

Lukas Kranzl/Gerald Kalt/Reinhard Haas/Fritz Diesenreiter/Ludger Eltrop/Andreas König/Pasi Makkonen

## STRATEGIEN ZUR OPTIMALEN ERSCHLIEßUNG DER BIOMASSEPOTENZIALE IN ÖSTERREICH

ZIEL: MAXIMALE REDUKTION AN TREIBHAUSGASEMISSIONEN BIS ZUM JAHR 2050

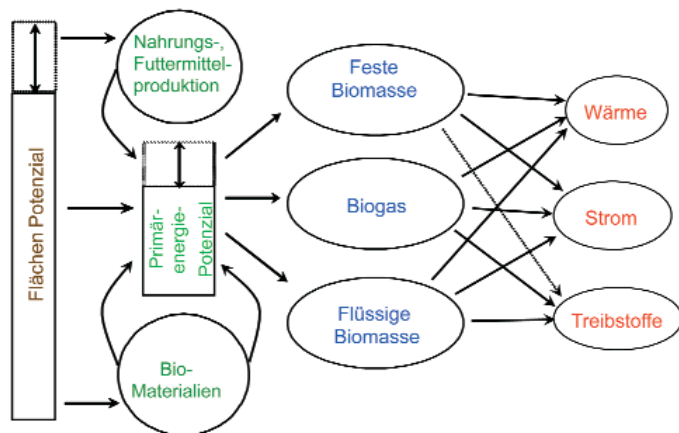
Der Biomasse kommt nicht nur aufgrund des großen Potenzials, sondern insbesondere weil sie zur Erzeugung von Wärme, Strom und Kraftstoffen eingesetzt werden kann, eine zentrale Bedeutung für den zukünftigen Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energieträger zu.

Hinsichtlich der zahlreichen rohstoff-, technologie- und nutzungsseitigen Optionen stellt sich die Frage, wie durch die Nutzung der inländischen Ressourcenpotenziale in Österreich ein größtmöglicher ökologischer, gesellschaftlicher und ökonomischer Nutzen erreicht werden kann. Dies ist die zentrale Fragestellung des Projekts „Biomasse-Strategie 2050“. Das Projekt wurde im Rahmen des Programms „Energiesysteme der Zukunft“ durchgeführt, im Jahr 2008 von BMVIT und FFG gefördert abgeschlossen. Als Hauptkriterien für effiziente Nutzungspfade werden die Treibhausgas-(THG)-Einsparungen und die Kosten der

Energiebereitstellung herangezogen. Zusätzlich werden folgende Aspekte berücksichtigt:

- die Höhe des unter Berücksichtigung ökologischer Kriterien nutzbaren Biomasse-Ressourcenpotenzials in Österreich,
- der mit diesen Potenzialen erreichbare Anteil von Bioenergie am gesamten Energiebedarf und
- die damit verbundenen Kosten (im Vergleich zu fossilen Referenzsystemen).

Abbildung 1: Das Bioenergie-System ist vielfältig. In dieser symbolischen Darstellung des Untersuchungsgegenstandes steht jeder Pfeil für eine Gruppe möglicher Konversionsschritte, die mit bestimmten Kosten, Wirkungsgraden und Emissionen verbunden sind.



Zu diesem Zweck wurden langfristige Szenarien des österreichischen Biomasse-sektors unter verschiedenen energiepolitischen Rahmenbedingungen erstellt, deren Auswertung hinsichtlich Kosten und THG-Einsparungen Schlussfolgerungen und Empfehlungen bezüglich einer Bioenergie-Strategie für Österreich ermöglichen. Es wurde nach folgenden Arbeitsschritten vorgegangen:

1. Analyse der derzeitigen Biomassenutzung sowie der bisherigen Entwicklung und Erstellung eines kurzfristigen Ausblicks bis zum Jahr 2010,
2. Erstellung einer Biomasse-Technologie-Datenbank, die auch dynamische Aspekte der Technologieentwicklung enthält,
3. Abschätzung energetisch nutzbarer Biomassepotenziale,
4. Entwicklung und Anwendung eines dynamischen Modells zur Simulation der Entwicklung des österreichischen Biomasse-sektors bis 2050,
5. Ableitung von Schlussfolgerungen und Erstellung eines Maßnahmenplans.

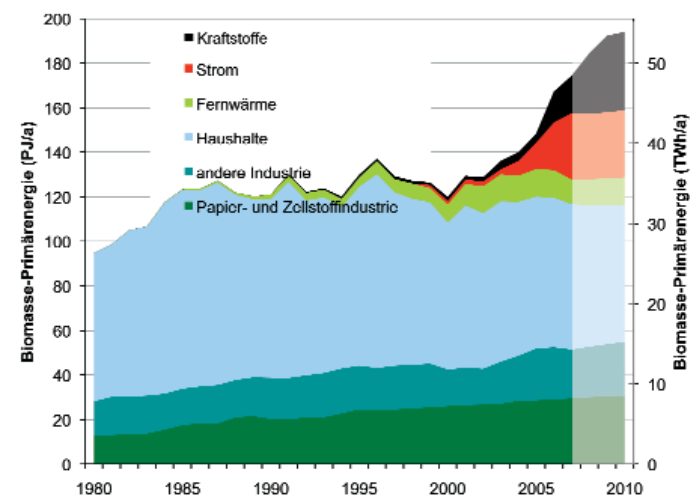
Im Rahmen von Projektberatungen wurden methodische Vorgangsweise, Daten und Ergebnisse intensiv diskutiert. Zentrales Element der methodischen Vorgehensweise ist das dynamische Simulationsmodell „Green-XXBio-Austria“. Basierend auf einer myopischen („kurzsichtigen“) kostenseitigen Optimierung wird der zu-

künftige Ausbau des Biomasse-sektors auf jährlicher Basis bis 2050 simuliert. Dabei werden die Verfügbarkeit von Ressourcenpotenzialen, dynamische Kosten- und Preisentwicklungen, die Struktur des Energiebedarfs, Diffusionsparameter sowie diverse andere Einflussparameter und politische Förderinstrumente berücksichtigt.

### ENTWICKLUNG DER BIOMASSE-NUTZUNG UND AUSBLICK

Mit einem Anteil von mehr als zehn Prozent am gesamten primärenergetischen Energieverbrauch nimmt Biomasse derzeit eine wichtige Stellung in der österreichischen Energieversorgung ein. Während sich die Biomassenutzung bis zum Ende des 20. Jahrhunderts fast ausschließlich auf die Wärmeerzeugung beschränkte, hat Bioenergie in den letzten Jahren zusehends auch in den Berei-

Abbildung 2: Entwicklung und Kurzfrist-Prognose der Biomasse-Nutzung in Österreich bis 2010



Quellen: E-Control 2008, Austropapier 2008, Haneder et al. 2008, Statistik Austria, Biotreibstoff-Institut, Capros et al. 2008, EEG/TU Wien

chen der Stromerzeugung und Mobilität an Bedeutung gewonnen. Mit dem Ökostromgesetz 2002 wurden Einspeisetarife für Strom aus erneuerbarer Energie festgelegt, was einen deutlichen Ausbau bei Biomasse-KWK-Anlagen zur Folge hatte. Nach Novellierung des Gesetzes im Jahr 2006 kam der Ausbau allerdings wieder nahezu zum Erliegen. Im Verkehrssektor wurde entsprechend der EU Biokraftstoff-Richtlinie eine verpflichtende Quote für biogene Kraftstoffe eingeführt. Die nationale Zielsetzung ist mit einem vorgeschriebenen Anteil von 5,75 Prozent bis Ende 2008 sogar deutlich ambitionierter als der Zeitplan gemäß der EU-Richtlinie.

Auf Basis einer „Business-as-usual“-Entwicklung sowie bereits geplanter und genehmigter Anlagen wurde ein Ausblick bis zum Jahr 2010 erstellt, der als Ausgangspunkt für die Szenarientwicklung diente. Dieser Stand der Bioenergie-Kapazitäten in Öster-

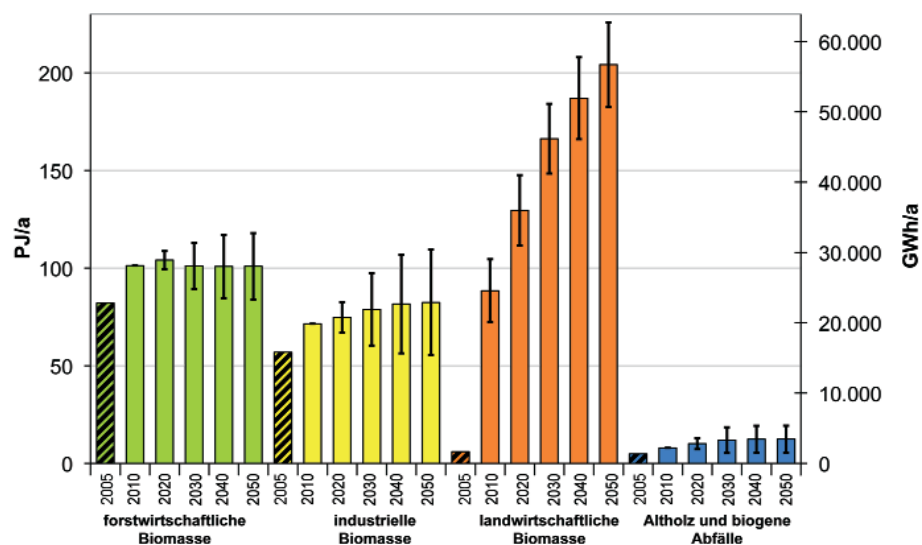
reich ist im Modell mit etwa 250 Datensets abgebildet. Darauf basierend decken die Simulationen den Zeitraum 2011 bis 2050 ab.

Neben den Untersuchungen zu Österreich wurden auch Analysen zur bisherigen Entwicklung, zu politischen Zielen sowie Potenzialen in anderen Ländern durchgeführt, mit besonderem Fokus auf Mitteleuropa sowie Deutschland und Finnland.

### BIOMASSE-POTENZIALE

Die derzeitige Biomassenutzung geht fast ausschließlich auf forstliche Ressourcen zurück, und zwar entweder in Form einer primären Nutzung von Waldholz oder einer sekundären Verwertung in Form von Sägenebenprodukten (SNP) und Ablauge („industrielle Biomasse“) bzw. Altholz. Kurzfristig werden noch Steigerungen beim Holzeinschlag möglich sein. Unter der Prämisse,

Abbildung 3: Überblick über die Ergebnisse der Potenzialabschätzung sowie die Nutzung im Jahr 2006



dass die energetische Holznutzung nicht überwiegend auf Kosten der Rohstoffversorgung der stofflichen Holzverwerter (insbesondere Papier-, Zellstoff und Plattenindustrie) gehen sollte, sind die zusätzlich mobilisierbaren inländischen Potenziale forstlicher Biomasse und SNP sehr beschränkt.

Landwirtschaftliche Biomasse (inklusive landwirtschaftlicher Abfälle) stellt ein sehr großes, im Jahr 2005 noch kaum genutztes Potenzial dar. Langfristig könnte landwirtschaftliche Biomasse jedoch die bedeutendste Fraktion werden – vorausgesetzt die erforderliche Neuorientierung der Landwirtschaft in Richtung Brennstoffe bzw. Energieerzeugung, das heißt die Mobilisierung der Potenziale, findet tatsächlich statt.

Im Rahmen der Potenzialanalyse wurde ein Schwerpunkt auf die Einflussfaktoren der Biomasse-Potenziale gelegt (Entwicklung verschiedener Branchen der Holz verarbeitenden Industrie, die Verfügbarkeit von landwirtschaftlichen Flächen für die Energiebereitstellung, die Entwicklung der Viehzucht etc.). Aus der Variation dieser Faktoren wurden drei Szenarien für die Potenzial-Verfügbarkeit abgeleitet. Die Bandbreite dieser Szenarien ist in Abbildung 3 dargestellt.

Neben den in Österreich verfügbaren Biomasse-Potenzialen wurde für die Szenarientwicklung auch ein begrenztes Import-Potenzial definiert, da es bereits derzeit in manchen Biomasse-Fraktionen zu nennenswerten grenzüberschreitenden Handelsströmen kommt. Die Rolle von Importen wurde im Rahmen von Sensitivitätsanalysen untersucht.

### TECHNOLOGIEN ZUR ENERGETISCHEN BIOMASSE-NUTZUNG

Die Optionen zur Biomasse-Nutzung sind durch eine Vielzahl möglicher Technologien

gekennzeichnet. Es wurde daher eine umfassende vergleichende technologische Analyse durchgeführt, die neben Kostendaten und Wirkungsgraden auch Informationen zu Lebenszyklusanalysen, das heißt Energie- und THG-Bilanzen zum Gegenstand hatte. Die Ergebnisse wurden in einer Datenbank zusammengefasst, die etwa 250 Technologieketten umfasst. Neben der statischen Analyse wurden auf Basis eines Lernkurven-Ansatzes auch Kosten und Effizienzen für die kommenden Jahrzehnte abgeschätzt.

Der ökonomische Vergleich führte für die Sektoren Wärme, Strom, und Kraftstoffe zu den folgenden Ergebnissen:

Im Wärmesektor ist die größte Wirtschaftlichkeit gegeben. Biomasseheizungen können derzeit mit Öl- und Gasheizungen im Wesentlichen konkurrieren. Wie zu erwarten, zeigt sich, dass Anlagen mit größerer Leistung spezifisch billiger sind (economies of scale). Bei kleinsten Leistungen sind die fossil befeuerten Technologien aufgrund der geringeren Investitionskosten tendenziell billiger als Biomassekessel. Mit zunehmender Leistung verbessert sich jedoch aufgrund der sinkenden spezifischen Investitionskosten die Wirtschaftlichkeit von Biomassesystemen.

Im Vergleich zu derzeitigen Strom-Großhandelspreisen zeigt sich, dass Biomasse-KWK-Anlagen nur unter äußerst günstigen Rahmenbedingungen (das heißt niedrige Rohstoffkosten und hoher Wärmebedarf) ohne Förderungen wirtschaftlich betrieben werden können.

Durch einen Vergleich der Produktionskosten biogener Kraftstoffe mit einem typischen Nettopreis für fossile Kraftstoffe wird klar, dass biogene Kraftstoffe nur mithilfe massiver Förderungen an Bedeutung gewinnen können.

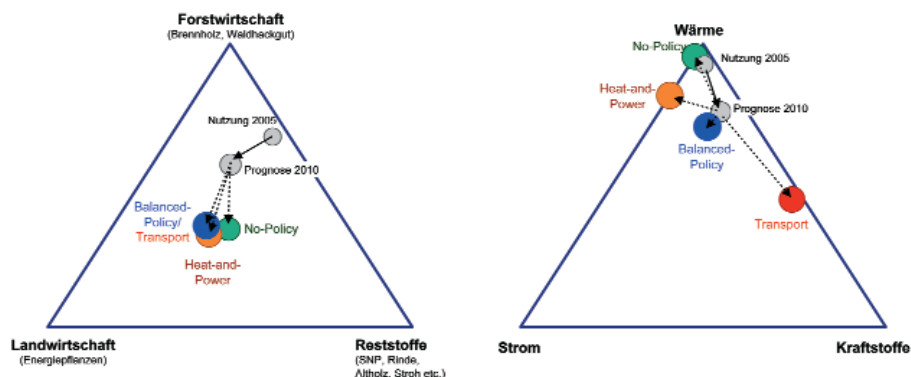
Selbst nach den Entwicklungen des Rohölpreises in der jüngsten Vergangenheit können sie nur unter massiven steuerlichen Begünstigungen sowie entsprechenden regulativen Instrumenten (Quote) vermarktet werden.

Dynamische Analysen, die im Wesentlichen auf Szenarien zu technologischen Entwicklungen und Lerneffekten sowie der Preise fossiler und biogener Energieträger basieren, brachten folgende Ergebnisse: Im Bereich der Wärmeerzeugung ist eine weitere Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von Biomasseanlagen zu erwarten. Im Hochpreisszenario werden auch Biomassekessel kleinster Leistung gegenüber den konventionellen Heizsystemen wirtschaftlich. Die Stromerzeugung mit Biomasse sowie die Vermarktung biogener Kraftstoffe bleiben im Wesentlichen auch längerfristig von Förderungen abhängig.

#### BASIS-SZENARIEN DES BIOENERGIE-SYSTEMS IN ÖSTERREICH BIS ZUM JAHR 2050

Im Wesentlichen wurden vier Szenarien, jeweils in einem Hoch- und Niedrigpreis-Sze-

Abbildung 4: Entwicklung von Rohstoffherkunft (links) und Nutzung in den Jahren 2005 und 2010 sowie für die Niedrigpreis-Szenarien im Jahr 2050 (rechts)

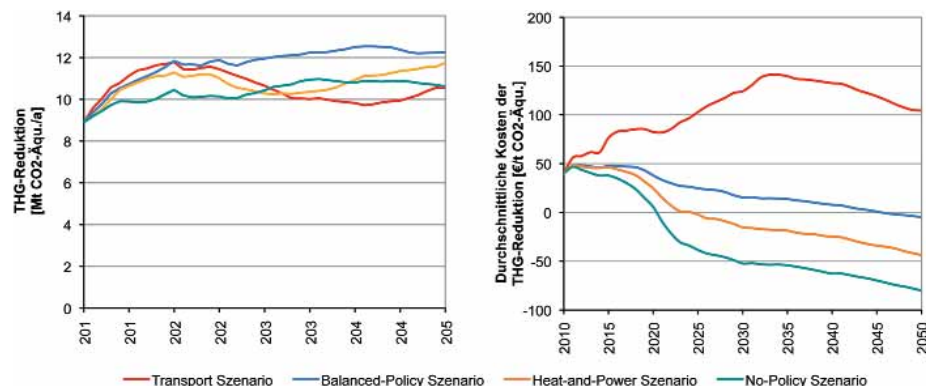


Quellen: Statistik Austria 2008 (Nutzung 2005), EEG/TU Wien (Prognose 2010 & Szenarien)

nario erstellt: Im No-Policy Szenario werden keinerlei politische Steuerungsinstrumente angenommen, im Heat-and-Power Szenario werden Wärme- und KWK-Anlagen gefördert, im Transport Szenario wurde eine ambitionierte Quote für biogene Kraftstoffe vorausgesetzt und im Balanced-Policy Szenario eine gleichzeitige Förderung von Wärme, Strom und Kraftstoffen. Zu diesen acht Basis-Szenarien wurden zahlreiche Detail- und Sensitivitätsanalysen durchgeführt. Das No-Policy Szenario dient im Wesentlichen als Vergleichs- bzw. Referenz-Szenario. Die anderen drei Szenarien stellen aus heutiger Sicht denkbare energiepolitische Wege zur Förderung des Bioenergie-Sektors dar.

Hinsichtlich des Rohstoffaufkommens kommt es in jedem Szenario zu einem ausgeprägten Trend in Richtung landwirtschaftliche Ressourcen. Bei der Nutzung ergeben sich je nach Szenario bzw. Ausgestaltung der Förderregime unterschiedliche Trends: Aufgrund der guten wirtschaftlichen Konkurrenzfähigkeit der biogenen Wärmebereitstellung liegt im No-Policy Szenario die Bio-

Abbildung 5: Vergleich von THG-Reduktion (links) und durchschnittlichen Kosten der THG-Reduktion (rechts) in den vier Niedrigpreis-Szenarien



masse-Nutzung stark im Wärmesektor. Eine ambitionierte Kraftstoff-Quote kann die Biomasse-Nutzung deutlich in Richtung Kraftstoffe verschieben, was mitunter zu Lasten der Wärme- und Stromproduktion geht (vgl. Abbildung 4). Die beschränkten elektrischen Wirkungsgrade und die hohe Wärmeleistung der Biomasse-KWK-Systeme bewirken, dass in keinem Szenario die Bioenergie-Nutzung durch die Verstromung dominiert wird.

Während in den Niedrigpreis-Szenarien noch positive THG-Reduktionskosten je nach Szenario bis etwa 2020 (vor allem bedingt durch den Anlagenbestand) oder auch im gesamten Simulationszeitraum bis 2050 zu verzeichnen sind, sind in den Hochpreis-Szenarien stark negative Reduktionskosten in allen Szenarien zu erwarten – außer im Transport Szenario. Die THG-Einsparungen betragen im Zeitraum 2030 bis 2050 etwa zehn bis zwölf Megatonnen im pro Jahr im Niedrigpreis-Szenario und zwölf bis knapp 15 Megatonnen pro Jahr im Hochpreis-Szenario. Es zeigt sich, dass die Transport Szenarien mittel- bis langfristig sowohl die geringsten THG-Reduktionen erzielen als auch die höchsten Kos-

ten aufweisen. Aufgrund des sehr wirksamen Quoten-Instruments können kurzfristig allerdings rasche Ergebnisse und hohe Diffusionsraten erzielt werden. Würden ähnliche oder vergleichbar effektive Instrumente auch im Wärme- oder Stromsektor eingesetzt werden, könnte mit demselben Biomasse-Primärenergieeinsatz ein größerer Effekt zur THG-Reduktion erzielt werden.

#### DETAIL-ERGEBNISSE UND SENSITIVITÄTSANALYSEN

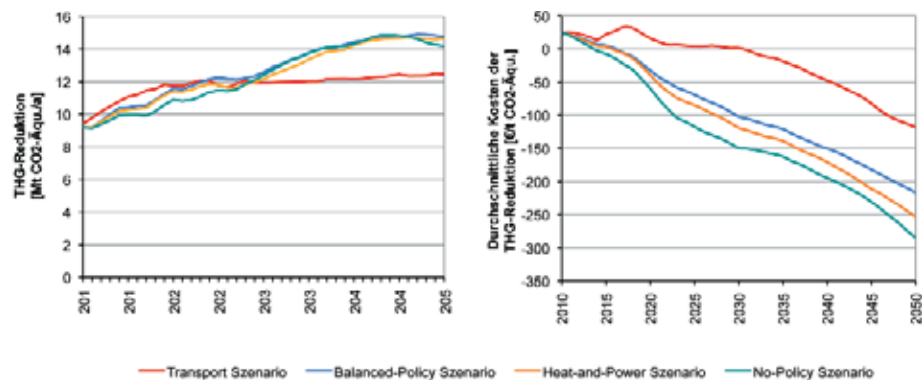
Im Folgenden sind einige Ergebnisse der Detail- und Sensitivitätsanalysen für ausgewählte Fragestellungen dargestellt:

- Welchen Anteil am Gesamtenergieverbrauch kann inländische Biomasse einnehmen?

Der Anteil, den Bioenergie am gesamten Primär-Energiebedarf einnehmen kann, hängt neben dem Ausmaß der Biomasse-Nutzung vor allem von der Entwicklung des Energieverbrauchs ab. In den Basis-Szenarien unterstellten wir die Entwicklung des Energieverbrauchs nach [Capros et al. 2008] sowie



Abbildung 6: Vergleich von THG-Reduktion (links) und durchschnittlichen Kosten der THG-Reduktion (rechts) in den vier Hochpreis-Szenarien



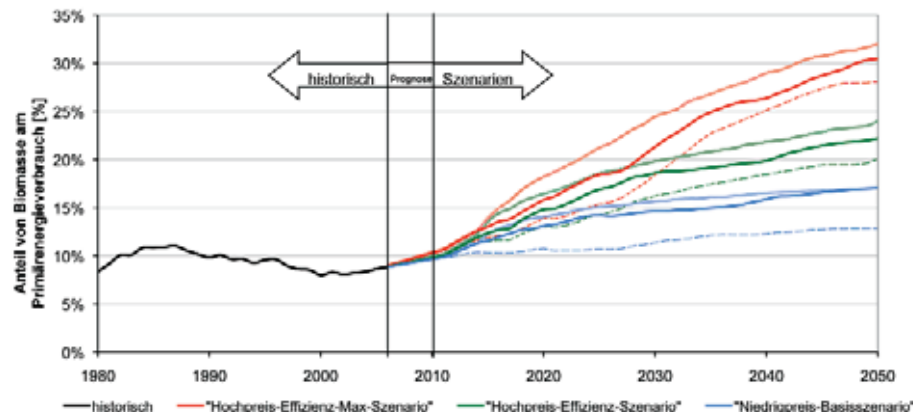
Fortschreibungen bis 2050. Dabei gingen wir im Niedrigpreis-Szenario von einer „Business-as-usual“-Verbrauchsentwicklung und im Hochpreis-Szenario vom Effizienz-Szenario aus. Die Abbildung 7 zeigt, dass im Falle eines weiteren Anstiegs des Energieverbrauchs („Niedrigpreis-Basisszenario“, basierend auf Capros-Baseline) auch langfristig und bei ambitionierter Förderung von Bioenergie mit inländischen Ressourcen lediglich ein Anteil von knapp über 15 Prozent möglich ist. In den No-Policy Szenarien (das heißt ohne jegliche Förderung von Bioenergie) bleibt der Anteil bis 2020 praktisch konstant. Danach ergibt sich je nach Preis- und Energieverbrauchsszenario ein geringfügiger Anstieg auf maximal 15 Prozent. Nur durch die Kombination der Förderung von Bioenergie mit Energieeffizienz-Maßnahmen („Hochpreis-Effizienz-Szenario“, basierend auf Capros-Efficiency) ist ein deutlich höherer Beitrag von inländischer Biomasse zur österreichischen Energieversorgung (langfristig über 20 Prozent) möglich. Mit – aus heutiger Sicht – sehr drastischen Verbrauchs-Reduktionen („Hochpreis-Effizienz Max“, angelehnt an [Nitsch et al. 2006] und [Haas et al. 2008]) wäre sogar ein Anteil von bis zu 30 Prozent erzielbar.

- Welcher Anteil des Kraftstoffbedarfs kann mit inländischen Biomasseressourcen gedeckt werden?

Die in Österreich für Ende 2008 festgelegte Biokraftstoff-Quote von 5,75 Prozent kann nur mit Hilfe massiver Rohstoffimporte erfüllt werden, da in Österreich nicht ausreichend Ackerflächen zur Verfügung stehen. Selbst wenn die gesamte österreichische Produktion von Raps und Sonnenblumen (insgesamt ca. 170.000 Tonnen auf 75.000 Hektar im Jahr 2007) und die Erträge einer ebenso großen Fläche zur Ethanolherzeugung (also in Summe ca. elf Prozent der gesamten Ackerfläche Österreichs) genutzt würden, könnten damit maximal 2,5 Prozent des derzeitigen Kraftstoffbedarfs gedeckt werden.

Welche Anteile auf Basis inländischer Ressourcen längerfristig realisierbar sind, wurde in einem ambitionierten Biokraftstoff-Szenario analysiert. Das Ergebnis zeigt, dass – gesetzt den Fall, dass ab 2015 Großanlagen zur Produktion von biogenen Kraftstoffen der zweiten Generation realisierbar sind – signifikante Biokraftstoffanteile auf Basis inländischer Ressourcen nur auf Kosten der Wärme- und Strom-

Abbildung 7: Anteil von inländischer Biomasse am Primärenergieverbrauch bei verschiedenen Preis- und Energieverbrauchs-Szenarien und unterschiedlichen Förderregimen (durchgezogene Linien: Balanced-Policy Szenarien, strichlierte Linien: No-Policy Szenario, transparente Linien: Transport Szenarien).



erzeugung mit Biomasse erreicht werden können. In der Simulation wird ein Anteil von ca. 13 Prozent des gesamten Kraftstoffbedarfs im Jahr 2020 und 30 Prozent nach 2030 erreicht. Aufgrund der durch die Implementierung ambitionierter Biokraftstoffquoten erhöhten Nutzungskonkurrenz um die inländischen Biomasseressourcen werden die hinsichtlich Kosten und THG-Minderung deutlich effizienteren Nutzungsformen signifikant beeinträchtigt. Ambitionierte Quoten sind bei gleichzeitigem Ausbau der Biomassenutzung im Wärme- und Stromsektor also auch langfristig nur mit Hilfe von massiven Rohstoffimporten realisierbar. Eine Fokussierung der Bioenergie-Förderung auf den Verkehrssektor ist kontraproduktiv, da hier die höchsten Kosten der THG-Einsparung anfallen und Rohstoffkonkurrenz zu effizienteren Nutzungsformen der Biomasse geschaffen wird.

- Gibt es auch bei steigenden Rohstoffpreisen wirtschaftliche Biomasse-Anwendungen?

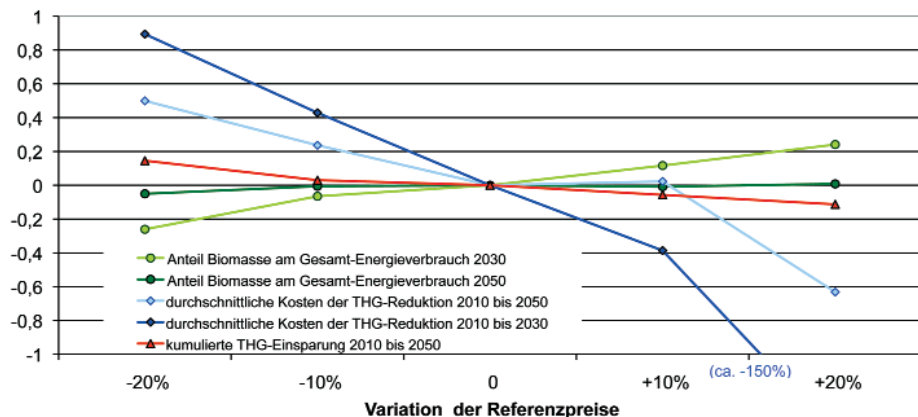
Rohstoffpreise sind ein wesentlicher Einflussfaktor – sowohl im Fall biogener als auch fossiler Energieträger. Prinzipiell ist in den Szenarien unterstellt, dass die Kopplung zwischen dem Ölpreis und Biomassepreisen kleiner 100 Prozent ist. Zur Sensitivitätsanalyse wurden folgende Aspekte untersucht:

- Erhöhung der Kopplung von Biomassepreis an den Ölpreis auf 100 Prozent (das heißt eine Ölpreis-Steigerung um ein Prozent bewirkt auch eine Steigerung der Biomassepreise um ein Prozent, und zwar für alle Biomasse-Fractionen).
- Variation der Biomassepreise um  $\pm 10$  Prozent bzw.  $\pm 20$  Prozent im Niedrigpreis-Szenario.
- Variation des fossilen Referenz-Preises um  $\pm 10$  Prozent bzw.  $\pm 20$  Prozent im Hochpreis-Szenario.

Die Analysen lieferten folgende Ergebnisse:

- Es ist nur eine relativ geringe Auswirkung der Kopplung zwischen Biomasse- und

Abbildung 8: Sensitivitätsanalyse des Anteils von Biomasse am Primärenergieverbrauch, der THG-Reduktionskosten sowie der kumulierten THG-Einsparung in Abhängigkeit der Referenzpreise im No-Policy Hochpreisszenario



Ölpreis auf die Diffusion der Bioenergie zu beobachten. Wesentlicher Grund dafür ist, dass die meisten Biomasse-Technologien einen deutlich geringeren Rohstoffkostenanteil (und dafür einen höheren Kapitalkostenanteil) aufweisen als die fossile Referenztechnologie. Damit fallen die Rohstoffkosten in geringerem Ausmaß ins Gewicht als bei den fossilen Referenztechnologien.

- Die Variation der Biomasse- bzw. Referenzpreise alleine (das heißt ohne gegenseitige Beeinflussung) hat zwei Effekte: Ein Einfluss auf das Ausmaß der Biomasse-Nutzung ist vor allem im Zeitraum bis 2030 gegeben. Hier bewirkt eine Veränderung des Preises um 20 Prozent auch eine Veränderung des Biomasse-Anteils um etwa 20 Prozent vom Ausgangswert. Viel stärker wirkt sich die Preisvariation allerdings auf die Kosten der THG-Reduktion aus. Im Zeitraum 2010 bis 2030 bewirkt die Veränderung der Preise um  $\pm 20$  Prozent eine Änderung der THG-

Reduktionskosten in der Höhe von 80 bzw. 150 Prozent. Das bedeutet im Wesentlichen, dass die erzielbaren Kosteneinsparungen und damit ein Teil des ökonomischen Nutzens der Biomasse von der Preis-Relation zwischen Biomasse und fossilen Energieträgern sowie der Preisstabilität der Biomasse abhängig sind.

#### WÄRME, STROM ODER KRAFTSTOFFE?

In dem Sektor der Wärmebereitstellung, in dem die Biomasse-Nutzung bisher dominierte, sind hohe Effizienz-Steigerungen durch eine Erhöhung der thermischen Gebäudequalität erzielbar. Diese werden zum Teil heute bereits umgesetzt. Eine Verstärkung dieser Bemühungen kann wesentlich zur Reduktion des Energieverbrauchs und damit der THG-Emissionen beitragen. Allerdings zeigen unsere Analysen, dass auch im Jahr 2050 noch ein substanzieller Wärmebedarf zu erwarten ist, der nicht alleine mit Solar-

Systemen gedeckt werden kann. Biomasse ist zur Abdeckung dieses Wärmebedarfs eine effiziente, klimaschonende und wirtschaftliche Option. Hier liegt die Herausforderung vor allem in der Entwicklung von flexiblen, wartungs- und emissionsarmen Systemen, die vor allem auf die Anforderungen kleiner Heizlasten angepasst sind. Weiters gilt es, das Segment des großvolumigen Gebäudebestands bzw. zunehmend auch urbane Gebiete zu erschließen.

Wenn eine hohe Wärmenutzung und damit eine hohe energetische Ausbeute erreicht werden kann, stellt auch die Verstromung eine effiziente Option zur Biomasse-Nutzung dar, insbesondere unter dem Aspekt, dass so die wertvolle Ressource Biomasse in einen hochwertigen Energieträger (nämlich Strom) umgewandelt wird. Hier stellt sich erstens die Frage, wie Standorte mit hohem ganzjährigem Wärmebedarf (zum Beispiel in der Industrie) erschlossen werden können. Zweitens wird die Rolle von Biomasse als speicherbarer und daher nicht-volatiler Energieträger in einem künftigen nachhaltigen Strom-Mix zu klären sein.

Biogene Kraftstoffe stellen unter den Biomasse-Technologien jene mit den höchsten THG-Reduktionskosten sowie den geringsten erzielbaren THG-Einsparungen dar. Sobald es durch die Produktion biogener Kraftstoffe zu einer Verdrängung anderer Biomasse-Nutzungen kommt, führt dies also zu höheren Kosten bei geringerer THG-Reduktion. Gasförmige biogene Kraftstoffe können die beste ökonomische und ökologische Effizienz aufweisen. Hier stellt allerdings der Aufbau der entsprechenden Infrastruktur sowie der Fahrzeugflotte eine wesentliche Barriere dar. Gleichzeitig ist zu sehen, dass derzeit biogene Kraftstoffe noch die einzige versorgungsseitige Option darstellen, rasch einen höheren Anteil erneuer-

barer Energie im motorisierten Individualverkehr zu erreichen. Es ist die Aufgabe der Politik, zu klären, welche Kosten für einen höheren Anteil erneuerbarer Kraftstoffe gesellschaftlich akzeptabel sind.

#### ELEMENTE EINES BIOENERGIE-MAßNAHMENPLANS

Die energetische Biomasse-Nutzung wird durch eine Vielzahl von politischen Einflussfaktoren geprägt. Ein umfassender Bioenergie-Maßnahmenplan müsste alle diese Faktoren und bestehenden Rahmenbedingungen in einer konsistenten, integrierten Weise abdecken. Im Folgenden sollen einige wesentliche Elemente herausgegriffen werden:

- Eine umfassende Regelung zur Förderung erneuerbarer Wärme bei gleichzeitiger Steigerung der Gebäudeeffizienz könnte entscheidende Rahmenbedingungen für die Förderung von Biomasse bieten. Auch wenn die Wärmebereitstellung zu den wirtschaftlichsten Varianten der Biomassenutzung zählt, sind Anreize, vor allem auch zur Überwindung nicht-ökonomischer Barrieren entscheidend; sowohl im kleinen als auch im mittleren und großen Leistungsbereich.
- Insbesondere im mittleren und großen Leistungsbereich von Wärmeanwendungen ist eine sukzessive Anhebung der gekoppelten Strom- und Wärmeproduktion dort zu forcieren, wo ein hoher, idealerweise ganzjähriger Wärmebedarf besteht. Die Förderung der Verstromung mittels Einspeisetarifen hat sich in der Vergangenheit als effizient und effektiv erwiesen. Zusätzlich ist die Schaffung von Investitionssicherheit entscheidend. Durch Implementierung entsprechender Anreize bzw. Förderbedingungen ist ein gesamtenergetisch effizienter Betrieb der KWK-Anlagen zu gewährleisten.

- Die Förderung biogener Kraftstoffe kann nur dann zu einem nachhaltigen Verkehrssystem beitragen, wenn sie in ein umfassendes Konzept zur drastischen Verringerung der THG-Emissionen im Verkehr, und zwar insbesondere durch Erhöhung der Effizienz, integriert wird. Ambitionierte Biokraftstoff-Quoten als alleinige Maßnahme sind jedenfalls kein adäquates Instrument.
- Der Mobilisierung der Biomassepotenziale kommt eine große Bedeutung zu. Im Bereich der landwirtschaftlichen Biomassebereitstellung ist die Abstimmung von agrar- und energiepolitischen Zielen erforderlich.
- In jedem Sektor der Bioenergie stellen sich spezifische technologische Herausforderungen, die in entsprechenden forschungs- und technologiepolitischen Maßnahmen zu berücksichtigen sind.

#### WESENTLICHE ENTSCHEIDUNGEN FÜR DIE ZUKUNFT DES BIOENERGIE-SYSTEMS

Die Zukunft des Bioenergie-Systems wird von einigen grundsätzlichen Entscheidungen abhängen. Es existieren unterschiedliche Pfade, die beschritten werden können. Die wesentlichsten Fragen, die sich stellen, sind:

- small scale ↔ large scale:  
Die Größe von Bioenergie-Anwendungen hängt mit dem Zentralisierungsgrad und dieser wiederum mit der Art und Zahl der involvierten Akteure zusammen. Die Struktur, die gesellschaftliche Akzeptanz und auch die Herausforderungen in einem regionalen, „small scale“-System werden deutlich anders gestaltet sein als in einem stärker zentralisierten „large scale“-System.
- Distanz und Ausmaß von Biomasse-Transporten und -Handel:  
Die Art und Weise, wie sich Bioenergie-Transporte entwickeln werden, ist auch vom Zentralisierungsgrad abhängig. Dies

wird wesentlich dazu beitragen, in welchem Ausmaß zu welchen Preisen welche Art von Rohstoffen wo verfügbar sind, wie sich globale Preisentwicklungen auf regionale Märkte auswirken und wie sich Biomasse-Märkte und -Systeme entwickeln.

- Technologischer Fortschritt:  
Technologische Entwicklung und Technologie-Diffusion bedingen einander. Die Entwicklung innovativer Anwendungstechnologien und Konversionsverfahren, z. B. zur Erzielung hoher elektrischer Wirkungsgrade oder kostengünstiger Sekundärenergieträger, wird entscheidend dafür sein, welche Bioenergie-Systeme künftig dominieren werden.
- Die Rolle verschiedener „Bio-Energiedienstleistungen“:  
Das Verhältnis von Wärme, Strom und Kraftstoffproduktion aus Biomasse ist ein wesentliches Charakteristikum und wurde daher oben bereits thematisiert. In hohem Maß wird es wohl auch von der Verfügbarkeit anderer nachhaltiger Systeme, den Anstrengungen zur Senkung des Energieverbrauchs in jedem dieser Sektoren sowie von der technologischen Entwicklung abhängen.

Es liegt an uns, die Weichen in Richtung eines nachhaltigen Energiesystems zu stellen. Biomasse wird darin eine wesentliche Rolle spielen. Welchen Beitrag zu welchen Kosten sie liefern kann, liegt auch an den Nutzungspfaden, die beschritten werden. Die Entscheidungen darüber werden bereits heute getroffen. Die vorliegende Studie soll neben anderen Arbeiten fachliche Entscheidungsgrundlagen liefern und so zur gesellschaftlichen, wissenschaftlichen, politischen Diskussion und Entscheidungsfindung beitragen.

#### LITERATUR

Austropapier (2008): Homepage der Austropapier – Vereinigung der österreichischen

Papierindustrie und des Fachverbandes der Papierindustrie. <http://www.austropapier.at/>.

Capros P., Mantzos L., Papandreu V., Tasios N. (2008): „European Energy and Transport – Trends to 2030 – Update 2007“. European Commission, Directorate-General for Energy and Transport, Institute of Communication and Computer Systems of the National Technical University of Athens. ESAP SA, CNRS/LEPII, ECN, Observ'ER, WSP, Wuppertal Institute, IIASA.

E-Control (2008): Homepage der E-Control GmbH: <http://www.e-control.at/>. „Ökostrom“; letzter Zugriff am 18.9.2008.

Haas R., Huber C., Resch G., Faber T. et al. (2004): „Green-X – Deriving optimal promotion strategies for increasing the share of RES-E in a dynamic European electricity market“. Final report of the project Green-X. 5th framework programme of the European Commission – Energy Economics Group (Vienna University of Technology), IT Power, KEMA, RISO, CSIC, FhG-ISI, Wienstrom, EGL, EREC. Wien.

Haas R., Müller A., Kranzl L. (2008): „Szenarien der gesamtwirtschaftlichen Marktchancen verschiedener Technologielinien im Energiebereich“. Endbericht zum gleichnamigen Projekt im Rahmen der Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“. Wien.

Haneder H., Furtner K. (2008): „Biomasse-Heizungserhebung 2007“. Niederösterreichische Landes-Landwirtschaftskammer; St. Pölten.

Kranzl L., Haas R., Kalt G., Diesenreiter F., Eltrop L., König A., Makkonen P. (2008): „Strategien zur optimalen Erschließung der Biomassepotenziale in Österreich bis zum Jahr 2050 mit dem Ziel einer maximalen Reduktion an Treibhausgasemissionen“. Energiesysteme der Zukunft. Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie. Download: [http://www.eeg.tuwien.ac.at/publications/pdf/KRA\\_REP\\_2008\\_2.pdf](http://www.eeg.tuwien.ac.at/publications/pdf/KRA_REP_2008_2.pdf).

Nitsch J., Gärtner S., Barthel C. et al (2004): „Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland“. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Technische Thermodynamik, Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu), Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie. Stuttgart, Heidelberg, Wuppertal.

Resch G., Faber T., Ragwitz M., Toro F. (2006): „Assistance with identifying environmentally beneficial ways of using biomass for energy, EU-25“. Final Report. Energy Economics Group, TU Wien. Fraunhofer ISI.

*Lukas Kranzl, Gerald Kalt, Reinhard Haas, Fritz Diesenreiter, Institut für elektrische Anlagen und Energiewirtschaft, Technische Universität Wien, Wien.*

*Ludger Eltrop, Andreas König, Institut für Energiewirtschaft und rationelle Energieanwendung, Stuttgart.*

*Pasi Makkonen, Technical Research Center Finland, Espoo, Finland.*