

# Inhaltsverzeichnis

## [Begrüßung](#)

## [Energetische Verwertung von nachwachsenden Rohstoffen in Bayern](#)

*von J. Miller*

## [Perspektiven für den energetischen Einsatz von Biomasse aus der Sicht eines Energieversorgers](#)

*von R. F. Elsässer*

## [Rück und Ausblick zu den Förderprogrammen für Energie aus Biomasse](#)

*von C. Lichtweis*

## [Konzept und Ziele des Gesamtprojektes "Waldhackschnitzelbereitstellung und -logistik für Holzheizwerke"](#)

*von G. Ohrner*

## [Energieholzpotentiale und aktuelle Ausschöpfung in Bayern](#)

*von S. Wittkopf*

## [Verfahren zur Bereitstellung von Waldhackschnitzel](#)

*von S. Feller*

## [Hackschnitzellogistik an den bayerischen Heizwerken](#)

*von N. Remler*

## [Der Stand der Feuerungstechnik für Holzbrennstoffe](#)

*von A. Strehler*

## [Pellets, die Zukunft der Holzenergie?](#)

*von W. Auerbach*

## [Zusammenfassung](#)

## [Summary](#)

## [Anhang](#)

## [Anschriftenverzeichnis](#)

## [Abbildungsverzeichnis](#)

## [Tabellenverzeichnis](#)

## [Impressum/ Copyright](#)

## Begrüßung

Sehr geehrter Herr Staatsminister Miller, sehr geehrte Damen und Herren,

ich darf sie heute als Leiter der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft herzlich zum Energieholzsymposium begrüßen und freue mich über Ihre zahlreiche und rege Teilnahme an dieser Veranstaltung. Besonders begrüßen möchte ich die anwesenden Kommunalpolitiker, die Vertreter von Forstbetriebsgemeinschaften und Waldbesitzervereinigungen, die Betreiber von Heizwerken, die Vertreter der Verbände wie den Bayerischen Waldbesitzerverband und den Bayerischen Bauernverband, die örtliche und regionale Presse sowie die Fachpresse.

Unser ehemaliger Bundespräsident Theodor Heuss äußerte sich zum Holz so: *"Holz ist ein einsilbiges Wort, aber dahinter verbirgt sich eine Welt der Märchen und Wunder"*. Er meinte damit hauptsächlich den mythenreichen und geschichtsträchtigen Erlebnisraum Wald. Wir wollen uns heute im Rahmen dieses Symposiums zwar mit dem Holz als Energiespender beschäftigen, aber auch dies ist ein Wunder der Natur. Die Bäume verstehen es, aus den Grundstoffen Kohlendioxid, Wasser und Sonnenlicht den wertvollen und nachwachsenden Roh- und Werkstoff Holz zu produzieren. - Im wahrsten Sinne "Hightech" im Pflanzenreich!

Diesen wertvollen Rohstoff als Brennholz zu nutzen ist die einfachste Art, Energie zu gewinnen. Das "Feuermachen" war ein wesentlicher Schritt in der Entwicklungsgeschichte der Menschheit insgesamt. Über Jahrtausende hinweg begleitete den Menschen die Feuerstelle als existenziell notwendiges Element seiner täglichen Daseinsvorsorge. Um diesen Rohstoff Holz nun planmäßig nutzen zu können ohne ihn zu verschwenden, entstand die nachhaltige Forstwirtschaft im 18. und 19. Jahrhundert.

Der langjährige Geschäftsführer der Schutzgemeinschaft Deutscher Wald in Bayern, Dr. Hornsmann, sagte hierzu in fast klassischer Art: *"Weil und während das Holz im Wald wächst, wachsen Schönheit des Waldes und alle seine guten Gaben mit."*

Wir Forstleute und Waldbesitzer sind davon überzeugt, dass sich Ökonomie und Ökologie im Rahmen der forstlichen Nutzung unserer Wälder sehr gut miteinander vereinen lassen. Heute wollen wir nun diesen alten und doch modernen Gesichtspunkt der Energiegewinnung vorstellen und diskutieren. Ich wünsche Ihnen allen einen interessanten Tag und die persönliche Schlussfolgerung, dass der Weg nach Freising für Sie kein "Holzweg" war.

Olaf Schmidt

Präsident der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF).

# Impressum

## Herausgeber:

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)

**Verantwortlich:** Olaf Schmidt, Präsident

**Redaktion und Schriftleitung:** Christian Wild, Dr. Alexandra Wauer

**Redaktionsassistentz:** Anita Klemmer

**Bezug:** Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF), Am Hochanger 11, D - 85354 Freising

**ISSN** 0945-8131

## Internetausgabe (Volltextausgabe):

Internet-Redaktion, Gestaltung, Bildbearbeitung, Programmierung: [Gerhard Huber](#)

## Copyright

- Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, sowie fotomechanische und elektronische Wiedergabe nur mit Genehmigung des Herausgebers. Insbesondere ist eine Einspeicherung oder Verarbeitung der auch in elektronischer Form vertriebenen Zeitschrift in Datensystemen ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig.
- Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF), Am Hochanger 11, 85354 Freising, Tel. 08161-71-4881\* Fax. ?4971 \* Email: [poststelle@fo-lwf.bayern.de](mailto:poststelle@fo-lwf.bayern.de)
- Internet: <http://www.lwf.uni-muenchen.de>

# Energetische Verwertung von nachwachsenden Rohstoffen in Bayern

von [JOSEF MILLER](#)

Explodierende Ölpreise, der gegenüber dem Dollar schwache Euro und die preistreibende Ökosteuern kennzeichnen die derzeitige Situation an den Treibstoff- und Heizölmärkten. Dies spielt sich vor dem Hintergrund der begrenzten Reichweite der weltweiten fossilen Energievorkommen ab. Sie liegt für Erdöl bei einer Fortschreibung des Status Quo bei nur 40 bis 50 Jahren. Europäische Quellen dürften sogar schon in ein bis zwei Jahrzehnten erschöpft sein. Natürlich werden verbesserte Explorationstechniken diesen Zeitrahmen verlängern. Aufstrebende Entwicklungsländer und die weitere wirtschaftliche Entwicklung werden aber auch die Nachfrage deutlich steigern.

Es bedarf keiner hellseherischen Fähigkeiten, um zu prognostizieren, dass sich die bereits geborene Generation unserer Kinder auf eine deutliche Ölverknappung und damit eine noch stärkere Verteuerung dieses Energieträgers einstellen muss. Änderungen im künftigen Energiemix sind damit vorprogrammiert. Noch decken wir unseren Energiebedarf vor allem mit Mineralöl, Erdgas, Stein- und Braunkohle. Der weltweite Verbrauch fossiler Energie verwandelt jährlich die Energiespeicherleistung von 500.000 Jahren Erdgeschichte irreversibel in Kohlendioxid, Wasserdampf und Wärmemüll. Dieses Kohlendioxid ist - so die überwiegende Meinung der internationalen Wissenschaft - etwa zur Hälfte für die globalen Klimaveränderungen verantwortlich.

## **Biomasse als Energieträger**

Wir müssen deshalb die Nutzung von Energieträgern ausbauen, die sowohl einen Beitrag zum Klimaschutz als auch zur Ressourcenschonung leisten! Nachwachsende Biomasse bindet während ihres Wachstums atmosphärisches Kohlendioxid mit Hilfe des Sonnenlichts und ist als Energieträger vielfältig nutzbar. Eindrucksvoll lässt sich dies am Beispiel Holz belegen. Beim Wachsen eines Kubikmeters Holz wird der Atmosphäre fast eine Tonne Kohlendioxid entzogen. 250 Kilogramm davon werden als Kohlenstoff im Holz gespeichert, 750 Kilogramm als Sauerstoff freigesetzt.

Bei der energetischen Nutzung entweicht nur so viel Kohlendioxid, wie die Pflanze zuvor der Atmosphäre entzogen hat. Die nachwachsenden Rohstoffe sind damit nahezu kohlendioxidneutral und darüber hinaus als Energieträger ausgezeichnet speicherbar. Im Gegensatz zu anderen regenerativen Energiequellen können sie zum gewünschten Zeitpunkt - und damit bedarfsgerecht - eingesetzt werden.

## **Nachhaltigkeit**

Spätestens seit der Umweltkonferenz von Rio de Janeiro im Jahr 1992 müssen alle Aktivitäten des Menschen auch nach den Auswirkungen auf die Umwelt

beurteilt werden. Im Maßnahmenkatalog der Agenda 21 steht der Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen und die schonende Nutzung der nur begrenzt vorhandenen fossilen Energieträger im Mittelpunkt.

Natürlich stellt sich auch bei den nachwachsenden Rohstoffen die Frage nach der Verfügbarkeit. In Bayern werden heute schon rund 80.000 Hektar landwirtschaftliche Flächen, davon rund die Hälfte Stilllegungsflächen, für deren Erzeugung genutzt. Forstwirtschaft betreiben wir auf knapp 2,5 Mio. Hektar. Holz ist unser wichtigster nachwachsender Rohstoff und wird von Forstleuten und Waldbesitzern bereits seit über 200 Jahren streng nach dem Prinzip der Nachhaltigkeit erzeugt.

Im Jahr 1790 begann beispielsweise Forstmeister Matthias VON SCHILCHER in den damals kurfürstlichen Wäldern Bayerns langfristige Waldbewirtschaftungspläne zur Sicherung der Nachhaltigkeit einzuführen. Der Forstklassiker GEORG LUDWIG HARTIG stellte 1804 zur Nachhaltigkeit fest: *"Jede weise Forstdirektion muss daher die Waldungen (...) so hoch als möglich, doch so zu benutzen suchen, dass die Nachkommenschaft wenigstens ebensoviel Vorteil daraus ziehen kann, wie sich die jetzt lebende Generation zueignet."*

Nachhaltige Bewirtschaftung des Waldes bedeutet für uns heute eine Wirtschaftsweise, die über Generationen hinweg auf der Grundlage des natürlichen Waldbestandes eine nach Menge und Qualität mindestens gleichbleibende Versorgung mit dem Rohstoff Holz und anderen Naturgütern sicherstellt. Zugleich werden die jeweils örtlich wichtigsten Schutz- und Erholungsfunktionen des Waldes bewahrt und verbessert sowie die Bedeutung der Wälder für die biologische Vielfalt gesichert. Damit wird auch ihre Anpassungsfähigkeit an wechselnde Umweltbedingungen - was gerade in der jetzigen Diskussion über globale Klimaveränderungen besonders wichtig ist - erhalten.

Die Verwendung von Holz und Holzprodukten wird den Forderungen nach einer schonenden Umweltnutzung in idealer Weise gerecht. Die Waldbesitzer erzielen aus dem Holzverkauf rund 90 % ihrer Erlöse bei der Waldbewirtschaftung. Erst diese Einnahmen ermöglichen es ihnen, die Wälder auch für künftige Generationen zu erhalten und sachgemäß zu pflegen. Holzerlöse sind für den Waldbesitz auch der beste Anreiz, die Rohstoffbasis der heimischen Holzwirtschaft zu sichern und ungenutzte Vorräte zu mobilisieren.

### **Thermische Holzverwertung**

Dabei wollen wir Holz in erster Linie als hochwertigen Bau- und Werkstoff einsetzen. Ich sehe aber dennoch erhebliche Potentiale für eine thermische Verwertung sowohl von Restholz aus der verarbeitenden Industrie als auch von Waldholz.

Das Waldenergieholz fällt bei der Waldpflege überwiegend dort an, wo hochwertiges Stammholz aus Gründen der Qualität und Dimension nicht mehr ausgehalten werden kann. Waldenergieholz konkurriert auf dem Holzmarkt gewöhnlich allenfalls mit Industrieholzsortimenten. Der Industrieholzmarkt wurde

in der Vergangenheit jedoch immer wieder von Preiseinbrüchen und Absatzschwierigkeiten heimgesucht. Ich begrüße es daher, wenn neue Absatzmöglichkeiten für Waldenergieholz zu einer Stabilisierung bei den häufig defizitären Schwachholzsortimenten führen und sich zu einem zusätzlichen finanziellen Standbein für die Forstwirtschaft entwickeln können.

Zerstreuen möchte ich die Ängste, die verschiedentlich von Seiten der Holzwerkstoffindustrie zu hören sind. Durch den verstärkten Einsatz von Sägerest- und Waldenergieholz bei der thermischen Verwertung sehe ich die Rohstoffversorgung ihrer Betriebe nicht gefährdet. Die vorhandenen Potentiale bieten so große Reserven, dass keine Gefahr eines "Ausverkaufes" besteht.

### **Potentiale nachwachsender Rohstoffe**

In den letzten Jahrzehnten fand in unseren bayerischen Wäldern ein deutlicher Vorratsaufbau statt. Der Holzvorrat war seit Beginn der geregelten Forstwirtschaft noch nie so hoch wie heute und er nimmt weiter zu. Nach Ergebnissen der Bundeswaldinventur liegt der jährliche Holzzuwachs in Bayern bei ca. 18 Mio. Festmeter pro Jahr. Geerntet werden derzeit aber nur 10 bis 12 Mio. Festmeter. Holz steht somit als Baustoff und Energieträger auch für die Zukunft ausreichend zur Verfügung.

Nach neuesten Untersuchungen der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft über den Energieholzmarkt beträgt die derzeitige energetische Nutzung von holzartigen Biomassen in Bayern rund 2,3 Mio. Tonnen pro Jahr. Dieses Energieholz setzt sich dabei im Wesentlichen aus drei Komponenten zusammen:

- Das für die Forstwirtschaft als zusätzliche Einkommensquelle besonders interessante Waldenergieholz nimmt einen Anteil von etwa einem Drittel ein.
- Industrierestholz, also Holz, das in den holzverarbeitenden Betrieben nicht verwertet werden kann (Schwarten, Spreißel, Späne usw.), stellt die Hälfte dieser Holzmenge.
- Altholz - überwiegend Recyclingmaterial - und sonstiger Holzanfall decken die Restmenge.

Schon beim derzeitigen Einschlag liegt das wirtschaftlich nutzbare Potential von Energieholz zwei Drittel höher, nämlich bei ca. 3,9 Mio. Tonnen pro Jahr. Der Anteil von Waldenergieholz beträgt auch im Falle dieser Steigerung etwa 30 %. Das bedeutet: Die Waldholzmenge könnte unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Überlegungen von derzeit 760.000 Tonnen auf über 1,1 Mio. Tonnen steigen. Das Steigerungspotential ergibt sich im Wesentlichen durch Holz, das bisher ungenutzt im Wald verbleibt.

### **Umwelleistungen in Bayern**

Bayern nimmt beim Einsatz regenerativer Energien bundesweit eine Spitzenstellung ein. Der Anteil aller erneuerbaren Energien an der Deckung des Primärenergiebedarfs ist mit über 5,8 % rund doppelt so hoch wie im

bundesweiten Durchschnitt (3 %). Rund 3,2 % des Primärenergieverbrauchs werden schon heute aus Biomasse gedeckt. Davon entfallen etwa ein Sechstel auf Hackschnitzel. Scheitholz kommt dagegen auf etwa die Hälfte. Vor allem ländliche Regionen, zunehmend aber auch Neubaugebiete und Randlagen der Städte bilden hier Verbrauchsschwerpunkte. Damit werden insgesamt 2 % unseres Primärenergiebedarfs mit Holz gedeckt. Dem Waldland Bayern kommt somit auch beim Einsatz von Holzenergie eine Vorreiterrolle zu. Übrigens, bundesweit erreicht dieser Wert nicht einmal die Ein-Prozent-Hürde!

Der Einsatz von Energieholz spart jährlich rund 1,2 Mrd. Liter Heizöl. Damit ist eine weitere positive Wirkung verbunden: Jedes Jahr werden 3,2 Mio. Tonnen Kohlendioxid ausstoß vermieden. Nicht zuletzt deshalb liegen die CO<sub>2</sub> - Emissionen in Bayern - sowohl pro Kopf als auch auf das Bruttoinlandsprodukt bezogen - um rund ein Drittel unter dem Bundesdurchschnitt! Damit haben wir einen Wert erreicht, der bereits jetzt unter dem bundesweiten Mittelwert nach Erreichen des von der Bundesregierung für 2005 angestrebten Minderungsziels liegt.

### **Förderung nachwachsender Rohstoffe in Bayern**

Die Förderung nachwachsender Rohstoffe ist ein Kernpunkt der bayerischen Forst- und Agrarpolitik. Bayern nimmt dabei wiederum einen Spitzenplatz vor allen anderen Bundesländern ein. Wir haben von 1990 bis 1999 rund 295 Mio. DM, davon 230 Mio. DM Landesmittel, in die Förderung nachwachsender Rohstoffe investiert.

Schwerpunkt war dabei die Energieerzeugung aus Biomasse. Mit erheblichen finanziellen Mitteln haben wir einen wichtigen Beitrag zum Ausbau der Infrastruktur in allen Anwendungsbereichen geleistet. Derzeit werden 1,76 Mio. Kleinfeuerungsanlagen für Holz und rund 260 Biomasseheiz- und Heizkraftwerke betrieben. Energie aus Biomasse wird daneben in

- 250 Klär- und Deponiegasanlagen,
- 20 Pflanzenöl-Blockheizkraftwerken
- und rund 330 landwirtschaftlichen Biogasanlagen

erzeugt. Biogene Treibstoffe sind an 180 öffentlichen Tankstellen erhältlich.

Unsere Anstrengungen haben dazu beigetragen, dass in Bayern heute Biomasse zusammen mit der Wasserkraft zu den bedeutendsten regenerativen Energieträgern zählt. Der aktuelle Anteil der Wasserkraft am Primärenergieverbrauch beträgt rund 2,2 %, während die gesamte Biomasse rund 3,2 % beisteuert.

### **Künftige Schwerpunkte der Förderung**

Wir haben vor kurzem - basierend auf den Erfahrungen der vergangenen zehn Jahre - die künftigen Förderschwerpunkte neu ausgerichtet. An erster Stelle unseres Programms stehen im energetischen Bereich:

- Holzenergie sowie die Nutzung von Reststoffen, gefolgt von

- Biogas
- und Biodiesel/Naturdiesel.

## **Holzenergie**

Im Bereich der Holzenergie einschließlich Nutzung von Reststoffen ist die Zielrichtung eindeutig der Wärmemarkt.

Die Stromgestehungskosten bei den Biomasseheizkraftwerken liegen in einer Größenordnung, die nur bei sehr günstigen Voraussetzungen die Vergütung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) unterschreitet. Sie sind in jedem Fall ein Mehrfaches höher als die Erzeugungskosten mit konventioneller Kraftwerkstechnik.

Bei der Wärmeversorgung sind Biomasseheizungen dagegen schon heute gegenüber Systemen auf fossiler Basis konkurrenzfähig. Gerade im kommunalen Bereich gibt es vielfältige Möglichkeiten, den Brennstoff Holz zu nutzen. Schulen, Hallenbäder oder andere Einrichtungen eignen sich hervorragend für neue Projekte. Sie sind wegen ihrer hohen Wärmeverteilungsdichte häufig sowohl ökonomisch als auch ökologisch sinnvoll. In bestimmten Fällen brauchen sie jedoch noch eine Anschubfinanzierung. Genau hier setzen wir einen Schwerpunkt der Förderung. Wenn ein Projekt ausreichend dimensioniert, technisch machbar, wirtschaftlich tragfähig und ökologisch sinnvoll ist, sind Förderungen bis maximal 30 % der Investitionskosten möglich.

## **Biomasse-Heizwerke**

Bei Biomasseheizwerken mit Nah- bzw. Fernwärmenetzen wird künftig etwas zurückhaltender vorgegangen. Aus den Erfahrungen bestehender Anlagen lässt sich ableiten, dass für einen wirtschaftlichen Betrieb eine Belegung der Versorgungsstrasse mit wenigstens 1,5 Megawattstunden pro Meter Trassenlänge und Jahr notwendig ist. Darüber hinaus muss von Anfang an ein Anschlussgrad von 70 % das Ziel sein. Der Rest der Anschließer sollte dann in drei Jahren folgen. In Neubaugebieten mit zögerlicher Bebauung ist die Neuentstehung von Biomasseheizwerken damit deutlich erschwert. Eine Alternative kann in solchen Fällen die automatisierte Biomassefeuerung über eine Holzpellettheizung sein.

## **Holzpellets**

Die sogenannten Holzpellets sind eine interessante Entwicklung hin zu automatisierten Heizungsanlagen im kleinen Leistungsbereich (Einfamilienhäuser). Die etwa bleistiftstarken Presslinge aus Holzabfällen haben eine hohe Dichte (650 Kilogramm pro Kubikmeter), einen minimalen Wassergehalt (10 %) und einen sehr hohen Heizwert (4,9 Kilowattstunden pro Kilogramm). Die Anlieferung über Silo-Transportwagen erfolgt mit dem gleichen Lieferkomfort wie bei Heizöl. Auch der Automatisierungsgrad der Feuerung entspricht weitgehend dem einer modernen Heizölfeuerung.

Obwohl die Pellets für die gleiche Energiemenge etwa dreimal soviel Lagerraum



benötigen wie Öl, ist dies kein wirklicher Nachteil. Während für einen Öltank ein begehrter Tankraum vorzuhalten ist, kann bei Holzpellets nahezu das gesamte Volumen des entsprechenden Kellerraums ausgenutzt werden.

### **Biogas**

Kein anderes Bundesland verfügt über mehr Biogasanlagen als Bayern. Mittlerweile zeichnet sich hier ein zusätzlicher Boom ab, der nur dank der erbrachten Vorleistungen möglich ist. Dabei ist der Pioniergeist zahlreicher Land- und Forstwirte genauso herauszustellen wie die Unterstützung durch den Freistaat Bayern. Für Forschungs- und Demonstrationsvorhaben standen seit 1998 über 2 Mio. Mark an öffentlichen Mitteln zur Verfügung.

### **Biodiesel**

Die im Spätfrühling aufblühenden, leuchtendgelben Rapsfelder sind unbestreitbar eine sicher sprudelnde, jährlich nachwachsende Treibstoffquelle. Biodiesel ist ein umweltfreundlicher Kraftstoff,

- derinherkömmlichen Dieselmotoren bei serienmäßiger Freigabe oder Umrüstung eingesetzt werden kann,
- wenig Emissionen verursacht,
- hohe Vorteile hinsichtlich Ressourcenschonung und Klimaschutz aufweist
- und sich bei Leckagen oder Unfällen biologisch schnell abbaut.

Mittlerweile werden in Deutschland pro Jahr rund 300.000 Tonnen Biodiesel getankt. Dies entspricht einem Anteil von 1,2 % des gegenwärtigen Dieserverbrauchs. Unter Beachtung der Fruchtfolge und der notwendigen Erzeugung von Speiseöl und Öl für sonstige Anwendungen ist ein Anstieg auf 5 bis 7 % möglich. Dieses Potential nicht einzusetzen wäre angesichts der Herausforderungen des Klima- und Ressourcenschutzes in hohem Maße unvernünftig und unverantwortlich, auch gegenüber unseren Kindern und Enkeln. Dank der noch von der alten Bundesregierung durchgesetzten Mineralölsteuerbefreiung für Biodiesel ist dieser Kraftstoff gerade für den Endverbraucher auch wirtschaftlich außerordentlich interessant.

### **Bedeutung der Forstbetriebsgemeinschaften**

Doch lassen Sie mich an dieser Stelle auf das Thema Holz zurückkommen. Die vorhin von mir genannten Zahlen belegen, dass in unseren Wäldern ausreichend Holz auch für eine verstärkte energetische Nutzung nachwächst. Dieses Holz zu mobilisieren ist eine große Herausforderung: Eine zunehmende Zahl der knapp 500.000 Waldbesitzer in Bayern und über 12 Mio. in Europa kann oder will ihren Wald nicht mehr bewirtschaften. Dazu trägt besonders der Strukturwandel in der Landwirtschaft bei.

Die mittlerweile über 100 Hackschnitzelheizwerke in Bayern verlangen eine zuverlässige und langfristige Belieferung mit Energieholz. Hier liegen neue

Herausforderungen, aber auch Chancen für die Waldbesitzer und ihre Zusammenschlüsse. Schon heute sind die Forstbetriebsgemeinschaften die wichtigsten Marktpartner der neu entstandenen Biomasseheizwerke. Sie sind in der Lage, das Angebot einzelner Waldbesitzer zu bündeln und den Heizwerkbetreibern gegenüber als kompetenter und verlässlicher Marktpartner aufzutreten. Viele Zusammenschlüsse haben sich schon eigene Häcksler beschafft, um die Hackschnitzel selbst bereitstellen zu können. Diese Maschineninvestitionen hat mein Haus seit 1997 in über 70 Fällen mit insgesamt rund einer Million Mark gefördert.

Derzeit sind 173 Forstbetriebsgemeinschaften der "Motor" für Holzenergie im bayerischen Privat- und Kommunalwald. Sie verfügen vielfach bereits über reiche Erfahrungen im neuen Geschäftsfeld "Energiewirtschaft". Hier haben sich die Selbsthilfeorganisationen bereits umfassen-des "Know-How" angeeignet und gestalten die Entwicklung auf diesem Gebiet wesentlich mit. Als Beispiel möchte ich die Waldbesitzervereinigung Kempten erwähnen, die den Biomassehof Allgäu initiiert hat. Engagiert und durchsetzungskräftig leistet sie erfolgreiche Lobby-Arbeit für den regenerativen Energieträger Holz.

Sie und einige andere Forstbetriebsgemeinschaften waren es auch, die sich dafür eingesetzt haben, dass - entgegen anderslautenden Vorstellungen - weiterhin ein Waldhackschnitzelanteil von mindestens 25 % als Auflage in den Förderbescheiden der neu entstehenden Heizwerke enthalten sein wird. Aus den bisherigen Erfahrungen heraus hatte sich die alte Quote von 50 % gelegentlich als schwer erfüllbar erwiesen. Manchmal war die wirtschaftliche Situation angespannt und Sägerestholz günstiger verfügbar, manchmal hat es etwas am guten Willen und dem aufeinander Zugehen gefehlt. Die neue Quote ist ein guter Kompromiss für die Heizwerkbetreiber und für die Waldbesitzer, die damit weiterhin auf einen gesicherten Grundabsatz an Hackschnitzeln bauen können. Die gestiegenen Heizöl- und Gaspreise haben die Situation im Energieholzsektor im vergangenen Jahr weiter verbessert. Die Heizwerke können über gestiegene Einnahmen wieder Rücklagen bilden und den Waldbesitzern für ihr Holz auskömmliche Preise bezahlen.

## **Schluss**

Durch den Einsatz von Energie aus Biomasse werden in Bayern jährlich rund 4,8 Mio. Tonnen Kohlendioxid eingespart. Damit leisten wir einen erheblichen Beitrag zum Klimaschutz. In der Gewinnung von Energie aus Biomasse sehe ich aber auch eine hervorragende Möglichkeit, den ländlichen Raum zu stärken, regionale Kreisläufe aufzubauen und Arbeitsplätze vor Ort zu schaffen. Die zusätzliche Wirtschaftskraft kommt der Region zugute. Das ist ein ganz entscheidender Faktor, der die Gesamtbilanz dieser ökologisch und ökonomisch vorteilhaften Energieformen noch zusätzlich verbessert. Meine sehr verehrten Damen und Herren, ich wünsche Ihnen einen Tag mit anregenden Diskussionen und dass auch Sie selbst "nachhaltig" die notwendige Energie haben, um den nicht immer einfachen Weg beim Ausbau der regenerativen Energiequellen mit Erfolg fortzusetzen.

# Perspektiven für den energetischen Einsatz von Biomasse aus der Sicht eines Energieversorgers

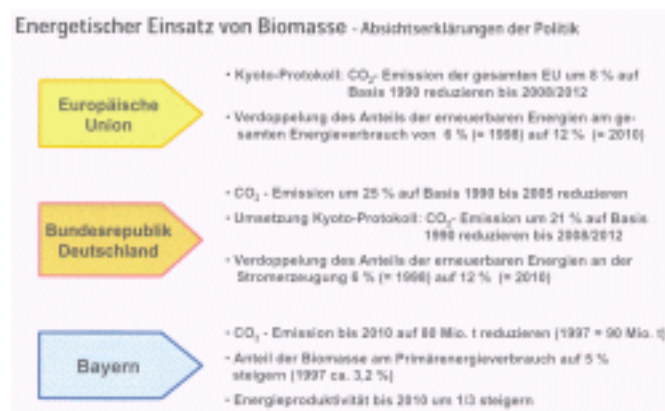
von [RAINER FRANK ELSÄSSER](#)

Verschiedene Perspektiven, Randbedingungen und Motivationen beeinflussen den energetischen Einsatz von Biomasse:

- Verantwortung gegenüber zukünftigen Generationen;
- politische Vorgaben und Ziele;
- nutzbare Potentiale und technologische Entwicklung;
- wirtschaftliche Kriterien.

## Politische Vorgaben und Ziele

Die Politik hat auf europäischer, deutscher und bayerischer Ebene Ziele formuliert, um die CO<sub>2</sub>-Emissionen deutlich zu verringern. Ein höherer Anteil regenerativer Energien soll zu dieser Reduktion beitragen. Dazu zählt auch die Substitution konventioneller Primärenergie durch Biomasse. Ziel ist, den Anteil regenerativer Energien für Deutschland und Europa bis 2010 zu verdoppeln. Bayern strebt an, den Anteil der Biomasse am Primärenergieverbrauch auf 5 % zu erhöhen.



**Abb. 1:** Absichtserklärungen der Politik

Um diese Ziele zu erreichen, wurden auf verschiedenen staatlichen Ebenen Gesetze und Verordnungen erlassen bzw. Vereinbarungen getroffen. Biomasse wird massiv gefördert, um ihre Nutzung für einen Anlagenbetreiber wirtschaftlich zu machen:

### Europäische Union

- **Weißbuch Erneuerbare Energien** (bisher ohne politische Konsequenzen)

### Bundesrepublik Deutschland

- **Förderung der Flächenstilllegung**
- **Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG):** Förderung der Erzeugung mit regenerativen Energien durch eine gesicherte Einspeisevergütung

(Biomasse/Biogas 20/18/17 Pf/kWh)

## Bayern

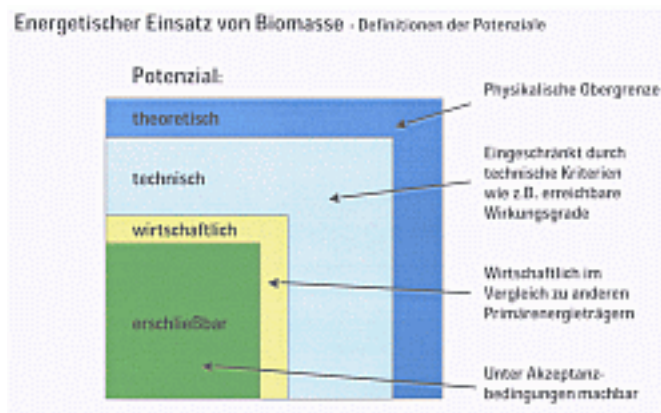
- **Förderprogramme**
- **Umweltpakt Bayern:** Nachhaltiges Wirtschaften im 21. Jahrhundert
- **Projektförderung**
- **Biomasse wird vielfach gefördert**

## Fazit:

### Nutzbare Potentiale und Ziele

Die Entstehung der Biomasse auf dem Wege der Photosynthese wird als Nettoprimärproduktion (NPP) definiert. Das ist diejenige Energie, die nach Abzug des wachstumsbedingten Verbrauchs biologisch fixiert wird. Die Nettoprimärproduktion beträgt weltweit ca. 1.800.000 PJ/a. Dies entspricht dem 4,4-fachen des Weltprimärenergiebedarfs. Dabei ist festzuhalten, dass ca. 40 % der NPP bereits von der Menschheit und ca. 10 % durch die Schädigung von Vegetationsflächen verbraucht sind. Flora und Fauna müssen sich mit den restlichen 50 % begnügen. Nach Einschätzung von Fachleuten lassen sich insgesamt ca. 4 % der NPP für die Substitution fossiler Energieträger einsetzen. Dies kommt ca. 18 % des Weltprimärenergieverbrauchs gleich. 1997 wurden in der Europäischen Union 2.200 PJ (= 0,12 % der NPP) feste Bioenergieträger zur Strom- und Wärmezeugung genutzt.

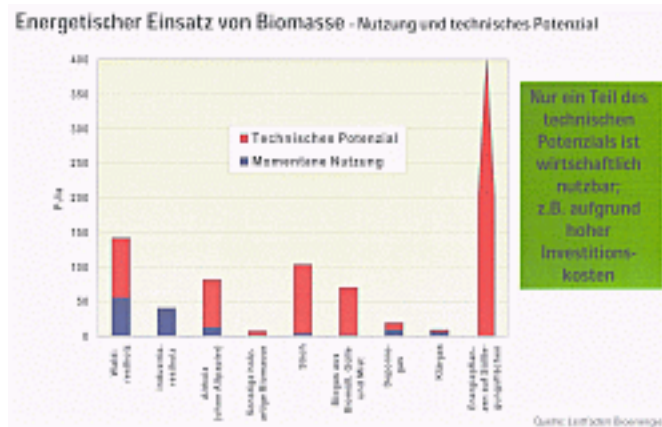
Bei der Potentialbetrachtung ist zu unterscheiden zwischen theoretischem, technischem, wirtschaftlichem und erschließbarem Potential.



**Abb. 2:** Definitionen der Potentiale

Für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland wurde ein technisches Potential von etwa 870 PJ/a abgeschätzt. Der Primärenergieverbrauch liegt zur Zeit (1999) bei ca. 14.200 PJ/a. Den höchsten Anteil am Gesamtpotential nehmen derzeit Energiepflanzen auf Stilllegungsflächen mit 46 % sowie das Waldrestholz mit 16 % ein. Die restlichen 38 % verteilen sich auf Industrierestholz, Altholz (ohne Altpapier), sonstige holzartige Biomasse, Stroh, Biogas sowie Deponie- und Klärgas.

Von diesem technischen Potential wird momentan nur ein geringer Anteil genutzt (ca. 15 %), wobei der Grad der Nutzung für die einzelnen Biomassearten sehr unterschiedlich ist. Der Grund dafür liegt in der Entwicklung der verfügbaren Technologien und der Wirtschaftlichkeit.



**Abb. 3:** Nutzung und technisches Potential

### Wirtschaftliche Kriterien

Die Wirtschaftlichkeit der Nutzung verschiedener Biomassen hängt vorrangig ab von den Eigenschaften des Materials, der Entwicklung der Technologien sowie der ortsnahe und bedarfsgerechten Bereitstellung.

Die Nutzung von Biomasse ist technisch aufwendiger als Öl- und Gasverbrennung, denn

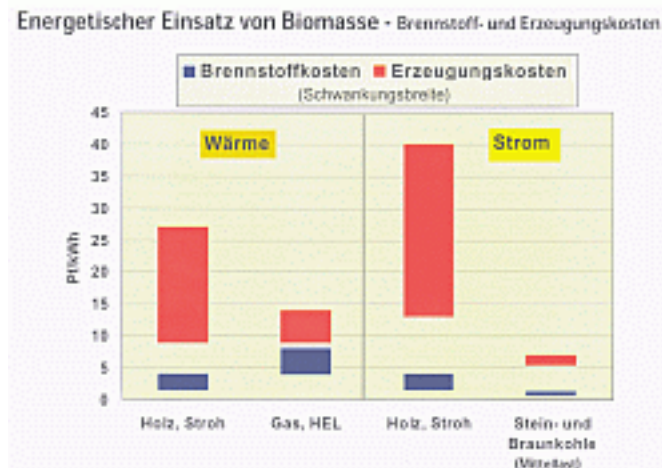
=> Biomassen sind in der Regel keine homogenen Stoffe und müssen für die energetische Nutzung aufbereitet werden;

=> außer der Verbrennung und Vergärung sind alle anderen Technologien (Pyrolyse, Vergasung) noch in der Entwicklung;

=> auf Grund des geringeren spezifischen Wärmeinhalts muss Biomasse möglichst nahe am Gewinnungsort genutzt werden. Ansonsten entstehen hohe Transportkosten, die Gesamtenergiebilanz verschlechtert sich.

Dies macht deutlich, dass sowohl der größere Bauaufwand als auch die höheren Aufbereitungskosten die Wirtschaftlichkeit der Biomasse belasten.

Generell lässt sich aus Biomasse Wärme wirtschaftlicher produzieren als Strom. Im Wärmebereich stehen erprobte Techniken zur Verfügung. Die Stromerzeugung ist in der Regel nur bei besonders günstigen Randbedingungen und unter den derzeitigen Subventionsmechanismen (EEG, Projektförderung ...) rentabel.

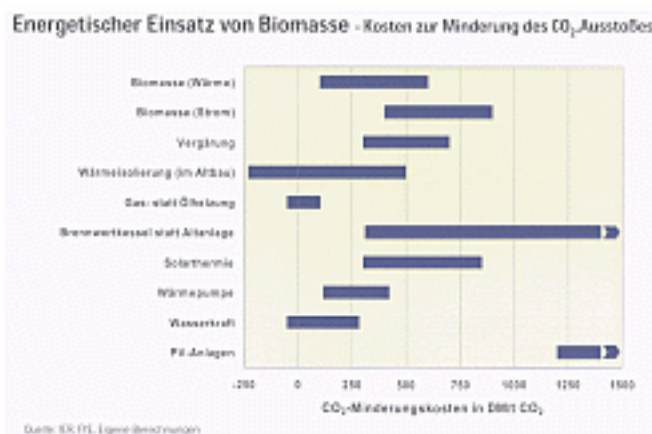


**Abb. 4:** Brennstoff- und Erzeugungskosten

Der Einsatz von Biogas (Fermentation) zur Stromerzeugung kann aus der Sicht des Stromeinspeisers auf Grund der Vergütungen nach EEG wirtschaftlich sein. Ferner dient die Verwendung von Biogas auch dazu, biogene Abfallstoffe sinnvoll zu entsorgen.

### CO<sub>2</sub> - Minderungskosten

Betrachtet man den Einsatz von Biomasse unter dem Aspekt der CO<sub>2</sub> - Minderungskosten, so zeigen verschiedene Studien, dass sich mit anderen Maßnahmen wie z. B. der - noch zu wenig diskutierten und geförderten - Wärmeisolierung von Altbauten (größtes Potential!) oder der Nutzung der Wasserkraft das politische Ziel der CO<sub>2</sub> -Vermeidung zum Teil mit erheblich geringeren Kosten realisieren lässt.



**Abb. 5:** Kosten zur Minderung des CO<sub>2</sub> -Ausstoßes

### Beiträge und Aktivitäten der E.ON Energie AG

Das Energieversorgungsunternehmen E.ON Energie AG hat bisher mit einem Aufwand von ins-gesamt ca. 30 Mio. DM 31 Biomasseheizwerke und etwa 80 Biogasanlagen gefördert, Studien zur Optimierung der Biomassenutzung finanziert sowie Versuche zur Mitverbrennung von Biomasse unternommen. Über das EEG werden zur Zeit Einspeisevergütungen nur für den Bereich der Biomasse in der Größenordnung von 23 Mio. DM/a gezahlt. Dies führt zu

Mehrbelastungen für die Energieversorgungsunternehmen bzw. ihre Kunden.  
Die Aktivitäten der E.ON Energie AG bewegen sich in einem weiten Rahmen:

- => Beteiligung an 12 Biomasseheizwerken
- => Projekt für ein 20 - MWel - Heizkraftwerk auf der Basis von Hackschnitzeln
- => Verpflichtungen im Rahmen des Umweltpaktes Bayern
- => Mitverbrennung von Klärschlamm (z.B. in Schwandorf 100.000 t)
- => Mitverbrennung von Biomasse
- => Projekte und Unterstützung von Biogasanlagen
- => Betrieb von Deponiegasanlagen

### **Resumée**

Die oben genannten Aspekte für den energetischen Einsatz von Biomasse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- => Biomassenutzung wird mehrfach gefördert;
- => das für den energetischen Einsatz realistisch erschließbare Potential von Biomasse ist begrenzt;
- => im Hinblick auf das politische Ziel CO<sub>2</sub> -Reduzierung konkurriert die Biomasse mit anderen zum Teil erheblich kostengünstigeren Techniken;
- => die Priorität bei der Biomassenutzung liegt in der Wärme-, nicht in der Stromproduktion;
- => wirtschaftliche und ökologische Kriterien sprechen für eine Nutzung "vor Ort".



# Rück- und Ausblick zu den Förderprogrammen für Energie aus Biomasse

von [CHRISTIAN LEUCHTWEIS](#)

In Bayern wird die Nutzung von Biomasse seit den 90er Jahren massiv gefördert. Im Vordergrund steht vor allem die feste Biomasse in Form von Holzbrennstoffen, auf die sich die weiteren Ausführungen auch beschränken. Bisher bezuschusste das Bayerische Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten (Bayer. StMLF) etwa 3.000 Kleinf Feuerungs- und ca. 100 größere Anlagen der energetischen Nutzung von Biomasse. Seit 1992 betreut und begleitet C.A.R.M.E.N. e.V. diese Projekte. Im vergangenen Jahr (1999) wurde das Marktanreizprogramm des Bundes eingeführt, das in Bayern vor allem im Bereich der Kleinf Feuerungen regen Zuspruch erhält.

## 1. Bayerische Förderprogramme

### 1.1 Individualförderung

Die aktuelle Förderpraxis des Bayerischen Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten im Bereich der energetischen Verwertung nachwachsender Rohstoffe sieht eine individuelle Prüfung der beantragten Projekte vor. Biomasseheizanlagen mit einer Wärmeabnahmeleistung von über 500 kW können mit 30 % der förderfähigen Investitionen bezuschusst werden. Für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) besteht die Möglichkeit, die Förderquote geringfügig zu erhöhen.

Der Fördermittelnehmer wird verpflichtet, einen Teil der Brennstoffe direkt aus der Land- bzw. Forstwirtschaft zu beziehen. Der übrige Brennstoff darf in der Regel nur rein mechanisch behandelte Resthölzer enthalten.

Förderanträge an das Bayerische Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten werden über C.A.R.M.E.N. e.V. eingereicht. C.A.R.M.E.N. e.V. fertigt in einer Einzelfallprüfung eine fachliche Stellungnahme zu den Anträgen und leitet diese zusammen mit den Antragsunterlagen an das Staatsministerium weiter. Um den Förderantrag bearbeiten zu können, benötigt C.A.R.M.E.N. e.V. einen genauen Einblick in das geplante Projekt. Deshalb muss unter anderem eine fundierte, auf der Basis nachvollziehbarer Daten ausgeführte Wirtschaftlichkeitsberechnung gemäß VDI-Richtlinie 2067 vorgelegt werden. Eine voraussichtlich wirtschaftliche Betriebsweise bei erfolgter Investitionsförderung ist eine der Grundvoraussetzungen für die Gewährung eines Zuschusses. Als Ausgangspunkt für einen Förderantrag sollte eine Projektstudie oder eine Vorplanung einer erfahrenen Fachkraft dienen. Abgesehen von der ökonomischen Begutachtung beurteilt C.A.R.M.E.N. diese Studie auch noch hinsichtlich technischer Machbarkeit und ökologischer Sinnhaftigkeit. Die Antragsunterlagen sind auf Anfrage bei C.A.R.M.E.N. e.V. erhältlich.



## **Erfahrungen**

Die Erfahrungen aus dem Individualförderprogramm lassen für zukünftige Projekte zumindest folgende Eckwerte sinnvoll erscheinen:

- Investitionssumme 500,-- bis 750,-- DM/(MWh/a) bei einem erzielbaren Wärmepreis (WP) von 100,-- DM/MWh;
- 70 % der Wärmeabnehmer bei der Antragstellung unter Vertrag und Endausbau nach drei Jahren;
- Brennstoffpreis ca. 1/4 des Wärmepreises (20,-- DM/Srm bei 100,-- DM/MWh WP);
- Anschlussdichte größer als 1,5 MWh/a pro Meter Wärmetrasse.

Damit eignen sich große, möglichst bereits existierende Wärmeabnehmer ohne ausgedehntes Wärmenetz besonders für zukünftige Projekte.

### **1.2 Standardisierte Förderprogramme**

Die Beschränkung der individuellen Prüfung auf eine untere Leistungsgrenze verursachte eine "Förderlücke" in den kleineren Leistungsbereichen. Weil es aber politisch durchaus sinnvoll sein kann, auch in diesen Leistungsbereichen die Biomassenutzung zu bezuschussen, wurden in Bayern spezielle Förderprogramme initiiert:

#### **1.2.1 Technologieeinführungsprojekt I (01.05.1995 bis 31.12.1997)**

Im Rahmen des ersten Technologieeinführungsprojektes wurden beispielhaft 200 Holz-Zentralheizungen im Leistungsbereich zwischen 20 und 50 kW gefördert.

#### **1.2.2 Technologieeinführungsprojekt II (15.09.1996 bis 31.12.1998)**

Hier konnten Stückholzkessel von 20 bis 49 kW Nennleistung mit einer Festbetragsförderung und Hackschnitzelkessel von 20 bis 100 kW spezifisch nach ihrer Nennleistung und den nachgewiesenen Emissionswerten gefördert werden. Beide Technologieeinführungsprojekte erfreuten sich einer sehr großen Nachfrage.

#### **1.2.3 Biomasseheizanlagen im Bereich von 100 bis 500 kW Nennwärmeleistung (Vorschlag)**

[Mittlerweile realisiert, siehe Anhang]

Wegen der bestehenden Förderlücke im Bereich bis 500 kW erarbeitete C.A.R.M.E.N. e.V. aus den Erfahrungen mit den vorhin erwähnten standardisierten Förderprogrammen ein Konzept zur Förderung von Biomasseanlagen im Bereich von 100 bis 500 kW. Es befindet sich derzeit beim Bayerischen Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten in der Ressortabstimmung und könnte vor allem im kommunalen Bereich wirksam werden. Dort greift das schon erwähnte Marktanzreizprogramm des Bundes nicht. Viele geeignete Objekte stehen jedoch zur Verfügung.

## **2. Marktanreizprogramm des Bundes**

Im Rahmen des Programmes "Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien" (Marktanreizprogramm) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie können Biomasseanlagen über Zuschüsse oder Darlehen gefördert werden.

### **2.1 Zuschüsse**

[Inzwischen geändert, Neuerungen im Anhang]

Zuschüsse werden für Anlagen mit einer Nennwärmeleistung zwischen 3 und 100 kW gewährt. Handbeschickte Zentralheizungsanlagen mit Wärmepufferspeicher bis 50 kW werden mit 80,-- DM/kW gefördert. Automatisch beschickte Anlagen erhalten 120,-- DM/kW; bis 50 kW jedoch nur als Zentralheizungsanlagen. Die Untergrenze für die Förderung automatisch beschickter Anlagen liegt bei mindestens 4.000,-- DM pro Anlage. Voraussetzung dafür ist das Einhalten bestimmter Emissionsgrenzwerte. Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK-Anlagen) werden zusätzlich mit 360,-- DM/kW elektrischer Leistung bezuschusst. Förderanträge sendet das Bundesamt für Wirtschaft, (Postfach 51 71, 65276 Eschborn, Telefon: 06196/4040) auf Anfrage zu.

### **2.2 Darlehen**

Darlehen werden für Anlagen größer 100 kW Nennwärmeleistung bereitgestellt und über die Hausbank abgewickelt. Ist das Projekt abgeschlossen, wird ein Schuldenerlass in Höhe der Förderung für automatisch beschickte Anlagen unter 100 kW gewährt. Die Anträge für Zuschüsse und Darlehen müssen bis 15. Oktober 2002 gestellt werden.

### **2.3 Aktueller Stand**

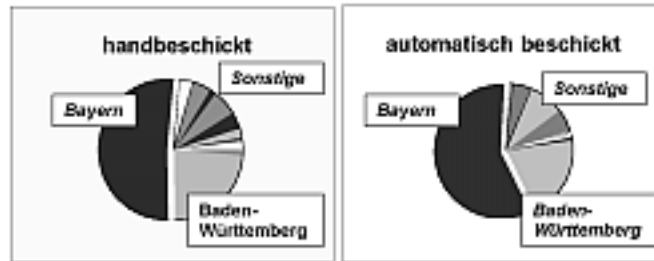
Die Auswertung der bisher eingegangenen Anträge zeigt, dass das Förderprogramm im kleinen Leistungsbereich vor allem in Bayern sehr gut angenommen wird. Dies lässt sich sicher auch auf die bereits im Vorfeld aufgelegten bayerischen Förderprogramme zurückführen. Im höheren Leistungsbereich ist eine gewisse Zurückhaltung bei der Antragstellung zu spüren. Dazu ist anzumerken, dass die angebotenen Förderquoten relativ niedrig sind. Zudem verlangen große Projekte einen erheblichen Vorlauf und können nur mit entsprechender Erfahrung sinnvoll umgesetzt werden.

#### **2.3.1 Anträge Zuschussvariante (Stand: 01.11.2000)**

- gestellte Anträge insgesamt: 9.881
  
- darunter für

  - handbeschickte Anlagen: 6.635
  - Bayern (52 %): 3.438

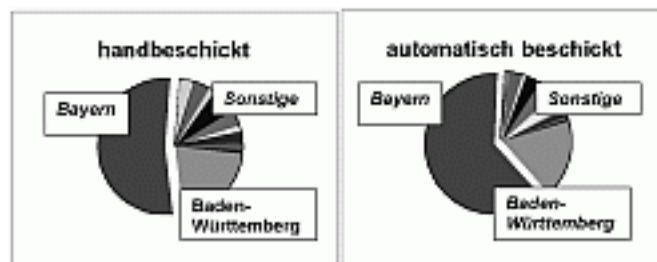
- automatisch beschickte Anlagen: 3246  
1889  
Bayern (58 %):



**Abb. 1:** Verteilung der Anträge auf die Bundesländer

### 2.3.2 Fördervolumen Zuschussvariante (Stand: 01.11.2000)

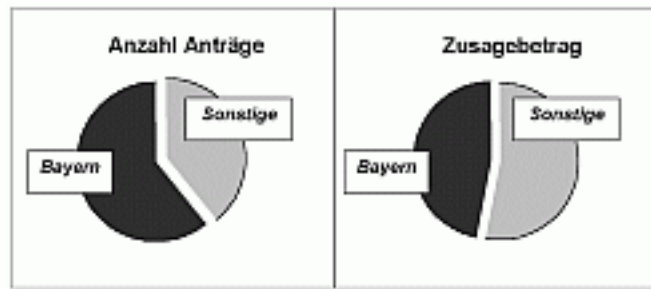
- Gesamtfördervolumen: 32,86 Mio  
DM  
darunter für
  - handbeschickte Anlagen: 16,89 Mio  
Bayern (52 %): DM  
9,00 Mio  
DM
  - automatisch beschickte Anlagen: 15,97 Mio  
DM  
Bayern (58 %): 9,96 Mio  
DM



**Abb. 2:** Verteilung der Fördersummen auf die Bundesländer

### 2.3.3 Darlehensvariante (Stand: 02.11.2000)

- Kreditzusagen für Biomasseanlagen: 23  
14  
Bayern (61 %):
- Zusagebetrag für Kredite: 2,14 Mio.  
Bayern (47 %): DM  
1,01 Mio.  
DM



**Abb. 3:** Verteilung der Zusagen auf die Bundesländer

### 3. Resümée

Im *niedrigen Leistungsbereich* greift das Förderprogramm des Bundes in Bayern auf Grund der Vorleistung zweier bayerischer Förderprogramme sehr gut. Deshalb erscheint eine bayerische Initiative derzeit nicht notwendig.

Im *Leistungsbereich ab 100 kW* ist es sinnvoll, eigene Förderprogramme bereit zu halten. Hier bietet sich die Möglichkeit, die Förderlücke des Bundes bei kommunalen Anlagen zu schließen und gleichzeitig ein Projekt über Auflagen positiv zu beeinflussen. Aus den bisherigen Erfahrungen mit der bayerischen Förderpraxis lässt sich ableiten, dass Anlagen mit hohen Abnahmewärmeleistungen und Vollbenutzungsstunden bei überschaubaren Investitionsvolumen und Abwicklungszeiträumen einen sinnvollen Arbeitsschwerpunkt für die Zukunft bieten. Vor allem im kommunalen Bereich lassen sich damit geeignete Wärmeversorgungsobjekte finden.

# Konzept und Ziele des Gesamtprojektes "Waldhackschnitzelbereitstellung und -logistik für Holzheizwerke"

von [GUNTHER OHRNER](#)

## Hintergrund und Anlass für das Projekt

Nach den Energiekrisen der 70er Jahre, charakterisiert durch die erste Ölkrise 1973 und die zweite 1979, beschäftigte man sich in den 80er Jahren intensiv wissenschaftlich mit der Frage der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energieträgern. Es war bereits damals klar, dass Holz für die thermische Nutzung nachwachsender Rohstoffe von primärem Interesse sein musste. Nachdem nun dem Wald als Produktionsstätte dafür eine Schlüsselstellung zukommt, war es nur logisch, dass sich die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) mit den speziellen forstlichen Aspekten dieses Themas befasste. Die Aufgabe der LWF als praxisorientierte Forschungsinstitution besteht unter anderem darin, Grundlagen und Verfahren zu erarbeiten sowie Kenntnisse zusammenzutragen. Dies soll dazu dienen, den wirtschaftlichen Nutzen und die nachhaltige Sicherung aller Ressourcen bei der Waldbewirtschaftung optimal miteinander zu verknüpfen. Das Thema "Energieholz" wird an der LWF vom Sachgebiet IV "Betriebswirtschaft und Waldarbeit" bearbeitet. Die dort angesiedelten Arbeitsbereiche Betriebswirtschaft, Waldarbeit und Forsttechnik sowie Holzverwertung ermöglichen eine unkomplizierte interdisziplinäre Zusammenarbeit verschiedener Spezialisten und schaffen Synergien. Die Ergebnisse werden in den folgenden Beiträgen vorgestellt.

- Nach den Ölkrisen der 70er Jahre wuchs die Bedeutung erneuerbarer Energieträger
- Für die thermische Nutzung nachwachsender Rohstoffe ist Holz von primärem Interesse
- Thema "Energieholz" wurde von der LWF als der für den Wald zuständigen praxisorientierten Forschungsinstitution aufgenommen

Für unsere Arbeiten im Bereich "Holzenergie" sind drei Meilensteine zu nennen, die kurz erläutert werden sollen.

## Meilenstein 1: Projekt "Schnellwachsende Baumarten im Kurzumtrieb"

Auf Grund eines Landtagsbeschlusses von 1989 erging an die LWF der Auftrag, durch Begründung mehrerer Versuchsflächen in verschiedenen Regionen Bayerns Erfahrungen mit dem Anbau von schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb mit dem Ziel der Energieholzproduktion zu sammeln. Hintergrund war damals die Frage möglicher Nutzungsalternativen für von der Flächenstilllegung betroffene landwirtschaftliche Flächen. Seit 1992 wurden

neun Versuchsflächen mit insgesamt 37 ha Fläche angelegt. Eine ökonomische Bewertung innerhalb von Nutzungsvarianten der Flächenstilllegung lässt bei einem gesicherten Absatz des Hackgutes diese Form der Energieholzproduktion für Landwirte hochinteressant erscheinen. Wichtig wäre es, das weitere Wachstum dieser Flächen zu beobachten, um daraus gesicherte Handlungsempfehlungen für die Praxis ableiten zu können.

- Landtagsbeschluss vom 19.04.1989
- Erfahrungen mit dem Anbau von schnellwachsenden Baumarten sollen gesammelt werden
- Ziel: "Energieholzproduktion"
- Nutzungsalternative für von der Flächenstilllegung betroffene landwirtschaftliche Flächen
- Ökonomische und ökologische Beurteilung

### **Meilenstein 2: Fachberater für Holzenergie**

Die Staatsforstverwaltung schuf 1994 die Stelle eines "Fachberaters für Holzenergie" und installierte diese an der LWF im Sachgebiet IV. Die Stelleninhaber Norbert Remler und ab 1998 Stefan Wittkopf bauten die Kontakte zu den wichtigsten Kooperationspartnern für diese Funktion auf. Der Energieholzberater ist die Anlaufstelle für interessierte Bürger, vor allem Waldbesitzer, Forstbetriebsgemeinschaften, Heizwerkbetreiber und die Staatsforstverwaltung für alle Fragen zum Thema. Aus der Arbeit und den sich daraus abzeichnenden offenen Fragen entwickelte sich die Idee zum im Anschluss vorgestellten Forschungskonzept.

- 1994 von der Staatsforstverwaltung an der LWF neu geschaffen
- Kontakte mit den wichtigsten Kooperationspartnern
- Beratung für interessierte Bürger, v.a. Waldbesitzer, Forstbetriebsgemeinschaften, Heizwerkbetreiber und die Staatsforstverwaltung

### **Meilenstein 3: Gesamtprojekt "Waldhackschnitzelbereitstellung und -logistik für Holzheizwerke"**

In den Bereichen Holzernte, Fraktionierung und Trocknung sowie der weiteren Manipulation bis hin zum Abnehmer zeigte sich ein unmittelbarer Bedarf an Rationalisierungsmöglichkeiten.

Als Oberziel der umfassenden Untersuchung sollte ein Konzept erarbeitet werden, das die "Markteinführung" von Holz für die energetische Verwertung, primär in Form von Waldhackschnitzeln, erleichtern sollte. Beabsichtigt war, Optimierungsansätze für eine rationelle Hackschnitzelbereitstellung und -logistik

aus dem Wald bis hin zum Endverbraucher zu entwickeln und darzustellen. Der Hauptfokus lag dabei auf größeren Heiz- und Heizkraftwerken.

- Aufgrund des erkannten Bedarfs an Rationalisierungen in den Bereichen Holzernte, Aufbereitung, Trocknung, Lagerung bis hin zur Vermarktung

Folgende konkrete Teilziele wurden formuliert:

1. Erarbeitung und Darstellung rationeller Hackschnitzelbereitstellungsketten für unterschiedliche Bestandstypen unter Berücksichtigung verschiedener Aushaltungskriterien und Mechanisierungsgrade.
2. Erarbeitung geeigneter Lagerungskonzepte und Darstellung wirtschaftlicher Trocknungsverfahren für Waldhackschnitzel.
3. Entwicklung optimierter Logistikkonzepte und Empfehlung von Abrechnungsvarianten für Hackschnitzel.
4. Darstellung von Angebots- und Nachfrageseite sowie von Vermarktungsstrategien für Biomasse in Bayern als Ansatzpunkte für eine Verbesserung des Marketings ("Energieholzmarkt Bayern").

Um die aus diesem Zielepool resultierenden Arbeiten zu strukturieren wurden drei Teilprojekte formuliert:

- *Untersuchungen zur teilmechanisierten Hackschnitzelbereitstellung, -lagerung und -logistik.*
- *Produktivität und Bereitstellungskosten für Waldhackschnitzel beim Einsatz einer Kombination Kranvollernter/Hacker (Hackschnitzelharvester) in Fichtendurchforstungen.*
- *Energieholzmarkt Bayern.*

Die Arbeiten wurden 1997 bis 1999 durchgeführt. Sie wurden vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten gemeinsam mit der Bayernwerk AG gefördert, wofür wir uns an dieser Stelle nochmals herzlich bedanken.

### **Ausblick**

Auf Grund der Ölpreisentwicklung der jüngsten Vergangenheit und des damit einhergegangenen Wieder-Bewusstwerdens der Endlichkeit unserer globalen Ressourcen an fossilen Energieträgern, besteht derzeit ein großes öffentliches Bedürfnis nach einem verstärkten Einsatz nachwachsender Energieträger.

Wegen der Bedeutung des Holzes im Bereich der thermischen Nutzung eröffnen sich den Waldbesitzern zukünftig neue Chancen. Die LWF sollte mit dem vorhandenen Know-how in der angewandten Forschung weiter fortfahren und die daraus gewonnenen Erkenntnisse in bewährter Manier an die Praxis weiter vermitteln.



# Energieholzpotentiale und aktuelle Ausschöpfung in Bayern

von [STEFAN WITTKOPF](#)

Heizen mit Holz ist wieder in. Neben den ökologischen Vorteilen eines nachwachsenden CO<sub>2</sub>-neutralen Energieträgers bietet Holz auf Grund der sprunghaft gestiegenen Preise für fossile Energieträger auch wirtschaftliche Vorteile.

Ein Liter Heizöl gibt bei seiner Verbrennung 10 kWh Wärme ab. Ein Kilogramm absolut trockenen Holzes spendet 5 kWh Wärme, zwei Kilogramm davon ersetzen also rechnerisch einen Liter Heizöl. Bewertet man den Energieinhalt des Holzes monetär, könnten die folgenden Gleichgewichtspreise für Holz bezahlt werden:

**Tab. 1:** Theoretische Preise für Energieholz nach Heizöläquivalenten [nach ORTMAIER, 1994]

Heizölpreis Pf/l	Kosten je Energieeinheit Pf/kWh	Gleichgewichtspreise für Holzhackschnitzel	
		(absolut trocken) DM/t atro	(Wassergehalt 30%) DM/t
30	3	150	99
40	4	200	132
50	5	250	165
60	6	300	198
70	7	350	231
80	8	400	264
90	9	450	297
100	10	500	330

Tatsächlich liegen die Preise, für die Brennstoffhändler Holzpellets oder -briketts, Sägewerker Restholz und Waldbesitzer Meterholz, Scheitholz oder Hackschnitzel abgeben, deutlich niedriger. Beim heutigen Heizölpreis (Stand: November 2000) von über 80 Pfennigen je Liter können Holzheizer pro kWh Wärme teilweise mehr als die Hälfte der Brennstoffkosten einsparen. [Tabelle 2](#) gibt durchschnittliche Kosten je Energieeinheit für "Holzheizer" an.

**Tab. 2:** Brennstoffkosten je kWh Wärme

Brennstoff	Kosten je kWh
Heizöl/Gas	8 Pf
Pellets	6 Pf
Scheitholz	5 Pf
Meterholz	4 Pf
Waldhackschnitzel	3 Pf
Sägerestholz	2 Pf
Rinde	1 Pf
Altholz	0 Pf



Die Kosten von Holzbrennstoffen liegen zwar unter denen der fossilen Energieträger, die Investitionskosten für Holzfeuerungen übersteigen aber diejenigen von Öl- oder Gasbrennern deutlich. Je günstiger der Holzbrennstoff, desto aufwändiger und teurer ist die Verbrennungs-/Zufuhrtechnik. Die Mehrbelastung bei den Anschaffungskosten für Holzfeuerungen mildern mehrere Förderprogramme des Bundes und der Länder ab.

Holzfeuerungen arbeiten dann wirtschaftlich, wenn eine hohe Wärmeabnahme bzw. ein hohe jährliche Betriebsstundenzahl erreicht wird. Dies ist insbesondere für Heizwerke entscheidend, die mehrere Gebäude über ein Nahwärmenetz beheizen. Etwa 100 davon sind in den letzten Jahren mit Bezuschussung des Bayerischen Landwirtschaftsministeriums entstanden. In der Projektierungsphase dieser Anlagen taucht immer wieder die Frage nach dem Energieholzpotential auf.

In der Studie "Der Energieholzmarkt Bayern" ([LWF-Bericht Nr. 26](#)) haben wir Angebot und Nachfrage auf dem bayerischen Energieholzmarkt einander gegenüber gestellt. Dabei wurde besonderer Wert auf die Ermittlung technischer und wirtschaftlicher Potentiale gelegt. Der Begriff "Energieholz" umfasst sowohl dafür geeignete Sortimenten aus dem Wald als auch sonstige wie Industrierest, Alt- und Flurholz. Alle Angaben beziehen sich auf die Tonne Trockenmasse (tatro). Der Energieinhalt wird mit 5 MWh/ tatro angenommen.

### **Waldenergieholz**

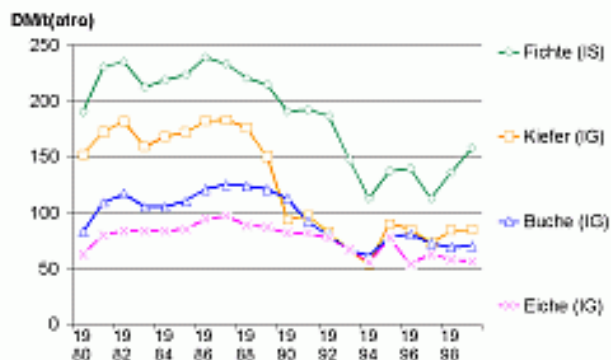
Zum Waldenergieholz zählen bei Hiebsmaßnahmen anfallende Resthölzer sowie schwaches Holz aus der Pflege junger Bestände. Das Waldenergieholzpotential haben wir auf der Basis der Ergebnisse der Bundeswaldinventur bzw. der derzeitigen Einschlagszahlen ermittelt. Um das wirtschaftliche Potential zu erfassen, haben wir die Kosten und Erlöse der Hackschnitzel- und Brennholznutzung analysiert und mit denen der Industrielohnnutzung verglichen.

Die Energieholzproduktion ist bei den gegebenen Holzpreisen und Aufarbeitungskosten insbesondere als Alternative zur Aushaltung von Kiefern- und vor allem Laubindustrielohn interessant. Auf Grund der Nachfrage seitens der Papierindustrie in Bayern kann Fichtenindustrielohn (IS, "Papierholz") deutlich

höhere Erlöse erzielen. Es wurde deshalb nicht in die Berechnung des wirtschaftlichen Potentials für Energieholz einbezogen.

Für das wirtschaftliche Potential ergibt sich auf Basis des nachhaltig möglichen Einschlags von 18 Mio. fm ein Wert von 2,54 Mio. tatro/a. Bezogen auf den derzeitigen Einschlag von 10 Mio. fm/a liegt das wirtschaftliche Waldenergieholzpotential bei 1,12 Mio. tatro/a, das [technische Potential](#) bei 1,42 Mio. tatro/a.

Derzeit werden schon 0,76 Mio. tatro/a Waldenergieholz genutzt. Das Brennholz nimmt dabei mit 0,68 Mio. tatro/a den größten Anteil ein. Der Rest entfällt auf Waldhackschnitzel für Heizwerke (Produktion 0,08 Mio. tatro/a).



**Abb. 1:** Entwicklung der Industrieholzpreise in Bayern (aus der Holzpreisstatistik der Bayerischen Staatsforstverwaltung)

## Energiewälder

Der Anbau schnellwachsender Baumarten auf landwirtschaftlichen Stilllegungsflächen stellt ein weiteres Potential für Energieholz dar. Landwirte erhalten für solche Flächen weiter die Stilllegungsprämie, wenn sie Energieholz produzieren. Geeignete Baumarten werden als Stecklinge ausgebracht und können nach vier bis fünf Jahren geerntet werden. Nach der Ernte schlagen die Stöcke wieder aus und können in regelmäßigen Abständen wieder genutzt werden. Kosten für Neubegründung entfallen, ebenso Kosten für Pestizide oder Dünger. Die LWF hat bayernweit Versuchsflächen angelegt und entwickelt Anbau- und Ernteverfahren.



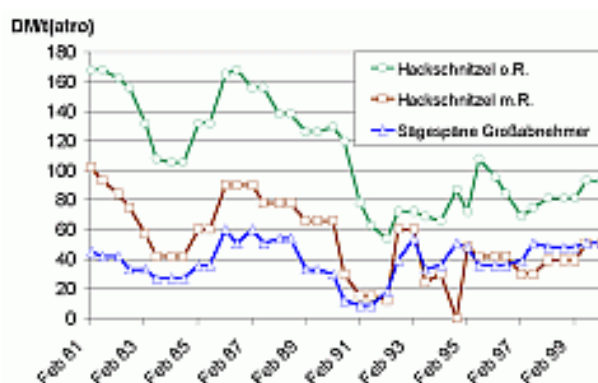
**Abb. 2:** Pappelernte mit einem Gehölmähhäcksler

Bewährt hat sich der Anbau leistungsfähiger Pappelsorten. Bei richtiger Sortenwahl und Anbau-technik kann man bei vorsichtiger Schätzung für ganz Bayern von einer durchschnittlichen Massenleistung von 8 bis 10 tatro/a ausgehen. Je nach dem

wieviel Prozent der Stilllegungsflächen einbezogen werden (Maximalszenario mit 50 %) errechnet sich für Bayern ein Potential zwischen 0,23 und 4,87 Mio. tatro/a. Insbesondere im Umfeld der bereits vorhandenen oder geplanten Heizwerke, bei denen der Absatz des "Energieholzes vom Feld" über langfristige Verträge gesichert wird, könnten sich Landwirte eine zusätzliche Einnahmequelle als Energiewirt aufbauen.

### Industrierestholz

Das Industrierestholz fällt in Bayern etwa je zur Hälfte in der holzbearbeitenden (Sägerestholz) und der Holzverarbeitenden Industrie an. Das Aufkommen hängt vom Einschlag bzw. vom Einschnittvolumen der Sägewerke ab. Es liegt derzeit bei 2,6 Mio. tatro/a. Abbildung 3 zeigt die Entwicklung der Sägerestholzpreise in den letzten Jahren. Abnehmer sind die Papier-, Zellstoff- und Holzwerkstoffindustrie in Bayern sowie Heizwerke.



**Abb. 3:** Entwicklung der Sägerestholzpreise [HOLZBÖRSE ROSENHEIM 1981 - 2000]

Die stoffliche Nutzung in der Papier-, Zellstoff- und Holzwerkstoffindustrie in Bayern (0,6 Mio. tatro) beschränkt das wirtschaftliche Potential des Industrierestholzes für die energetische Verwertung. Damit ist rechnerisch die thermische Verwertung von 2,0 Mio. tatro Industrierestholz pro Jahr möglich. 1,2 Mio. tatro werden bereits innerhalb Bayerns verbrannt.

### Altholz

Zum Altholz zählen unter anderem Bau- und Abbruchholz, Verpackungen, alte Möbel oder sonstiger hölzerner Sperrmüll. Je nach Belastungsstufe erhalten die Heizwerke Altholz kostenlos oder bekommen Zuzahlungen für die Verbrennung. Die Differenzen zwischen Maximal- und Minimalpreisen innerhalb der verschiedenen Belastungsstufen werden geringer. Auf Grund steigender Nachfrage beginnt sich langsam ein einheitlicher, für alle Belastungsstufen steigender Marktpreis zu bilden. Schätzungen zufolge fallen etwa 90 kg Altholz pro Jahr und Einwohner in Deutschland an. Damit liegt das theoretische Altholzaufkommen in Bayern bei 1 Mio. tatro im Jahr. Derzeit werden nur 300.000 tatro thermisch genutzt, der größte Teil wird exportiert.

### Flurholz

Das Flurholzpotential beinhaltet das Holz, das bei der Pflege von Bäumen und Sträuchern außerhalb des Waldes anfällt. Heckenschnitt aus der

Landschaftspflege, Material aus der Pflege von Straßenbegleitgehölzen und Gehölzschnitt aus Städten und Gemeinden summieren sich zu einem technischen Potential von 0,21 Mio. tatro pro Jahr.

### Energieholzpotentiale und aktuelle Ausschöpfung in Bayern

Tabelle 3 enthält eine Zusammenstellung der innerhalb der Studie errechneten Energieholzpotentiale nach Quelle und Verfügbarkeit.

**Tab. 3:** Potentiale der unterschiedlichen Energieholzsortimente in Mio. tatro/a

Energieholzsortiment	Berechnete Varianten	Technisches Potential	Wirtschaftliches Potential	Thermische Nutzung
Waldenergieholz	Einschlag 18 Mio. fm/a	5,49	2,54	0,76
	Einschlag 10 Mio. fm/a	1,42	1,12	0,76
Holz aus Energiewäldern		0,23 - 4,87	nicht ermittelt	0,00
Idustrierestholz	Einschlag 18 Mio. fm/a	4,73	3,65	1,23
	Einschlag 10 Mio. fm/a	2,63	2,03	1,23
Altholz	derzeitige Situation	0,89	0,70	0,29
Flurholz		0,21	nicht ermittelt	0,00

Alle Energieholzsortimente zusammen (technisches Potential) könnten kurzfristig, d.h. auf der Basis des derzeitigen Einschlags von 10 Mio. fm/im Jahr, 4,2 % des Primärenergieverbrauchs in Bayern decken. Langfristig, d.h. bei einem Einschlag auf Höhe des jährlichen Zuwachses, einem verstärkten Anbau schnellwachsender Baumarten (Energiewälder) und einer umfangreicheren Nutzung des Altholzaufkommens, könnte dieser Wert bei 7,5 bis 13,1 % liegen.

### Fazit

Der Anteil der Holzenergie am Primärenergiebedarf könnte heute schon verdoppelt werden, langfristig wären über 10 % möglich. Das Potential an Waldenergieholz ist hoch, die tatsächliche Mobilisierung ist abhängig vom Preisniveau. Eine punktuelle Nachfrage ist durch die etwa 100 Holzheizwerke in Bayern bereits entstanden, flächendeckend fehlt sie aber noch.

### Literatur

WAGNER, K; WITTKOPF, S. (2000): Der Energieholzmarkt Bayern. Berichte aus der LWF Nr. 26. Schriftenreihe der Bayer. Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (Hrsg.), 101 S.

Das **technische Potential** beschreibt die Holzmenge, die unter Berücksichtigung von technischen und öko-logischen Restriktoren (z.B. die Hangneigung) genutzt werden kann.

# Verfahren zur Bereitstellung von Waldhackschnitzeln

von [STEFAN FELLER](#)

Die Auswahl des für die örtlichen Rahmenbedingungen am besten geeigneten Arbeitsverfahrens ist der entscheidende Hebel, um Waldhackschnitzel kostengünstig bereitzustellen. In [Abbildung 1](#) sind drei grundlegende Wege skizziert. Entscheidend ist, ob auf der Rückegasse, der Waldstraße oder im Werk gehackt wird. Jeder dieser aufgezeigten Wege kann wiederum durch eine Vielzahl von Arbeitsverfahren realisiert werden. Im Folgenden werden vier unterschiedlich mechanisierte Arbeitsverfahren beschrieben.



**Abb. 1:** Mögliche Verfahrensabläufe bei der Hackschnitzelbereitstellung

## Variante "Kleinprivatwald"

			
Motorsäge, Schutzausrüstung	Seilschlepper, ggf. Pferd u.a.	Anbauhacker	Landwirtschaftlicher Anhängen
Fällen, (Aufarbeiten), Zopfen	Vorliefern zur Rückegasse	Hacken auf der Rückegasse	Transport der Hackschnitzel

**Abb. 2:** Ausrüstung und Arbeitsschritte bei der Variante "Kleinprivatwald"

Das Arbeitsverfahren dieser niedrig mechanisierten Variante ist in [Abbildung 2](#) beschrieben. Es ist lediglich für die Produktion kleinerer Hackschnitzelmengen geeignet. Für den "typischen Waldbauern" bietet das Arbeitsverfahren einige Vorteile:

- Vorhandene landwirtschaftliche Maschinen können besser ausgelastet werden.
- Die Investitions- und Maschinenkosten sind niedrig.
- Der Organisationsaufwand ist niedrig. Daher ist das Verfahren auch für kleinere Flächen geeignet.
- Es ist möglich, den Wald zu pflegen und dabei einen Deckungsbeitrag zu erwirtschaften.

Jedoch bleibt die erreichbare Arbeitsleistung in einem bescheidenen Rahmen. Die Arbeit, insbesondere bei handbeschickten Hackern, ist schwer und stark belastend. Ein weiterer Nachteil des Verfahrens besteht darin, dass die landwirtschaftlichen Gespanne weniger geländegängig sind als spezielle Forstmaschinen und ein durchdachtes Feinerschließungssystem mit breiten, geraden Rückegassen benötigen.



### Teilmechanisierte Hackschnitzelbereitstellung

Ist der Bestand noch nicht mit Rückegassen erschlossen, werden zuerst die Bäume auf der Rückegasse und die in einem beidseitigen Streifen entlang der Rückegasse (soweit der Zangenschlepper greifen kann) stehenden motormanuell gefällt, gezopft und mit einem Zangenschlepper an die Waldstraße gerückt. Erst in einem zweiten Schritt wird die Seilzone wie in [Abbildung 3](#) beschrieben, bearbeitet. Fällen und Vorrücken erfolgen in einem kombinierten Seillinienverfahren. Die Aufarbeitung beschränkt sich dabei auf das Entfernen einzelner stärkerer Äste und das Zopfen der grünen Krone. Anstatt eines Zangenschleppers kann mit Einbußen bei Leistung und Pfléglichkeit auch der Seilschlepper das Hackgut rücken.

			
Motorsäge, Schutzausrüstung	Seilschlepper	Zangenschlepper	Mobilhacker
Seillinienverfahren		Rücken des Rundholzes zur Waldstraße	
Fällen, (Aufarbeiten), Zopfen	Vorliefern zur Rückegasse	Hacken auf der Waldstraße	

**Abb. 3:** Ausrüstung und Arbeitsschritte bei einer teilmechanisierten Variante der Hackschnitzelbereitstellung

Bei einer Studie der LWF erreichte ein eingespieltes Team sehr hohe Arbeitsleistungen und nur geringe Kosten für die Bereitstellung der Hackschnitzel. Insbesondere bei Baumarten wie Kiefer, Lärche oder Eiche ist es für den Waldbesitzer günstiger, mit dem beschriebenen Arbeitsverfahren Hackschnitzel zu produzieren als Industrieholz auszuhalten. Von Nachteil ist, dass bei diesem Verfahren mehrere Maschinen nacheinander den Waldort anfahren müssen. Auch sind Kurzholzverfahren bestandespfléglicher als Langholzverfahren.

### Entkoppeltes vollmechanisiertes Verfahren

			
Harvester	Rückebug	Hacker	Wechselcontainer
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ggf. Aufarbeitung von Standardlängen</li> <li>• Entasten und Zopfen des Gipfelstückes (anstelle von IS/ IL)</li> </ul>	Rücken des Rundholzes zur Waldstraße	Hacken des Rundholzes an der Waldstraße	Ferntransport der Hackschnitzel

**Abb. 4:** Ausrüstung und Arbeitsschritte beim entkoppelten vollmechanisierten Verfahren

Das Arbeitsverfahren (vgl. [Abb. 4](#)) entspricht weitgehend der herkömmlichen vollmechanisierten Bereitstellung von Industrieholz. Jedoch sollten die Gipfelstücke nicht in festen, sondern in fallenden Längen von drei bis fünf Metern ausgehalten werden. Um die Ausbeute zu erhöhen, kann auch der



Mindestzopf gegenüber üblichen Industrieholz-Sortimenten reduziert werden.

Das Verfahren ist sehr flexibel hinsichtlich Zeit, Sortenaushaltung und eingesetzter Maschinen. Auf Grund des hohen Mechanisierungsgrads wird eine hohe Leistung erreicht. Bei diesem Kurzholzverfahren treten kaum Beschädigungen am verbleibenden Bestand auf.

### Hackschnitzel-Harvester

Zentrales Element dieses Verfahrens ist der sogenannte "Hackschnitzel-Harvester": Eine Kombination aus Kranvollernter und Hacker. Der Hacker, der Kran mit Harvesteraggregat und die Kabine können als eine Einheit auf dem vorderen Teil des Fahrgestells gedreht werden. Die Hackschnitzel werden in den Container auf dem hinteren Teil des Fahrgestells geblasen. In [Abbildung 5](#) ist das Arbeitsverfahren dargestellt.

Das kombinierte Verfahren mit der Aufarbeitung von Standardlängen und Hackschnitzeln in einem Arbeitsgang eignet sich für Durchforstungen im konventionellen "Harvester-Bereich" bei einfachen, ebenen Geländebedingungen. In einem Versuch der LWF in Fichtenbeständen konnten bei einem BHD von 16 cm Kosten von rund 20,- DM je Srm Fichten-Hackschnitzel erreicht werden. Ein herkömmlicher Kranvollernter kann jedoch Standardlängen kostengünstiger aufarbeiten als die teure Kombi-Maschine. Für das Shuttle treten Wartezeiten auf, bis jeweils der Container des Hackschnitzel-Harvesters gefüllt ist. Insbesondere deswegen ist die Hackschnitzelbereitstellung mit diesem Verfahren nicht konkurrenzfähig gegenüber der Aushaltung von Papierholz, dies obwohl bei Hackschnitzeln deutlich mehr Holz genutzt werden kann als bei Industrieholzsortimenten. Das Verfahren bietet flexible Aushaltungsmöglichkeiten und ist daher für rot-faule Bestände gut geeignet. Das kombinierte Arbeitsverfahren mit hohen Maschinenkosten stellt hohe Anforderungen an die Logistik.

 <p>Hackschnitzel-Harvester</p>	 <p>Shuttle</p>	 <p>Wechselcontainer</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ggf. Aufarbeitung von Standardlängen</li> <li>• Entasten und Zopfen des Gipfelstückes</li> <li>• Hacken des Gipfelstückes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transport der Hackschnitzel zum Wechselcontainer</li> <li>nach Wechsel des Aufbaus:</li> <li>• Rücken der Standardlängen</li> </ul>	<p>Ferntransport der Hackschnitzel</p>

**Abb. 5:** Ausrüstung und Arbeitsschritte bei der Hackschnitzelbereitstellung mit dem Hackschnitzel-Harvester

### Empfehlungen

Die Wahl eines Arbeitsverfahrens zur Bereitstellung von Hackschnitzeln ist häufig durch die Verfügbarkeit geeigneter Maschinen und die Größe der zu durchforstenden Fläche eingeschränkt. Folgende Empfehlungen gelten dennoch unabhängig vom Mechanisierungsgrad des Arbeitsverfahrens:

- Der Hacker ist in der Regel die teuerste Maschine in der Arbeitskette und muss daher besonders gut ausgelastet werden. Deswegen ist es grundsätzlich von Vorteil, das Hackgut an der Waldstraße bzw. einem Lagerplatz zu konzentrieren und dort zu hacken.
- Dies ermöglicht auch eine Vortrocknung des Hackgutes, wenn es luftig gelagert wird.
- Kombinierte Arbeitsverfahren sind störungsanfällig und können insbesondere in Verbindung mit hohen Maschinenkosten zu teuren Standzeiten führen. Lediglich die motormanuelle Fällung und das Vorliefern der Bäume zur Rückegasse sollte aus ergonomischen und bestandespflegerischen Gründen in einem kombinierten Verfahren erfolgen. "Just-in-time"-Lieferungen von Hackschnitzeln bedürfen einer sehr sorgfältig organisierten Logistik.
- Die Industrieholzpreise sind für einzelne Holzarten sehr unterschiedlich. Papierholz aus Fichte

ist (derzeit) relativ gut bezahlt. Dagegen liegen die Preise für Buche, insbesondere aber Kiefer, Lärche, Douglasie, Eiche und sonstige Laubhölzer deutlich niedriger, wenn diese überhaupt in schwachen Dimensionen vermarktet werden können. Daher ist es sinnvoll, vor allem solche Baumarten zu Hackschnitzeln zu verarbeiten.

- Die Nährstoffe in einem Baum sind hauptsächlich in den Blättern bzw. Nadeln, der Rinde und dem Feinreisig gespeichert. Aus Gründen des Nährstoffhaushaltes sollte daher auch bei der Hackschnitzelbereitstellung der größte Teil der grünen Krone im Bestand verbleiben.

#### **Literatur**

FELLER, S.; REMLER, N.; WEIXLER, H. (1998): Vollmechanisierte Waldhackschnitzel-Bereitstellung. Berichte aus der LWF Nr. 16, Schriftenreihe der Bayer. Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (Hrsg.), 61 S.

REMLER, N.; FELLER, S.; V. WEBENAU, B.; WEIXLER, H.; KRAUSENBOECK, B.; GÖLDNER, A. (1999): Teilmechanisierte Bereitstellung, Lagerung und Logistik von Waldhackschnitzeln. Berichte aus der LWF Nr. 21, Schriftenreihe der Bayer. Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (Hrsg.), 105 S.

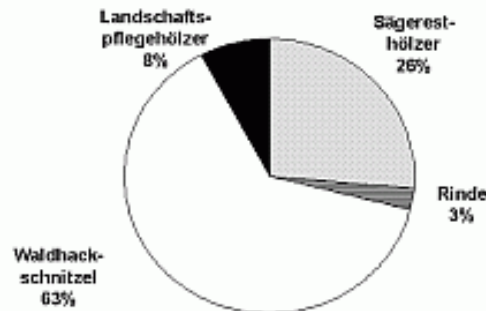
# Hackschnitzellogistik an den bayerischen Heizwerken

von [NORBERT REMLER](#)

Die im Rahmen der Studie "Teilmechanisierte Bereitstellung, Lagerung und Logistik von Waldhackschnitzeln" durchgeführte Umfrage unter den bayerischen Biomasse-Heizwerken zur Logistik lieferte unter anderem Informationen zu den eingesetzten Brennstoffen und ihren Marktpreisen, zu Transport und Lagerhaltung sowie zur Praxis der Vertragsgestaltung.

## Brennstoffmix

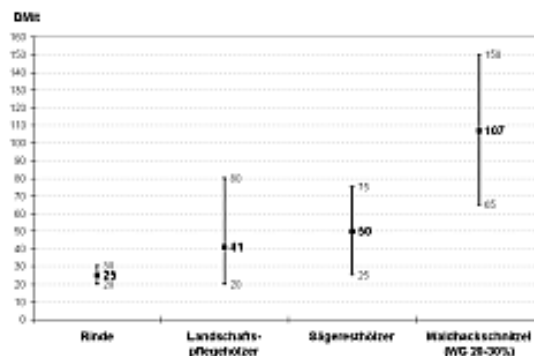
Die bayerischen Biomasse-Heizwerke setzen zum großen Teil Waldhackschnitzel als Brennstoff ein, zur Zeit (Stand 1998) 63 %. Desweiteren werden Sägeresthölzer (26 %), Landschaftspflegehölzer (8 %) und Rinde (3 %) verfeuert. Wenn man die Ergebnisse der Umfrage aufschlüsselt, zeigt sich, dass mit zunehmender Nennwärmeleistung der Einsatz von Waldhackschnitzeln zugunsten billigerer Brennstoffe sinkt. Ursachen dafür liegen in der Feuerungstechnik, bei den Hackschnitzelmengen und in der Möglichkeit begründet, Rinde über entsprechende Treppenroste sinnvoll verbrennen zu können. Anlagen unter 500 kW weisen den höchsten Hackschnitzelanteil auf.



**Abb. 1:** Prozentuale Verteilung der eingesetzten Brennstoffe

## Brennstoffpreise

Die Brennstoffpreise beeinflussen die Wirtschaftlichkeit der Heizwerke sehr stark. 1998 wurden für Waldhackschnitzel zwischen 65,- und 150,- DM/t bezahlt, bezogen auf einen Basiswassergehalt von 20 - 30 %. Die Sägeresthölzer und die Landschaftspflegehölzer kosteten damals zwischen ca. 20,- und 80,- DM/t (ohne Wassergehaltsangabe). Heute mag das anders sein, im einen oder anderen Fall bringen sie sogar noch Geld mit. Rinde ist am günstigsten. Sie kann jedoch nur in größeren Heizwerken (> 5 MW) eingesetzt werden.



**Abb. 2:** Preisspannen für Biomasse bei der Abrechnung nach Gewicht

## Waldhackschnitzellogistik

Logistik allgemein wird definiert als die Gesamtheit aller Aktivitäten eines Unternehmens, die

die Beschaffung, die Lagerung und den Transport von Materialien und Zwischenprodukten sowie die Auslieferung von Fertigprodukten betreffen. In unserem konkreten Fall sind die Materialien und Zwischenprodukte Holz und Hackschnitzel, die Fertigprodukte Wärme und Strom. Bei der Hackschnitzellogistik müssen die einzelnen Prozesse auf die Anforderungen der Heizwerkbetreiber ausgerichtet werden. Folgende Aspekte sind von maßgebender Bedeutung:

- Bereitstellungsketten
- Organisation der Vermarktung
- Qualitätskriterien
- Varianten der Preisfindung
- Form der Lagerbewirtschaftung am Heizwerk
- Aschenverwertung (hier nicht dargestellt).

Die Bereitstellungsketten bestehen im wesentlichen aus den Prozessen Ernte (Fällen, Vorliefern, Rücken), Aufbereitung (Hacken), Transport und Lagerung.

### Transport

Transport und Zwischenlagerung schließen sich im Gegensatz zur konventionellen Holzernte zusätzlich an die Bereitstellung der Sortimente an. Der Transport der Hackschnitzel ist mit unterschiedlichen Systemen möglich. Bei relativ kurzen Transportwegen eignen sich landwirtschaftliche Schlepper mit einem oder zwei hochbordigen Anhängern. Je nach Ausführung der Gespanne betragen die Transportkapazitäten zwischen ca. 8 und 20 m<sup>3</sup>. Bei größeren Transportentfernungen und beim Einsatz von Hackern mit Containern erweisen sich LKW mit Wechselcontainern als die günstigere Variante. Deren Fassungsvermögen schwankt zwischen 25 und 40 Srm. Vereinzelt, wie im Sägerestholzbereich gang und gäbe, werden große Sattelzüge mit bis zu 90 Srm Ladekapazität eingesetzt. Im wesentlichen entscheiden der Grad der Aufarbeitung und die Art des Hackvorganges, welche Transportmedien verwendet werden. Hauptkriterium sind die beim Transport anfallenden Kosten. Verschiedene Literaturangaben und eigene Versuchsergebnisse zeigen, dass der landwirtschaftliche Schlepper, egal ob er mit einem oder mit zwei Anhängern fährt, im Bereich bis 10 km Transportentfernung noch mit einem LKW mit Wechselcontainern konkurrieren kann. Alle Transporte über eine Entfernung von mehr als 15 km sind eigentlich nur noch mit LKW und Wechselcontainern wirtschaftlich. Wenn man die Kostensätze der Aufarbeitung noch dazurechnet, gelangt die Waldhackschnitzelbereitstellung sehr schnell in den unwirtschaftlichen Bereich. Man darf jedoch nicht vergessen, dass die Organisation des Transportes mit LKW einen größeren Aufwand erfordert. Vor allem bei kurzen Transportentfernungen und kleineren Mengen kann es dennoch günstiger sein, die eigenen landwirtschaftlichen Maschinen auszulasten.

**Tab. 1:** Durchschnittliche Kapazitäten und Energieinhalte verschiedener Transportmittel [nach LAUCHER, 1995]

Transportmittel	Transportkapazität [Srm]	Transportkapazität [t]	Transportgut	Energieinhalt [kWh]
LKW mit Hänger Sattelzug	90	25	Rinde frische Hackschnitzel	55.000 65.000
LKW mit Container	25-40	7-10	Rinde frische Hackschnitzel	18.000 22.000

<b>Schlepper mit Hänger</b>	10-12	3	frische Hackschnitzel	7.000
<b>Schlepper mit Hänger</b>	15-20	6	frische Hackschnitzel	14.000

### **Lagerhaltung**

Im Rahmen der Studie befragten wir die Heizwerke auch nach ihren Lagerstrategien. Es zeigte sich deutlich, dass die maximale Lagerkapazität umso größer ist, je kleiner die Anlagen sind. Wir stellten fest, dass bei der Konzeption der Lagervarianten die wirtschaftliche Seite bis dato nicht in dem Umfang Berücksichtigung fand wie es vielleicht notwendig wird. Die Größe des Hackschnitzellagers am Heizwerk und eine mögliche Einbindung von Zwischenlagern sollten deshalb schon bei der Heizwerkkonzeption mehr als bisher unter Kostengesichtspunkten bemessen werden. Aus ökonomischer Sicht ist die Kurzzeitlagerung am Heizwerk die wirtschaftlichste Variante. Wenn ein Lager für Hackschnitzel aus Gründen der Versorgungssicherheit notwendig wird, sollten einfache Bauweisen bevorzugt werden. Stellt die Heizanlage an den Wassergehalt keine großen Ansprüche, bieten sich auch Freilager an.

### **Organisationsformen**

Oftmals hängt die Realisierung von Holzheizwerken neben der Frage der Wirtschaftlichkeit auch davon ab, ob es gelingt, rechtzeitig eine zweckmäßige Versorgungsorganisation zu konstituieren. Ich meine, dass bestehende Einrichtungen wie Maschinenringe, Erzeugergemeinschaften oder Forstbetriebsgemeinschaften, in aller Regel zuerst befragt werden sollten, ob sie die Hackschnitzellieferung übernehmen können. Forstbetriebsgemeinschaften bzw. Waldbesitzervereinigungen eignen sich am besten, denn:

- Innerhalb der Forstbetriebsgemeinschaften sind bereits Waldbesitzer zusammengeschlossen; der Organisationsgrad ist hoch.
- Eine ihrer wesentlichen Aufgaben ist der Absatz von Holz oder sonstigen Forstprodukten im Auftrag der Mitglieder.
- Die notwendige Infrastruktur (Geschäftsführer, EDV etc.) ist bereits vorhanden.
- Die Vermittlerfunktion für konventionelle Holzsortimente wird bereits wahrgenommen.
- Der Ankauf von Hackern kann bei einer Abwicklung über die Forstbetriebsgemeinschaft bezuschusst werden.

Forstbetriebsgemeinschaften sind im Allgemeinen als eingetragener oder wirtschaftlicher Verein organisiert. Somit kann eine Forstbetriebsgemeinschaft aus steuerlichen Gründen normalerweise nur als Vermittler von Geschäften auftreten. Deshalb erscheint es zweckmäßig, die Rechtsform einer GmbH zu wählen, über die Handelsgeschäfte abgewickelt werden können.

Selbstverständlich können auch einzelne Waldbesitzer bzw. Forstunternehmer die gerade skizzierten Aufgaben übernehmen. Als vorteilhaft erweist sich dieser Weg, wenn es sich um geringe Mengen handelt.

Ich empfehle auf jeden Fall, egal welcher Vertriebsweg gewählt wird, bereits vor oder spätestens während der Planungsphase Kontakte zwischen Heizwerkbetreibern und potentiellen Energieholzlieferanten zu knüpfen.

### **Lieferverträge**

Hackschnitzellieferverträge tragen entscheidend zur gegenseitigen Absicherung bei. Lieferanten und Abnehmern rate ich, immer einen möglichst langfristigen, alle Komponenten umfassenden Liefervertrag abzuschließen. Er sollte stets folgende Kriterien enthalten:

1. **Vertragsparteien**
2. **Hackschnitzelqualität**
  - Größe; Endstücke; maximaler Wassergehalt
3. **maximaler Rinden- bzw. Staubanteil**
4. **Preis**
  - Preisanpassung
5. **Abnahme- und Liefergarantien**
  - Mengen, Termine
6. **Transport**
  - Ankündigung der Lieferung
7. **Zahlungsbedingungen**
8. **Vertragsdauer, Kündigung**
9. **Streitigkeiten, Gerichtsstand, Vertragsanpassung**
10. **Anzahl der Ausfertigungen**

Langfristige Lieferverträge sollten in jedem Fall mit Preisanpassungsklauseln versehen sein. Es ist ratsam, die Preisentwicklung fossiler Energieträger, z.B. leichtes Heizöl, Erdgas etc., und konventioneller Holzprodukte in die Preisanpassung miteinzubeziehen. Es empfiehlt sich, für beide Vertragsparteien zuverlässige und nachprüfbare Faktoren zu wählen. Weiterhin ist es zweckmäßig, im Verhandlungswege die prozentuale Gewichtung der einzelnen Faktoren sowie die Termine der Preisanpassung festzulegen.

### **Abrechnungsvarianten**

Für die Abrechnung von Hackschnitzeln kommen mehrere Verfahren in Betracht.

1. Die Vergütung nach **Volumen** (Srm) ist eine einfache und schnelle Methode. Der Energieinhalt eines Schüttraumeters Hackschnitzel kann jedoch in Abhängigkeit von Dichte, Wassergehalt, Stückgröße, Holzart und Verdichtungseffekten beim Transport in einem weiten Rahmen schwanken. Die Energieinhalte von Laub- und Nadelhölzern unterscheiden sich maßgeblich.

Diese Variante wird unter folgenden Bedingungen empfohlen:

- Die Heizwerkbetreiber stecken die Vorgaben über die Brennstoffqualität (Wassergehalt) eng ab.
  - Es ist sichergestellt, daß die Hackschnitzellieferanten die Vorgaben der Heizwerkbetreibereinhaltens können (Kenntnis über Ernteketten; Zwischenlagerung der Hackschnitzel).
  - Die Anzahl der Energieholzlieferanten ist überschaubar.
  - Die Holzartenzusammensetzung (Laub-/Nadelholz) ist bekannt und einheitlich.
1. Eine weitere Möglichkeit ist die Abrechnung nach **Gewicht und Wassergehalt**. Hier kann der Zusammenhang zwischen Wassergehalt und Heizwert berücksichtigt werden. Basis für die Preisbildung ist oftmals ein Wassergehalt von 30 % oder

auch von 0 % (atro). Mit Korrekturfaktoren lassen sich entsprechende Preise für die unterschiedlichen Wassergehalte berechnen. Ein Beispiel hierfür können Sieder der folgenden Tabelle entnehmen.

**Tab. 2:** Heizwert und Rohstoffpreis von Nadelholzhackschnitzeln in Abhängigkeit von Wassergehalt und Basispreis [nach ORTMEIER et al., 1993]

Wassergehalt	Heizwert (Hu)		Korrekturfaktor	Preis (ohne MwSt.)
	MJ/kg	kW h/kg		DM/t
0	18,74	5,21	1,51	151,19
15	15,57	4,33	1,26	125,62
20	14,51	4,04	1,17	117,09
25	13,45	3,74	1,09	108,53
30	12,40	3,45	1	100
35	11,33	3,15	0,91	91,41
40	10,27	2,86	0,83	82,88
50	8,15	2,27	0,66	65,79
60	6,04	1,68	0,49	48,69

Die Ermittlung der Hackschnitzelvergütung über Gewicht und Wassergehalt ist dann sinnvoll, wenn:

- Größere Mengen abgerechnet werden müssen;
- die Heizwerkbetreiber die Bandbreite der Hackschnitzelqualität nicht definiert haben (sämtliche Hackschnitzelqualitäten werden angenommen, der Wassergehalt spielt bei der Verbrennung keine Rolle);
- die Lieferantenstruktur und die gelieferten Hackschnitzelqualitäten vielfältig sind;
- ein Anreiz geschaffen werden soll, möglichst trockene Hackschnitzel anzuliefern (Preisstaffelung!);
- vorhandene Waagen genutzt werden können.

1. Ein weiteres, effektives Verfahren ist die Abrechnung nach der **produzierten Wärmemenge**. Hierbei darf der Wirkungsgrad der Anlage nicht außer Acht gelassen. Wenn dieses Problem einseitig auf die Waldbesitzer oder auf die Energieholzlieferanten abgewälzt wird, so muss das im Preis Berücksichtigung finden.

Dieses Verfahren eignet sich, wenn:

- Die Anzahl der Lieferanten gering ist;
- die Lagerbewirtschaftung so gestaltet werden kann, daß die gelieferten Partien

abgrenzbar sind.

Zum Schluss möchte ich die vorhin entstandene Euphorie über Äquivalenzpreise von 500,-- DM etwas modifizieren. In der Berechnung von ORTMEIER sind sogenannte Gleichgewichtspreise aufgezeigt, in die die höheren Investitionskosten für Holzheizungsanlagen miteinbezogen sind. Trotzdem lassen sich, insgesamt gesehen, für Waldhackschnitzel zur Zeit deutlich höhere Preise erzielen als bei der stofflichen Verwertung von schwachem Holz. Dies sollte der Startschuss sein in eine verstärkte energetische Nutzung.



# Der Stand der Feuerungstechnik für Holzbrennstoffe

von [ARNO STREHLER](#)

## 1. Einführung

Die starke Nutzung von Kohle, Erdöl und Erdgas erhöht den vom Menschen verursachten Treibhauseffekt mit der Gefahr einer weiteren Klimaveränderung, die hauptsächlich durch extremen Witterungsverlauf gekennzeichnet ist. Dieser schadet in erster Linie der Land- und Forstwirtschaft. Daher werden auch aus diesem Bereich Aktivitäten entwickelt, fossile Energieträger durch erneuerbare zu ersetzen. Mit zunehmendem Energiepreisniveau werden zusätzliche wirtschaftlich nutzbare Potentiale für regenerative Energie interessant. Die Biomasse stellt einen ganz wesentlichen Faktor im Bereich erneuerbare Energie dar, als gespeicherte Sonnenenergie kann sie vor allen Dingen im ländlichen Raum fossile Energieträger ersetzen. Reststoffe und Beiprodukte aus der Holzindustrie, der Forstwirtschaft und der Biomasseverarbeitung stellen die kostengünstigsten Ersatzenergieträger für Öl, Kohle und Gas dar. Ein weit größeres Potential an Holz kann über Schnellwuchsplantagen erschlossen werden, was allerdings ein Energiepreisniveau entsprechend 0,80 DM/l Öläquivalent und mehr verlangt. Durch die Verknappung von Öl und durch die Belange des Umweltschutzes wird eine Verteuerung der fossilen Energieträger unumgänglich sein. Schließlich sollte eine ökologische Steuerreform ebenfalls dazu beitragen, erneuerbare Energieträger in den Bereich der Wirtschaftlichkeit zu heben und gleichzeitig die schadenverursachenden fossilen Energieträger mit einem echten, ehrlichen Preis zu versehen.

## 2. Form der Holzbrennstoffe

Die energetische Nutzung von Holz hat Jahrhunderte alte Tradition. Heute erfolgt die Wärme-gewinnung aus Holz hauptsächlich über drei Holzverarbeitungsformen:

- Scheitholz (25 - 100 cm Scheitlänge)
- Holzhackgut (Klein- bis Grobhackgut mit 0,5 bis 8 cm Teilchenlänge)
- Holzpellets (Basis für städtische Kleinverbraucher)

## 3. Feuerungsanlagen für Holz, Stand der Technik

Für die Scheitholzfeuerungsanlagen, hier sind auch Rundlinge eingeschlossen, eignen sich sehr viele Ofen- und Kesselbauarten. Sie unterscheiden sich vor allen Dingen in den Anschaffungspreisen, dem Bedienungskomfort, der Feuerungsqualität und in ihren Leistungsbereichen, aber auch in der Art der Beschickung, was wiederum im Arbeitsaufwand zum Ausdruck kommt.

Holz wird im kleinen Leistungsbereich auch für Einzelzimmerbeheizung benutzt, in Einzelhauszentral-Heizanlagen, zur Beheizung von Wohnblocks, Industriegebäuden bis hin zu Nah- und Fernwärmeheizwerken. Auch Heizkraftwerke werden dort erstellt, wo große Holzreserven zur Verfügung

stehen.

### 3.1. Einzelöfen

- **Kaminkassetten**

Kaminkassetten dienen dazu, offene Kamine so umzurüsten, dass sie im Wirkungsgrad und der Feuerungsqualität deutlich verbessert werden. Bei den Kaminkassetten handelt es sich um geschlossene Brennkammern mit großer Glassichtscheibe, die auch als Feuerungstür dient. Primär- und Sekundärluft werden getrennt zugeführt. Der in den offenen Kamin einschiebbare Kasten verfügt über Wärmetauscherflächen. Kaminkassetten erwärmen den Raum über die Strahlungswärme der Flamme durch die Sichtscheibe, aber auch durch Raumluftherwärmung in den Wärmetauschern, welche in den Kaminkassetten eingebaut sind und bis 60 % Wirkungsgrad erlauben, während offene Kamine nur 10 % Wirkungsgrad aufweisen. Diese Einbauten zur Umrüstung offener Kamine werden im Leistungsbereich von 3 bis 10 kW angeboten. Sie erfreuen sich großer Beliebtheit, ca. 40.000 Anlagen werden jährlich in Deutschland verkauft (1).

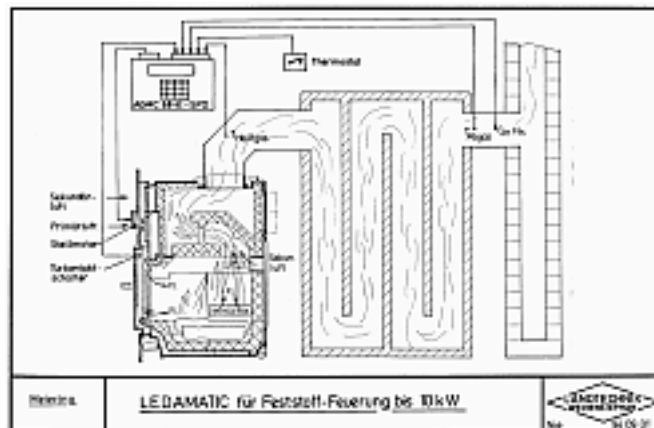
- **Kaminöfen**

Kaminöfen sind den Kaminkassetten im prinzipiellen Aufbau ähnlich, große Sichtscheibe und Wärmetauscher. Sie stehen jedoch einzeln im Raum oder aber sie lassen sich in Kachelöfen einbauen. Der bevorzugte Leistungsbereich liegt zwischen 4 und 15 kW, die Anschaffungspreise schwanken je nach Leistung und Qualität zwischen 800,- und 7.000,- DM. Gute Anlagen weisen Wirkungsgrade von 60 bis 70 % auf, die Feuerungsqualität erfüllt die Anforderungen an Kleinkessel, die CO-Werte lagen unter 2 g Kohlenmonoxid je Kubikmeter Rauchgas, was mehrere Messungen belegten (2).

- **Kachelofenheizeinsätze**

Kachelofenheizeinsätze werden von mehreren Firmen für den Kachelofenbauer hergestellt. Meist dienen sie der Warmluftgewinnung, seltener sind sie auch mit Wassertaschen versehen, um zusätzlich an der Zentralheizung anschließen zu können. Der übliche Leistungsbereich liegt bei 3 bis 12 kW. Meistens wird das System des oberen Abbrandes eingesetzt, seltener der untere Abbrand (3). Zur Beurteilung der Feuerungsqualität wurden umfangreiche Messreihen an der Bayer. Landesanstalt für Landtechnik Weißenstephan durchgeführt (2). Durch Einsatz von Mikroprozessoren werden von mehreren Firmen diese Heizeinsätze mit vollautomatischer Verstellung der Luftklappen nach Leistungsbedarf und Feuerungsqualität angeboten. Abbildung 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer derartigen Anlage. Dabei ist es sehr wichtig, den Primärfeuerungsbereich (Vergasungsbereich) von der Gasausbrandzone (Nachverbrennungsbereich) zu trennen, um sie

getrennt mit der richtigen Verbrennungsluftmenge zu versorgen.



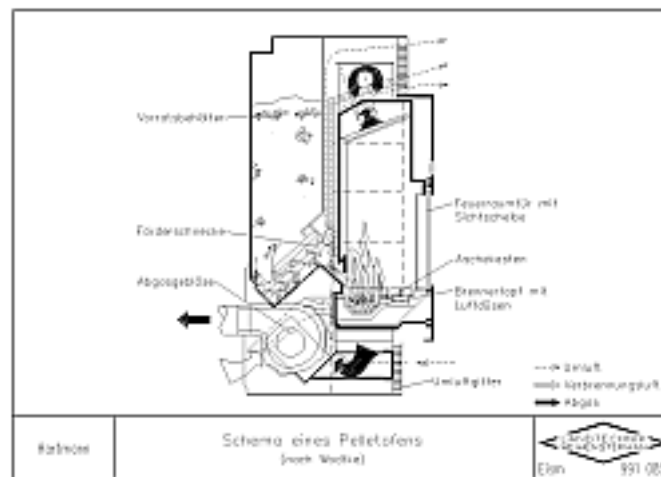
**Abb. 1:** Beispiel für eine Feststofffeuerung bis 10 kW

- **Holzkochherde**

Holzkochherde werden nach wie vor in großen Stückzahlen (ca. 40.000 pro Jahr in Deutschland) (1) verkauft. Vor allem im ländlichen Raum finden diese Anlagen ihren Anwendungsbereich. Viele Hersteller bemühten sich in den letzten Jahren, die Feuerungsqualität der Kochherde deutlich zu verbessern, durch optimale Brennraumgestaltung, Sicherstellung hoher Temperaturen im Gasausbrandbereich und besserer Regelbarkeit von Primär- und Sekundärluft. Einzelkochherde kosten zwischen 3.000,-- und 5.000,-- DM, der Schwerpunkt des Leistungsangebotes liegt im Bereich von 5 bis 10 kW. Diese Holzkochherde werden im Allgemeinen zusammen mit Elektroheizherden eingebaut.

- **Pelleteinzelöfen**

Abfall aus der Holzverarbeitenden Industrie wird zunehmend zu Pellets als Brennstoff verarbeitet. Pellets sind rieselfähig und lassen sich somit ohne großen technischen Aufwand nach Leistungsbedarf in den Feuerungsbereich dosieren. Durch die hohe Dichte ( $600 \text{ kg/m}^3$ ) verursachen Pellets geringe Transport- und Lagerkosten. Durch den hohen technischen Aufwand bei der Pelletierung ergeben sich jedoch relativ hohe Brennstoffkosten mit 250,-- bis 400,-- DM/t, das entspricht einem Heizölpreisniveau von 0,60 bis 1,-- DM/l. Gerade bei geringem Leistungsbedarf, hier vor allem in Energiesparhäusern, finden Pelletöfen zunehmend ihre Anwendung. Der technische Aufbau eines Pelletofens wird in [Abbildung 2](#) demonstriert.



**Abb. 2:** Schema eines Pelletofens

Aus einem ca. 50 Liter fassenden Vorratsraum werden die Pellets über eine Schnecke stufenlos über einen Fallschacht in die Brennschale dosiert. Der Fallschacht dient als Rückbrandsicherung. In einem großen Brennraum, der auch eine aus Glas gefertigte Wartungstüre besitzt, werden die Gase vollständig ausgebrannt und erreichen über großzügig ausgelegte Wärmetauscher das Rauchgebläse und von dort den Kamin. Mikroprozessoren steuern die Brennstoffmenge und die Primär- und Sekundärluft. Über Raumthermostate und elektrische Zündung erreicht man bei diesen Öfen ähnlichen Komfort wie bei einer modernen Öl- und Gasheizung.

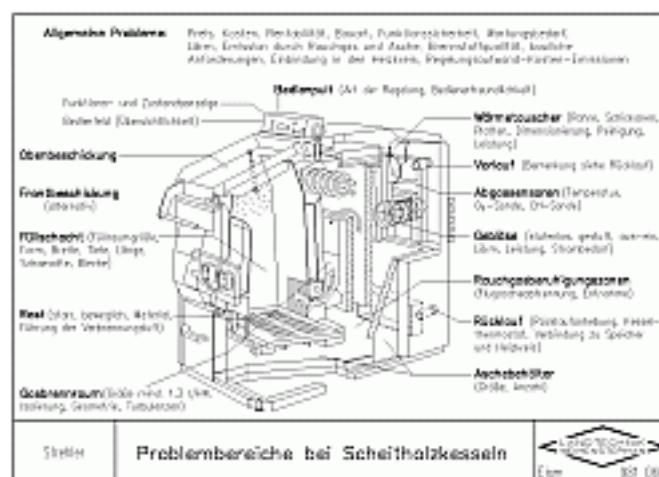
### 3.2. Zentralheizkessel

- **Scheitholzessel**

Scheitholzessel moderner Bauart müssen grundsätzlich mit Wärmespeichern verbunden werden, da sie sich nur bis 50 % herunterregeln lassen. Über die Hälfte der Heizperiode sind jedoch weniger als 50 kW Leistung gefordert. Daraus resultiert, dass moderne Unterbrand-Scheitholzessel grundsätzlich mit Wärmespeicher betrieben werden müssen. Der Wärmespeicher besteht aus einem Wassertank mit entsprechenden Zu- und Ableitungen, passenden Ausdehnungsgefäßen, guter Isolierung und ausreichender Größe. Werden Fördergelder für die Holzfeuerung beansprucht, so muss ein Speicher mit wenigstens 50 l/kW Kesselheizleistung installiert werden. Zur Komforterhöhung werden jedoch größere Speicher empfohlen; bei ausreichend verfügbarem Platz stellen 100 l/kW einen guten Kompromiss dar. Zur Koppelung zwischen Scheitholzessel und Wärmespeicher gibt es außerordentlich viele Systeme, die örtlichen Voraussetzungen entscheiden über das Optimum. Moderne Anlagen weisen eine hohe Feuerungsqualität, einfache Bedienbarkeit und einen tragbaren Preis auf. Zur Senkung kritischer Emissionen muss der Brennraum optimal gestaltet sein, Vergasungs- und Gasausbrandbereich sind der Leistung entsprechend zu optimieren,

die Größe des Wärmetauschers entscheidet über den Wirkungsgrad, für die Förderung sind wenigstens 80 % Wirkungsgrad gefordert. Abgasgeführte Regelungssysteme stellen die für die Förderung verlangte Feuerungsqualität sicher, es dürfen maximal 500 mg Kohlenmonoxid und 50 mg Staub in einem Kubikmeter Rauchgas enthalten sein. Scheitholzkessel arbeiten nach dem Prinzip des unteren Abbrands. Was es bei der Auswahl eines Scheitholzkessels zu beachten gibt, wird in [Abbildung 3](#) verdeutlicht.

Zur Erhöhung des Bedienungskomforts sind Scheitholzkessel meistens mit 6 l Füllraumvolumen je kW Feuerungsleistung ausgeführt, was zu einem Nachheizintervall von fünf Stunden bei Vollast und zehn Stunden bei Halblast führt. Wichtig ist die deutliche Trennung von Vergasungsbereich (unterer Teil des Füllraums) und Gasausbrandbereich (Nachbrennkammer). Er befindet sich entweder unterhalb des Füllraums-Sturzbrand - oder unten seitlich neben dem Füllschacht. Als Wärmetauscher haben sich sowohl Plattenwärmetauscher als auch Röhrenwärmetauscher eingeführt. Neuerdings verfügen auch Plattenwärmetauscher über Schikanen, die über ein Hebelwerk der Wärmetauscherreinigung dienen. Röhrenwärmetauscher sind schon über Jahre mit Schikanen zur Steigerung des Wirkungsgrades versehen, die ebenfalls dazu dienen, über ein Hebelwerk die Flugasche auf einfache Weise zu beseitigen. Je nach Scheitlänge und Leistungsbedarf gibt es vielerlei Ausführungsformen. Holzmeterstückfeuerungen verringern den Arbeitsaufwand bei der Holzaufbereitung. Bei allen Kesseln sollte generell trockenes Holz verwendet werden, um eine gute Feuerungsqualität sicherzustellen.



**Abb. 3:** Problembereiche bei Scheitholzkesseln

- 
- **Hackgutfeuerungsanlagen**  
Das schlecht rieselfähige Hackgut wird in Vorofenanlagen, Einschiebef Feuerungen oder in integrierten Feuerungen verwertet. Vorofenfeuerungen erlauben eine relativ billige Umstellung von Öl auf Holz, wenn der Ölbrenner durch den Vorofen ersetzt wird. Auch

Einschiebef Feuerungen erlauben ähnliche einfache Umrüstmethode n, soweit der Ölkessel durch seine Brennraumgestaltung dafür geeignet ist. In Neuba usituationen werden meist kesselintegrierte Hackgutfeuerungen gebaut. Für Grobhackgut, also Teilchenlängen über 4 cm müssen Kolbenbeschickungssysteme eingesetzt werden, für feineres Hackgut können die billigeren Schneckenbeschicker zum Einsatz kommen. Für die Wohnraumbeheizung weisen die am meisten verkauften Hackgutfeuerungen Leistungsbereiche von 30 bis 60 kW auf. Die Angebotspalette bewegt sich jedoch zwischen 10 kW und 100 MW. Die technischen Neuerungen erstrecken sich vor allen Dingen auf die Zuverlässigkeit der vollautomatischen Beschickung, perfekte Feuerungsqualität und auf automatische Entaschung. Abgasgeführte Regelungssysteme, optimale Brennraumgestaltung, die richtige Auswahl der Brennraumauskleidung waren die Basis erheblicher Verbesserungen der Feuerungsqualität in den letzten Jahren. Hackgutfeuerungen werden vorrangig dort eingesetzt, wo nicht verkäufliches Schwachholz aus der Forstwirtschaft oder aus Sägewerksbereichen anfällt, ferner im Kommunalbereich bis hin zu Nah- und Fernwärmesystemen. [Abbildung 4](#) veranschaulicht die kritischen Bereiche von Hackgutfeuerungsanlagen, sie macht auf jene Fakten aufmerksam, die bei der Planung zu berücksichtigen sind.

- **Pelletheizkessel**

Um Biomasse als Energieträger auch den städtischen Verbrauchern anzubieten, müssen kosten-günstige vollautomatisch arbeitende Anlagen angeboten werden. Da Pellets auf den Heizwert bezogen weit teurer sind als Scheitholz und Holzhackgut, finden sie vor allen Dingen dort ihren Einsatzbereich, wo niedrige Wärmemengen verlangt werden, beispielsweise in Energiesparhäusern. Durch die jüngsten Ölpreissteigerungen kommen Pellets jedoch in einem weit größeren Rahmen der energetischen Nutzung in den Bereich der Wirtschaftlichkeit, so auch in größeren Feuerungsanlagen im Kommunalbereich. Die gesicherte hohe Qualität von Holzpellets bringt bessere Voraussetzungen zur Erzielung hoher Feuerungsqualität, als unterschiedlich feuchte andere Holzbrennstoffe, die auch sehr variable Teilchengrößen aufweisen und damit die Erzielung einer hohen Verbrennungsqualität erschweren.







**Abb. 5:** Kosten der Wärme bei der Biomassefeuerung

In der Grafik ([Abbildung 5](#)) können die Gesamtkosten zur Wärmebereitstellung in Abhängigkeit vom spezifischen Anschaffungspreis (senkrechte Linie links), der Anlagenauslastung (schräge Linien) und durch Teilung der jährlichen Kapitalkosten durch die jährliche Auslastung in DM je kWh Kapitalkosten (untere waagrechte Linie) bestimmt werden. Die Arbeitskosten sind mit 0 bis 4 Pfg/kWh und die Brennstoffkosten mit 2 bis 9 Pfg/kWh aufzuaddieren. Ausgehend von der Feuerungsart (Abbildung 5, links), ihrem spezifischen Anschaffungspreis, der Berücksichtigung des Zuschusses und der Auslastung ergeben sich die Kapitalkosten je kWh Wärme. In der Darstellung ist auch der Vergleich zu den Gesamtkosten einer Heizölfeuerung bei unterschiedlichen Heizölpreisen dargestellt. Zur Ermittlung der Brennstoffpreise gilt es zu berücksichtigen, dass aus einem Liter Heizöl 10 kWh Wärme gewonnen werden, aus einem Kilogramm trockener Biomasse 3,5 bis 4 kWh Wärme.

## 6. Zusammenfassung

Bei der Nutzung kostengünstiger, trockener Holzbrennstoffe lässt sich mit der in Abhängigkeit des Standortes ausgewählten optimalen Holzfeuerungstechnik eine umweltfreundliche nachhaltige Wärmeengewinnung aus Holz realisieren.

## 7. Literatur

HARTMANN, H.; MADEKER, U.; LAUNHARDT, T. (1995): Untersuchungen zu Struktur und Umfang des Absatzes von Biomassefeuerungsanlagen in Deutschland. Abschlussbericht, C.A.R.M.E.N. e.V., (Hrsg.), Rimpar

LAUNHARDT, T. (1998): Dioxin- und PAK-Konzentrationen in Abgas und Aschen von Stückholzfeuerungsanlagen. In: Umwelt und Entwicklung, Materialien 142, Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltschutz, 252 S.

STREHLER, A. (2000): Sammelmappe zu Informationen zur Wärmeengewinnung aus Biomasse. 152 S.

DEIMLING, S.; KALTSCHMITT, M.; HARTMANN, H. et al. (2000): Leitfaden



Bioenergie; Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen. FNR  
Gülzow (Hrsg.)

KALTSCHMITT, M.; HARTMANN, H. (2001): Energie aus Biomasse.  
Grundlagen, Techniken und Verfahren. Springer-Verlag; ISBN 3-540-64853-4,  
770 S.

# Pellets, die Zukunft der Holzenergie?

von [WILFRIED AUERBACH](#)

## Der Pelletsverband und seine Aufgaben

Der seit 1997 bestehende Pelletsverband Austria ist ein Zusammenschluss von Industriepartnern mit dem Ziel, Ergebnisse aus Forschung und Entwicklung von Brennstoff und Heizgeräten direkt in der Produktion umzusetzen. Der Verband betreibt eine intensive Werbung. Zu den Aufgaben des Verbandes gehören vor allem:

- Qualitätssicherung bei Pellets und Pelletsheizungen;
- Schulungstätigkeit für Interessenten und Fachleute wie z.B. Architekten, Heizungsbauer, Installateure, Zivilingenieure, Kaminkehrer etc. sowie Energieinstitute;
- Normierungsaufgaben (ÖNORM, CEN, PVA-Norm), Aufstellung der Standards.

Diese Eigeninitiative der Industrie war zwingend notwendig, da vielfach gesetzliche Vorgaben fehlen. Der erstmalige Eintritt in den größten Energiemarkt "private Haushalte" zwang dazu, höchste Standards sowohl bei den Heizanlagen als auch bei den Pellets zu liefern, um im Wettbewerb bestehen zu können. Der Verband fordert für Pellets flächendeckende, hohe Industriestandards, wie sie für Öl und Gas bereits existieren.

## Marktentwicklung

Der Pelletsmarkt entwickelt sich gut. Wir starteten mit ca. 400 Anlagen im Oktober 1997 und erhöhten die Produktion jedes Jahr. Zum Ende des Jahres 2000 werden in Österreich ca. 12.000 Pelletsheizanlagen installiert sein. Der Verkauf von Pellets konnte von 20 t anno 1997 trotz des damals niedrigen Ölpreises auf ca. 60.000 t im Jahre 2000 gesteigert werden.

### Pelletsmarkt Österreich

Marktentwicklung Pelletsheizungen Österreich:



**Abb. 1:** Marktentwicklung bei Pelletsheizungen in Österreich

Die Produktionsstätten sind gleichmäßig über das Land verteilt. Die Tendenz

geht eindeutig zu Großpelletieranlagen, da sie am billigsten produzieren können. Auch dies ist Teil unserer Marktstrategie, denn Pellets stehen in harter Konkurrenz zu dem hohen technischen Niveau und den günstigen Preisen von Öl- und Gasheizanlagen sowie Wärmepumpen etc.. Eines der größten Pelletierwerke steht in der Steiermark und erzeugt zur Zeit ca. 50 t Pellets pro Jahr. Die Fördertürme sind knapp 50 m hoch, das Betriebsgelände wurde 2000 nochmals verdoppelt. Für Anlagen dieser Größenordnung sind Investitionen von etwa 40 bis 50 Mio. DM erforderlich. Auch die zur Versorgungssicherheit notwendige Haltung großer Zwischen- und Reservelager stellt ein erhebliches finanzielles Risiko dar, das nur ein Verbund von Unternehmen tragen kann. Aber erst diese industriellen Strukturen ermöglichen die Konkurrenzfähigkeit der Pellets gegenüber fossilen Energieträgern auch bei niedrigen Ölpreisen. Trotz der genannten Fakten ist der Pelletsverband (noch) sehr klein.

### Versorgungssicherheit

Häufig wird die Frage aufgeworfen, ob wir in der Lage sind, Pellets in einer für die garantierte flächendeckende Versorgung ausreichenden Menge bereitzustellen. Die Antwort zeigt [Abbildung 2](#):



**Abb. 2:** Versorgungssicherheit

Die Zwischenlager wurden in größtem Stil errichtet. Allein in diesem Jahr bauten wir zwei Interventionslager mit jeweils der Größe eines dreifachen Fußballfeldes, auf dem in etwa 10 m hoch Pellets aufgeschüttet wurden (rund 12.000 t).

Versorgungssicherheit ist neben der Qualität ein entscheidender Faktor für die Kunden. Ist sie nicht gewährleistet, schwindet das Vertrauen in das Produkt sofort, unsere Chancen auf dem Markt verringern sich.

### Das Gütesiegel

Die Chance, spürbare CO<sub>2</sub> - Reduktionen zu erreichen, kann der Verband nur dann wahrnehmen, wenn er langfristig großflächig anbieten kann. Dazu gehört jedoch außer der Versorgungssicherheit auch eine gleichbleibend hohe Qualität der Produkte. Um dieses Ziel zu realisieren, reichen Gewerbestandards nicht mehr aus. Industriestandards, Normen sind erforderlich. Der Verband stand der Ö-Norm skeptisch gegenüber. Wir entschlossen uns, ein eigenes, staatlich genehmigtes Gütesiegel zu installieren und mit Normen auszustatten. Damit

stellten wir den Markt und auch den Gesetzgeber vor vollendete Tatsachen. Dies brachte uns großen Erfolg, denn auf diesem Wege können Standards und Normierungen schnell und flexibel eingesetzt werden. Hohe technische Standards sind notwendig, um die Kunden zufriedenzustellen. [Abbildung 3](#) enthält die wesentlichen Gründe, warum die Qualität der Pellets so wichtig ist.



**Abb. 3:** Das Gütesiegel des Pelletsverbandes Austria

Minderwertige Qualität führt zu Problemen beim Heizungsbetrieb und damit zu unzufriedenen Kunden. Diese sorgen dann für eine sich rasch ausbreitende Negativwerbung mit all ihren schädlichen Folgen für den Markt. Neben dem politischen Aspekt war dies der zweite Grund für uns, hohe, über die ÖNORM (entspricht der deutschen DIN-Norm) hinausgehende Standards festzusetzen. Unsere Pelletsverbandsnorm enthält wesentlich mehr Parameter, vor allem in Bezug auf Produktion, Manipulation, Zwischenlagerung und Transport. Gerade auch der Transport entscheidet über die Qualität, die der Kunde erhält. Die PVA-Norm stellt sicher, daß die Heizanlagen vor Ort problemlos funktionieren.

[Abbildung 4](#) informiert über die Garantiekriterien für PVA-Pellets. Der fixe Heizwert von 4,9 kWh ermöglicht den Kunden eine exakte Kalkulation ihrer Gesamtjahresbrennstoffkosten. Selbstverständlich existiert ein ganz strenges Verbot von chemisch-synthetischen Bindemitteln wie Lacken, Leimen, Schwermetallen etc.. Wir wollen einen 100 % biogenen Brennstoff auf den Markt bringen. Solche umweltbelastende Substanzen dürfen von vornherein nicht in die Pellets gelangen. Wir benötigen keine Filteranlagen, die nachträglich Schadstoffe und Verunreinigungen abfangen (wie z.B. dänische und schwedische Anlagen). Aus Studien ist uns bekannt, daß extrem ökologisch orientierte Konsumenten die ersten etwa 5.000 Heizungen unabhängig vom Anschaffungs- und Brennstoffpreis kauften. Diesem Kundenkreis müssen wir auf alle Fälle ein ökologisches Produkt bieten, denn sonst kehrt er uns schnell den Rücken.



**Das Gütesiegel**

garantiert bei Pellets:

- einen Heizwert mit mind. 4,9 kWh
  - ↳ wichtig für optimierte Gesamtenergiekosten/Jahr
- strenges Verbot von chemisch-synthetischen Bindemitteln (zB Lacke, Leime, etc.)
  - ↳ wichtig für die Funktionalität der Anlage
  - ↳ aktiver Umweltschutz
- Wassergehalt kleiner als 10 %
  - ↳ wichtig für einen optimalen Heizwert
- Staubanteil max. 1 % vor dem Transport
  - ↳ wichtig für eine optimale Funktionalität der Heizanlage
  - ↳ wichtig für mögliche wenig Ökostromverbrauch an Pellets

Pelletsverband Austria 17.11.00 

**Abb. 4:** PVA-Garantien bei Pellets

Das PVA-Gütesiegel erstreckt sich auch auf die Heizgeräte (siehe [Abbildung 5](#)). Dies war letzten Endes notwendig, weil der Markt sehr heterogen war. Die Zahl von fast 30 Anbietern zu Beginn hat sich schnell, auch über mehrere Konkurse, reduziert. Der Markt bereinigt sich sehr rasch. Die Kunden erkennen hier nur hundertprozentige Qualität an. Wir haben ausschließlich Holzheizungsproduzenten mit jahrelanger Erfahrung und mit firmeneigener Entwicklung zertifiziert sowie die strengsten Emissionsgrenzwerte vorausgesetzt. Für "Goldgräber", die nur das "schnelle Geld" machen wollen, einfach Handelsprodukte führen und sich selbst nicht damit auskennen, ist in unserem Verband kein Platz. 80 % der Wertschöpfung in Österreich und 24 Stunden Service in der Heizperiode gehören ebenfalls zum Standard.



**Das Gütesiegel**

garantiert bei Pelletsheizgeräten:

- Holzheizungsproduzenten mit jahrelanger Erfahrung
  - ↳ daher größtes Know-how in der Holzverbrennung und bei Raumstrahlungssystemen
- Österreichs strengste Emissionsgrenzwerte für Holzheizungen
- Firmeneigene Entwicklung und Fertigung
- mindestens 80 % Wertschöpfung in Österreich
- Service binnen 24 h während der Heizperiode

Pelletsverband Austria 17.11.00 

**Abb. 5:** PVA-Garantien bei Pelletsheizgeräten

Auch für Händler entwickelten wir Qualitätsvorschriften (siehe [Abbildung 6](#)). Nur diejenigen, die sich dieser Zertifizierung und Prüfung unterziehen, erhalten das PVA-Gütezeichen.



## Qualität - von der Produktion bis in den Lagerraum



### Qualitätsvorschriften für Händler:

- Zwischenlagerung nur in geschlossenen Säcken
  - ↳ daher garantierte Kostendeckung
- Die Pellets sind vor dem Verladen auf den LKW zu sieben.
  - ↳ geringer Staubanteil
  - ↳ wichtig für die optimale Funktionsfähigkeit der Heizanlage
  - ↳ möglichst niedriger Gesamtverbrauch von Pellets
- Lieferung nur mit speziellem Pellets-Transporter
  - ↳ kein Problem beim Befüllen des Lagerraums
- Die Schlauchlänge beim Einblasen ist auf 30 m begrenzt.
- Händler werden regelmäßig überprüft
  - ↳ von einer staatlich akkreditierten Prüfstelle

Pelletverband Austria 17.11.00



**Abb. 6:** PVA -Qualitätsvorschriften für Händler

Die meisten Pellets werden in Österreich bereits nach den PVA-Kriterien produziert. Die Versorgung ist mittlerweile flächendeckend, die Standards sind einheitlich vom Bodensee bis zum Neusiedler See.

Eine Firma, die hier nicht mitmacht und eigene Konzepte entwickelt, wird nicht zu einer Mitgliedschaft im Verband gezwungen. Wir zertifizieren jedoch nur Ware aus PVA-Produktion.

Die Ergebnisse unserer qualitativen Marktforschung zeigten, dass diejenigen Kunden, die eine umweltfreundliche Alternative suchen, auf hundertprozentige ökologische Sicherheit allergrößten Wert legen. Wir stellten auch fest, dass die Kunden immer sensibler im Hinblick auf Umweltverschmutzungen reagieren. Millionen von Chemikalien wurden in Lebensmitteln, über Automobile etc. nach dem Jahre 1900 in den Verkehr gebracht. Es ist vielen von uns noch nicht bewusst, aber bereits wissenschaftlich nachgewiesen, dass wir Menschen eine Endlagerstätte für Schadstoffe geworden sind. Daher lautet unser oberstes Ziel, nur Produkte auf den Markt zu bringen, die Umwelt und Mensch nicht belasten.

### **Pellets, die Zukunft der Holzenergie?**

Die Antwort lautet: Ja, auf jeden Fall ! Voraussetzung dafür ist:

- => **Höchster flächendeckender Industriestandard, da wir mit dem hohem Standard der Fossilwirtschaft beim Endkunden verglichen werden.**

Dies erreichen wir über:

- TQM-Systeme (vom Produzenten bis zum Endkunden);
- repräsentative, qualitative und quantitative Marktforschung;
- Definition und Kontrollen der Schnittstellen "Heizung, Brennstoff, Handel";

und

- Ausschaltung von Produktionsschwankungen bei hoher Stundenleistung in der Produktion.

### **Fazit**

**Abschaffung des bisherigen Amateurstatus, Industriestandard ist angesagt, dann können wir auch billigere Ölpreise verkraften und der Markt wird trotzdem wachsen.**

## Zusammenfassung

Die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft richtete am 17.11.2000 in Freising-Weihenstephan das "Symposium Energieholz" aus. Ziel der Fachtagung war es, einen Überblick über die energetische Nutzung von Biomasse, insbesondere Holz, zu geben. Der Leiter der LWF, Präsident OLAF SCHMIDT begrüßte Referenten und Gäste und eröffnete die Veranstaltung. Die Jahrtausende alte Nutzung des Rohstoffes Holz zum "Feuermachen" ist die einfachste Art, Energie zu gewinnen. Sie war ein wesentlicher Schritt in der Entwicklungsgeschichte der Menschheit und existentiell notwendiges Element der täglichen Daseinsvorsorge.

Der Bayerische Staatsminister für Landwirtschaft und Forsten, JOSEF MILLER, berichtete über den *aktuellen Stand der energetischen Verwertung von nachwachsenden Rohstoffen in Bayern*. Ca. 3,2 % des Primärenergieverbrauchs werden in Bayern heute aus Biomasse, davon 2 % aus Holz, gedeckt. Der Einsatz von Energieholz spart jährlich ca. 1,2 Mrd. Liter Heizöl und vermeidet damit rund 3,2 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Emissionen. Derzeit werden ca. 1,76 Mio. Kleinfeuerungsanlagen, 260 Biomasseheiz- und -heizkraftwerke, 20 Pflanzenöl-Blockheizkraftwerke sowie 330 landwirtschaftliche Biogasanlagen betrieben. Biogene Treibstoffe sind an 180 öffentlichen Tankstellen erhältlich.

Professor RAINER FRANK ELSÄSSER, Mitglied des Vorstandes der E.ON Energie AG, zeigte in seinem Vortrag *Perspektiven für den energetischen Einsatz von Biomasse aus der Sicht eines Energieversorgers* auf. Die Politik hat auf europäischer, deutscher und bayerischer Ebene Ziele formuliert, um die CO<sub>2</sub> -Emissionen mit Hilfe eines höheren Einsatzes regenerativer Energien deutlich zu verringern. Das gesamte physikalische Angebot (theoretisches Potential) kann jedoch auf Grund von technischen und wirtschaftlichen Restriktoren nicht genutzt werden. Die Wirtschaftlichkeit der Nutzung verschiedener Biomassen hängt vor allem von deren Eigenschaften, der Entwicklung der Technologien sowie der bedarfsgerechten Bereitstellung ab. Wirtschaftliche und ökologische Kriterien sprechen für die Nutzung vor Ort. Das Unternehmen E.ON Energie AG fördert den Einsatz von Biomasse auf mehrfache Weise.

Im folgenden Beitrag gab Diplom-Physiker CHRISTIAN LEUCHTWEIS, Mitarbeiter bei C.A.R.M.E.N. e.V., einen *Rück- und Ausblick zu den Förderprogrammen für Energie aus Biomasse*. In Bayern wurden bisher ca. 3.000 Kleinfeuerungs- und 100 größere Anlagen bezuschusst. Die aktuelle Förderpraxis sieht eine individuelle Prüfung der beantragten Projekte einschließlich einer fundierten Wirtschaftlichkeitsberechnung vor. Der Fördermittelnahmer wird verpflichtet, einen Teil der Brennstoffe direkt aus der Land- und Forstwirtschaft zu beziehen. Die bisherigen Erfahrungen aus diesem Individualförderprogramm zeigen, dass sich für zukünftige Projekte große,



bereits existierende Wärmeabnehmer ohne ausgedehntes Wärmenetz besonders eignen. Um eine bisher bestehende Förderlücke zu schließen, initiierte Bayern die Technologieeinführungsprojekte I und II. Im Rahmen des Programmes "Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien" werden Zuschüsse für Anlagen mit einer Nennwärmeleistung zwischen 3 und 100 kW sowie Darlehen für Anlagen >100 kW gewährt.

Das *Konzept und die Ziele des Gesamtprojektes "Waldhackschnitzelbereitstellung und -logistik für Holzheizwerke"* erläuterte Leitender Forstdirektor Dr. GUNTHER OHRNER, Leiter des Sachgebietes Betriebswirtschaft und Waldarbeit der LWF. Das Sachgebiet befasst sich mit den forstlichen Aspekten der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energieträgern. Im Rahmen des Projektes *"Schnellwachsende Baumarten im Kurzumtrieb"* werden Erfahrungen mit dieser Betriebsform vor dem Hintergrund möglicher Nutzungsalternativen für stillgelegte landwirtschaftliche Flächen gesammelt. Seit 1994 ist an der LWF ein *"Fachberater für Holzenergie"* tätig. Ziel des dreiteiligen Gesamtprojektes *"Waldhackschnitzelbereitstellung und -logistik"* war, ein Konzept für die "Markteinführung" von Holz zur energetischen Verwertung zu erarbeiten.

Anschließend stellte Forstrat STEFAN WITTKOPF, Fachberater für Holzenergie an der LWF, *Energieholzpotentiale und deren aktuelle Ausschöpfung in Bayern* dar. Neben den ökologischen Vorteilen eines nachwachsenden, CO<sub>2</sub>-neutralen Energieträgers bietet Holz auch wirtschaftliche Vorteile. Bei der Projektierung von Heizwerken stellt sich immer wieder die Frage nach dem Energieholzpotential. Dabei ist zwischen theoretischem, technischem und wirtschaftlichem Potential zu unterscheiden. Der Begriff "Energieholz" umfasst sowohl dafür geeignete *Sortimente aus dem Wald* als auch *Industrierest-, Alt- und Flurholz*. Der Anbau *schnellwachsender Baumarten* auf landwirtschaftlichen Stilllegungsflächen bietet ein weiteres Potential für Energieholz. Alle Sortimente zusammen (technisches Potential) könnten kurzfristig 4,2 % des Primärenergiebedarfs decken. Langfristig wären über 10 % möglich.

Als erster Redner des Nachmittags beschrieb Forstoberinspektor STEFAN FELLER, Mitarbeiter im Sachgebiet Betriebswirtschaft und Waldarbeit der LWF, *Verfahren zur Bereitstellung von Waldhackschnitzeln*. Die Auswahl des für die örtlichen Rahmenbedingungen am besten geeigneten Arbeitsverfahrens entscheidet über die Wirtschaftlichkeit der Bereitstellung von Waldhackschnitzeln. Das niedrig mechanisierte Arbeitsverfahren *"Kleinprivatwald"* eignet sich lediglich für die Produktion kleinerer Hackschnitzelmengen. Bei der *teilmechanisierten Hackschnitzelbereitstellung* können hohe Arbeitsleistungen und geringe Bereitstellungskosten erreicht werden. Das *entkoppelte vollmechanisierte Verfahren* entspricht weitgehend der herkömmlichen vollmechanisierten Bereitstellung von Industrieholz. Das kombinierte Verfahren mit dem *Hackschnitzel-Harvester* eignet sich für Durchforstungen bei einfachen Geländebedingungen.

Danach berichtete Forstrat NORBERT REMLER von der Forstdirektion Unterfranken über Untersuchungen zur *Hackschnitzellogistik an den bayerischen Heizwerken*. Die bayerischen Biomasse-Heizwerke setzen auf Grund von Förderauflagen zum großen Teil Waldhackschnitzel als Brennstoff ein. Bei der Hackschnitzellogistik müssen die Anforderungen der Heizwerkbetreiber berücksichtigt werden. Für kurze Transportwege eignen sich landwirtschaftliche Schlepper. Bei größeren Entfernungen und beim Einsatz von Hackern mit Containern erweisen sich LKW als günstiger. Aus ökonomischer Sicht ist die Kurzzeitlagerung am Heizwerk die wirtschaftlichste Variante. Die Realisierung von Heizwerken hängt auch von der rechtzeitigen Konstituierung einer zweckmäßigen Versorgungsorganisation ab. Lieferanten und Abnehmer sollten zur gegenseitigen Absicherung langfristige, alle Komponenten einschließlich Preisgleitklauseln umfassende Lieferverträge abschließen. Hackschnitzel können nach Volumen, Gewicht und Wassergehalt oder produzierter Wärmemenge abgerechnet werden.

Im Anschluss daran befasste sich DR. ARNO STREHLER, Akademischer Direktor an der bayerischen Landesanstalt für Landtechnik, mit dem *Stand der Feuerungstechnik für Holzbrennstoffe*. Hauptsächlich Scheitholz, Hackschnitzel und Pellets dienen heute der Wärmegewinnung. Viele Ofen- und Kesselbauarten eignen sich für die Stückholzfeuerung, z.B. Kaminkassetten, Kaminöfen, Kachelofenheizeinsätze, Holzherde und Pelleteinzelöfen. Zentralheizkessel sind für Scheitholz, Hackschnitzel und Pellets auf dem Markt. Die technischen Neuerungen erstrecken sich vor allem auf eine hohe Feuerungsqualität und eine Verbesserung des Wirkungsgrades. Die Wärmebereitstellungskosten bei Holzfeuerungsanlagen bewegen sich je nach örtlicher Situation zwischen 0,07 und 0,15 DM/kWh.

Den letzten Vortrag des Tages hielt WILFRIED AUERBACH, Geschäftsführer des Pelletsverbandes Austria und ging der Frage nach, ob *Pellets die Zukunft der Holzenergie* seien. Der seit 1997 bestehende Pelletsverband Austria ist ein Zusammenschluß von Industriepartnern mit dem Ziel, Ergebnisse aus Forschung und Entwicklung von Brennstoff und Heizgeräten direkt in die Produktion umzusetzen. Zu seinen Aufgaben gehören vor allem Qualitätssicherung, Schulungstätigkeit sowie Aufstellung von Normen und Standards. Der Pelletsmarkt entwickelt sich gut. Versorgungssicherheit, gleichbleibend hohe Qualität und hundertprozentige ökologische Sicherheit sind die entscheidenden Kriterien für die Kunden. Deshalb installierte der Verband ein staatlich genehmigtes Gütesiegel für Pellets und Heizgeräte. Zudem wurden auch für die Händler strenge Qualitätsvorschriften entwickelt. Die eingangs gestellte Frage "Pellets, Zukunft der Holzenergie?" wurde mit "ja" beantwortet. Voraussetzungen dafür sind jedoch ein höchster flächendeckender Industriestandard und die Abschaffung des bisherigen Amateurstatus.

## Summary

The Bavarian State Institute of Forestry (LWF) organised a "Fuel Wood Symposium" in Freising-Weißenstephan on 17.11.2000. The purpose of this specialist conference was to give an overview of the use of biomass, especially wood, as an source of energy.

The head of the LWF, President OLAF SCHMIDT, greeted the speakers and guests and opened the proceedings. The use over millennia of the raw material wood to "make fires" is the simplest of ways to gain energy. It was a fundamental step in the history of human development and an element essential for day-to-day existence.

The Bavarian State Minister for Agriculture and Forestry, JOSEF MILLER, reported on the *current status in Bavaria of the use of renewable raw materials as an energy source*. Approx. 3.2 % of primary energy consumption in Bavaria is today covered by biomass; this includes 2 % covered by wood. The use of wood as an energy source saves approx. 1.2 billion litres of heating oil annually and around 3.2 million tons of CO<sub>2</sub> emissions are thereby avoided. At the moment there are approx. 1.76 million small heating systems, 260 biomass heat and combined heat and power stations, and 20 vegetable-oil-fuelled block heat and power stations, as well as 330 agricultural biogas plants. Biogenic fuels can be obtained at 180 public petrol stations.

In his contribution, Professor RAINER FRANK ELSÄSSER, member of the board of E.ON Energy plc, highlighted *perspectives for the use of biomass as an energy source from the point of view of an energy provider*. Political goals have been set at European, German and Bavarian levels to reduce CO<sub>2</sub> emissions significantly by increasing the use of regenerative energy sources. The entire physical supply (theoretical potential) cannot however be exploited because of technical and economic restrictions. The economic viability of the use of different forms of biomass is dependent especially on their characteristics, technological development and on supply matching demand. Economic and ecological criteria speak for local exploitation. The company E.ON Energy plc promotes the use of biomass in numerous different ways.

In the next contribution, physicist CHRISTIAN LEUCHTWEIS, an employee of C.A.R.M.E.N. (registered society), gave *an account of the past, present and future of subsidy programmes for biomass energy*. In Bavaria approx. 3.000 small heating systems and 100 larger plants have received subsidies up to now. In practice at the moment, projects for which subsidies have been applied for are examined individually. The examination includes a sound assessment of economic viability. The subsidised party is obliged to obtain part of the fuel directly from agriculture or forestry. Experience of this individually-oriented subsidy programme up to now shows that large, already existing consumers of energy are particularly suitable for future projects. In order to close a loophole in

subsidies which has existed up to now, Bavaria has initiated "Introduction of Technology Projects I and II". Within the programme "Promoting measures to use renewable energy sources", subsidies for plants with a rated thermal energy output of between 3 and 100 kW and loans for plants with >100 kW are granted.

The *concept and aims of the aggregate project "Supply and logistics of forest wood chips for wood heating stations"* was explained by DR. GUNTHER OHRNER, head of the LWF's Department of Forest Economics and Forest Operations Research. The department is concerned with the forestry aspects of the provision of energy from renewable energy sources. In the project "Fast-growing tree species in short rotation", this form of operation is investigated against the background of possible alternative use for set-aside agricultural areas. Since 1994 there has been a *"specialist adviser on wood energy"* at the LWF. It was the goal of the three-part aggregate project *"Supply and logistics of forest wood chips"* to develop a concept for the "market launch" of wood as an energy source.

Next, STEFAN WITTKOPF, specialist adviser for wood energy at the LWF, presented *the potential of wood as an energy source and its current exploitation in Bavaria*. Apart from the ecological advantages of a renewable, CO<sub>2</sub>-neutral energy source, wood also has economic advantages. In the planning of heating stations, the question of the potential of wood as an energy source crops up repeatedly. Here a distinction should be made between the theoretical, technical and economic potentials. The term "fuelwood" includes suitable *assortments from the forest* as well industrial waste wood, recycled wood (e.g. from old furniture) and wood from non-forest trees. The cultivation of fast-growing tree species on set-aside agricultural land offers further potential for fuelwood. All assortments put together (technical potential) could in the short term cover 4.2 % of the primary demand for energy. In the long term, 10 % would be possible.

As first speaker of the afternoon, STEFAN FELLER, an employee in the LWF's Department of Forest Economics and Forest Operations Research, presented *processes for the provision of forest wood chips*. The selection of the working method best suited to the site conditions is decisive for economically viable provision of wood chips. The little-mechanised working method *"Small scale private forest"* is only suitable for the production of small quantities of wood chips. In the *partially mechanised provision of wood chips*, high output and low costs can be achieved. The *decoupled, fully-mechanised process* corresponds largely to the conventional fully-mechanised provision of industrial wood with harvesters and forwarders. The combined process with the wood chip harvester is suitable for thinnings given easy terrain conditions.

Next, NORBERT REMLER, of the Forest Office of Unterfranken, reported on studies of the *logistics of wood chip supply to Bavarian heat and power stations*. Due to subsidy requirements, Bavarian biomass heating stations mainly use

forest wood chips as a fuel. In the transport of wood chips, the requirements of the heating stations must be taken into account. For short distances, agricultural tractors are suitable. Over greater distances and when using chippers with containers, lorries prove a cheaper option. From an economic point of view, short-term storage at the heating station is the most cost-effective variant. The success of heating stations also depends on the timely and effective organisation of supply. For their mutual assurance, suppliers and customers should conclude long-term delivery contracts covering all components including price range clauses. Wood chips may be traded according to volume, weight and water content or the produced amount of energy.

Following this, DR. ARNO STREHLER, academic director at the Bavarian Institute of Agricultural Technology, dealt with the *status of heating technology for wood fuels*. Firewood billets, wood chips and pellets are the main types of wood used today to produce thermal energy. Many types of oven and boiler are suitable for heating with firewood billets, e.g. chimney inserts, stoves, tiled oven inserts, wood stoves. There are central heating boilers on the market which use billets, wood chips or pellets. There are also individual ovens which take pellets. Technical innovations strive above all to achieve high quality combustion with low emissions and improve the degree of efficiency. The costs of the provision of thermal energy through wood heating systems are between 0.07 and 0.15 DM/kWh, depending on the local situation.

The last presentation of the day was made by WILFRIED AUERBACH, director of the Austrian Pellet Association, and was concerned with the question "*Are pellets the future of wood as a source of energy?*". The Austrian Pellet Association, which has existed since 1997, is an association of industrial partners whose aim it is to implement the results of research and development of fuels and heating machinery directly in production. Quality assurance, training and the establishment of norms and standards are its main tasks. The pellet market is developing well. The decisive criteria for customers are certainty of supply, consistently high quality and 100 % ecological safety. The association has thus set up a state-approved seal of quality for pellets and heating machinery. Strict quality regulations have also been developed for the retailers. The question posed at the beginning, "Pellets - the future of wood as an energy source?", was answered with a "Yes". Provisos for this are however an industrial standard covering large areas and that the amateur status which has existed up to now is revoked.

## Anhang

### **Bayerisches Förderprogramm "BioHeiz500"**

Das Bayerische Förderprogramm "BioHeiz500" gilt seit 01. September 2001. Zuschüsse können natürliche und juristische Personen sowie kommunale Körperschaften mit Ausnahme des Staates erhalten, die Eigentümer, Pächter oder Mieter des Anwesens sind, auf dem die Anlage errichtet werden soll. Es deckt den Leistungsbereich von Biomassekesseln mit einer Nennwärmeleistung von 100 kW - 500 kW ab. Förderfähig ist auch das Wärmenetz. Das Programm läuft bis 31.12.2003, sofern bis zu diesem Zeitpunkt keine anderen Verfügungen getroffen worden sind.

Die Antragsunterlagen für "BioHeiz500" und "BioKomm", ein Programm speziell für Kommunen in Anlehnung an die Konditionen des Marktanreizprogramms des Bundes, können bei der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau - Abschnitt Nachwachsende Rohstoffe, Schulgasse 18, 94315 Straubing, Tel. 0 94 21 / 300 - 214, Fax 0 94 21 / 300 - 211 angefordert werden.

### **Marktanreizprogramm des Bundes**

Über die "Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien" werden unter anderem automatisch beschickte Holzheizungen bezuschusst. Das Marktanreizprogramm gilt für Privatpersonen sowie kleinere und mittlere Unternehmen und läuft bis 15. Oktober 2003.

*Nach einer Änderung der Richtlinie vom 23. Juli 2001 gelten folgende Konditionen:*

Automatisch beschickte Kessel bis zu 100 kW werden pro kW mit 100 DM bezuschusst, höchstens aber mit 4.000 DM je Einzelanlage. Sowohl Hackschnitzel - als auch Holzpellettheizungen fallen unter diese Kategorie. Scheitholzessel sind nicht mehr förderfähig!

Die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) fördert automatisch beschickte Kessel mit einer Nennwärmeleistung von mehr als 100 kW durch Darlehen. Auf das Darlehen wird ein Teilschulderlass in Höhe von 10.000 DM je Einzelanlage gewährt.

Antragsberechtigt sind Privatpersonen sowie kleinere und mittlere Unternehmen. Mit dem Vorhaben darf nicht vor Antragstellung begonnen werden.

Die ausführlichen Richtlinien und die Anträge hält das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) bereit, Postfach 51 60, 65726 Eschborn, Tel. 0 61 96 / 908 - 625. Sie können auch über das Internet unter [www.bafa.de](http://www.bafa.de) bezogen werden.

Stand: September 2001

## **Anschriftenverzeichnis der Autoren**

**Wilfried Auerbach**

Pelletsverband  
Austria  
Schönbergstraße  
21 b  
A - 4616  
Weißkirchen

**Prof. Rainer Frank Elsässer**

E.ON Energie AG  
Nymphenburger  
Straße 39  
80335 München

**Stefan Feller, Forstoberinspektor**

Bayerische  
Landesanstalt für  
Wald und  
Forstwirtschaft  
(LWF)  
Am Hochanger 11  
85354 Freising

**Christian Leuchtweis, Diplom-Physiker**

C.A.R.M.E.N.  
e.V.  
Schulgasse 18  
94315 Straubing

**Josef Miller, Staatsminister**

Bayerisches  
Staatsministerium  
für Landwirtschaft  
und Forsten  
Ludwigstraße 2  
80535 München

**Dr. Gunther Ohrner, Leitender Forstdirektor**

Bayerische  
Landesanstalt für  
Wald und  
Forstwirtschaft  
(LWF)  
Am Hochanger 11  
85354 Freising

**Norbert Remler, Forstrat**

Bayerische  
Forstdirektion  
Unterfranken  
Peterplatz 7  
97070 Würzburg

**Olaf Schmidt, Präsident**

Bayerische

**Dr. Arno Strehler, Akademischer Direktor**

**Stefan Wittkopf, Forstrat**

Landesanstalt für  
Wald und  
Forstwirtschaft  
(LWF)  
Am Hochanger 11  
85354 Freising

Bayerische  
Landesanstalt für  
Landtechnik  
Vöttinger Straße  
36  
85354 Freising

Bayerische  
Landesanstalt für  
Wald und  
Forstwirtschaft  
(LWF)  
Am Hochanger 11  
85354 Freising



## **Tabellenverzeichnis**

### **Energieholzpotentiale und aktuelle Ausschöpfung in Bayern**

[Tab. 1:](#) Theoretische Preise für Energieholz nach Heizöläquivalenten [nach ORTMAIER, 1994]

[Tab. 2:](#) Brennstoffkosten je kWh Wärme

[Tab. 3:](#) Potentiale der unterschiedlichen Energieholzsortimente in Mio. tatro/a

### **Hackschnitzellogistik an den bayerischen Heizwerken**

[Tab. 1:](#) Durchschnittliche Kapazitäten und Energieinhalte verschiedener Transportmittel [nach LAUCHER, 1995]

[Tab. 2:](#) Heizwert und Rohstoffpreis von Nadelholzhackschnitzeln in Abhängigkeit von Wassergehalt und Basispreis [nach ORTMEIER et al., 1993]

## **Abbildungsverzeichnis**

### **Perspektiven für den energetischen Einsatz von Biomasse aus der Sicht eines Energieversorgers**

[Abb. 1:](#) Absichtserklärungen der Politik

[Abb. 2:](#) Definitionen der Potentiale

[Abb. 3:](#) Nutzung und technisches Potential

[Abb. 4:](#) Brennstoff- und Erzeugungskosten

[Abb. 5:](#) Kosten zur Minderung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes

### **Rück und Ausblick zu den Förderprogrammen für Energie aus Biomasse**

[Abb. 1:](#) Verteilung der Anträge auf die Bundesländer

[Abb. 2:](#) Verteilung der Fördersummen auf die Bundesländer

[Abb. 3:](#) Verteilung der Zusagen auf die Bundesländer

### **Energieholzpotentiale und aktuelle Ausschöpfung in Bayern**

[Abb. 1:](#) Entwicklung der Industrieholzpreise in Bayern (aus der Holzpreisstatistik der Bayerischen Staatsforstverwaltung)

[Abb. 2:](#) Pappelernte mit einem Gehölmähhäcksler

[Abb. 3:](#) Entwicklung der Sägerestholzpreise [HOLZBÖRSE ROSENHEIM 1981 - 2000]

### **Verfahren zur Bereitstellung von Waldhackschnitzel**

[Abb. 1:](#) Mögliche Verfahrensabläufe bei der Hackschnitzelbereitstellung

[Abb. 2:](#) Ausrüstung und Arbeitsschritte bei der Variante "Kleinprivatwald"

[Abb. 3:](#) Ausrüstung und Arbeitsschritte bei einer teilmechanisierten Variante der Hackschnitzelbereitstellung

[Abb. 4:](#) Ausrüstung und Arbeitsschritte beim entkoppelten vollmechanisierten Verfahren

[Abb. 5:](#) Ausrüstung und Arbeitsschritte bei der Hackschnitzelbereitstellung mit dem Hackschnitzel-Harvester

## **Hackschnitzellogistik an den bayerischen Heizwerken**

[Abb. 1:](#) Prozentuale Verteilung der eingesetzten Brennstoffe

[Abb. 2:](#) Preisspannen für Biomasse bei der Abrechnung nach Gewicht

## **Der Stand der Feuerungstechnik für Holzbrennstoffe**

[Abb. 1:](#) Beispiel für eine Feststofffeuerung bis 10 kW

[Abb. 2:](#) Schema eines Pelletofens

[Abb. 3:](#) Problembereiche bei Scheitholzesseln

[Abb. 4:](#) Problembereiche bei einer Hackgutfeuerung

[Abb. 5:](#) Kosten der Wärme bei der Biomassefeuerung

## **Pellets, die Zukunft der Holzenergie?**

[Abb. 1:](#) Marktentwicklung bei Pelletsheizungen in Österreich

[Abb. 2:](#) Versorgungssicherheit

[Abb. 3:](#) Das Gütesiegel des Pelletsverbandes Austria

[Abb. 4:](#) PVA-Garantien bei Pellets

[Abb. 5:](#) PVA-Garantien bei Pelletsheizgeräten

[Abb. 6:](#) PVA -Qualitätsvorschriften für Händler