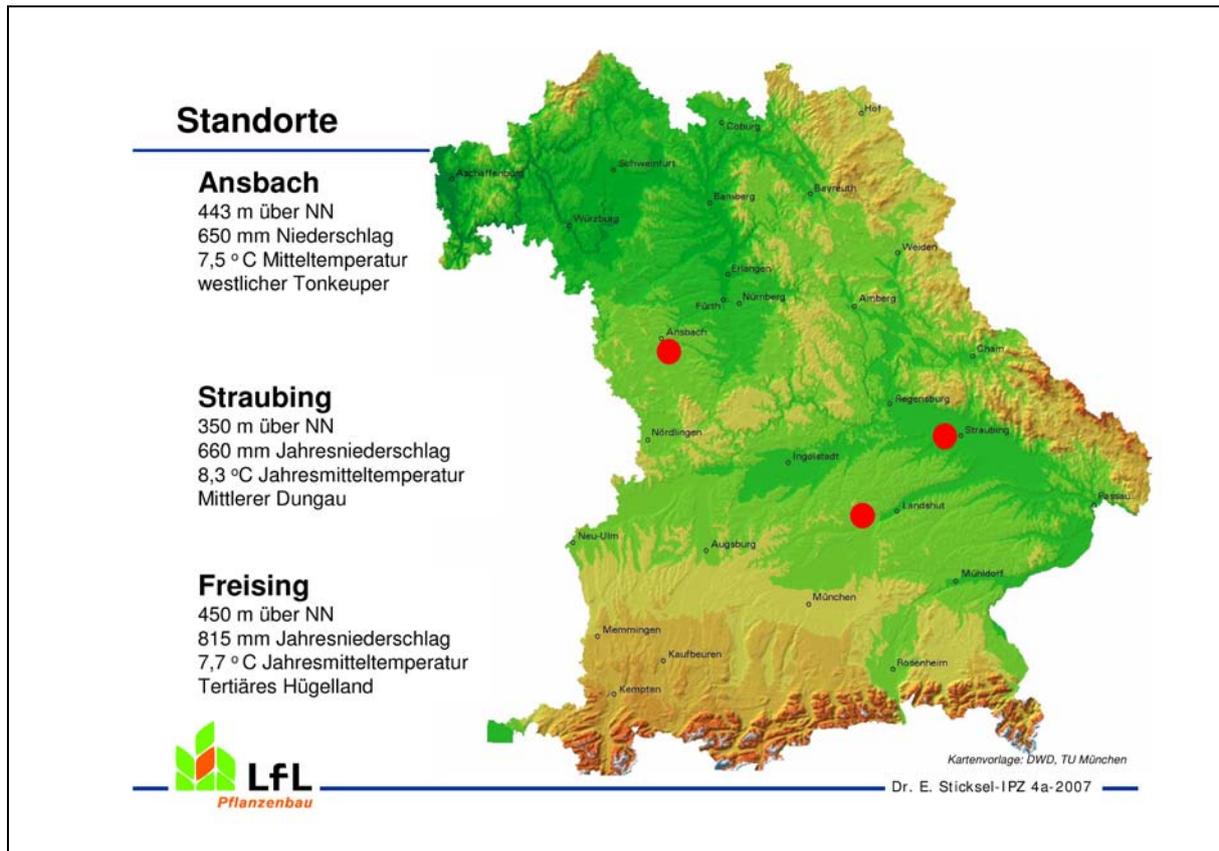
Silomais, Sonnenblumen, Hafer, Weidelgras, Sorghumhirse, Untersaat

3) Erntetermine der Erstkultur:

Wasserreife, Milchreife, Teigreife



Dr. E. Sticksel-IPZ 4a-2007



## Gliederung

1. Einleitung, wichtige Energiepflanzen in Bayern
2. Zwischenfrüchte zur Biogasproduktion
3. Getreide-Ganzpflanzensilage zur Biogasproduktion
4. Zwei-Kulturnutzungssysteme
5. **Neuerungen: Mischungen, Hirse**

**Mischanbau Sommerungen: Ergebnisse TFZ 2005**Gesamtpflanzenertrag (dt TM ha<sup>-1</sup>)

Reinsaaten		Mischungen	
Sommergerste	64	Sommergerste-Leindotter	60
Saflor	87	Sommergerste-Senf	54
Erbse	54	Sommergerste-Seradella	60
Senf	45	Erbse-Leindotter	54
Leindotter	46	Sommergerste-Senf-Leindotter	63



Dr. E. Sticksel-IPZ 4a-2007

**Sorghumhirsen-Sortenscreening – Erträge 2006** (Sticksel, TFZ)Trockenmasseertrag (dt ha<sup>-1</sup>), TS-Gehalt (%) und Wuchshöhe (cm) verschiedener Sorghum-Hirsen in Straubing

Typ	TM-Ertrag	TS-Gehalt	Höhe
F. Sorghum, dry	20,4	25,6	320
F. Sorghum, juicy	19,2	21,2	305
F. Sorghum, bmr	17,6	20,4	285
Sorg/Sudan, dry	21,2	26,4	325
Sorg/Sudan, juicy	19,9	22,2	315
Sorg/Sudan bmr	17,7	21,7	295
Sudangras	18,5	25,8	285
Körnerhirse	14,0	25,1	135



Dr. E. Sticksel-IPZ 4a-2007