

Vorwort

Am 01.04.2000 trat das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) in Kraft. Es sieht, gestaffelt nach Anlagengröße, Einspeisevergütungen zwischen 17 und 20 Pfennigen je kWh für Strom aus Biomasse vor. Damit wurde ein deutlicher Anreiz geschaffen, den Anteil der Energie aus nachwachsenden Rohstoffen am Primärenergieverbrauch zu steigern und die Kohlendioxidemissionen zu reduzieren. Mit Abstand wichtigste Biomasse ist und bleibt dabei das Holz.

Die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft betreibt seit Anfang der neunziger Jahre intensiv angewandte Forschung im Bereich der energetischen Nutzung von Holz. Erste Meilensteine waren der Beginn des Forschungsprojekts "Anbauversuche mit schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb" 1992 und die Einrichtung der Stelle eines Energieberaters 1994. Forschungsergebnisse, vor allem zu den technischen und betriebswirtschaftlichen Problemen der Hackschnitzelbereitstellung und Logistik, wurden in den LWF-Berichten

- [Nr. 8: "Schnellwachsende Baumarten, ihr Anbau und ihre Verwertung"](#),
- [Nr. 11: "Kosten und Leistung bei der Bereitstellung von Waldhackschnitzeln"](#),
- [Nr. 14: "Eigenschaften von Holzaschen und Möglichkeiten der Wiederverwertung im Wald"](#),

und vielen Veröffentlichungen in Fachzeitschriften für die Praxis aufbereitet.

Unterstützt vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten sowie der Bayernwerk AG wurden in den Jahren 1997-1999 im Rahmen eines Gesamtkonzeptes "Waldhackschnitzelbereitstellung und Logistik für Holzheizwerke" drei Forschungsprojekte durchgeführt. Mit den bereits erschienenen LWF-Berichten

- [Nr. 16: "Vollautomatisierte Waldhackschnitzel-Bereitstellung - Ergebnisse einer Studie am Hackschnitzel-Harvester"](#),
- [Nr. 21: "Teilmechanisierte Bereitstellung, Lagerung und Logistik von Waldhackschnitzeln"](#)

und dem vorliegenden Bericht "Energieholzmarkt Bayern" werden die Ergebnisse interessierten Kreisen zugänglich gemacht.

Dr. Ohrner

[Leiter des Sachgebietes Betriebswirtschaft und Waldarbeit](#)

Titelbild: Karte der geförderten Holzheizwerke in Bayern, Stand: 31.12.1998 [LWF].

ISSN 0945 - 8131

Alle Rechte vorbehalten

Nachdruck, auch auszugsweise, sowie fotomechanische und elektronische Wiedergabe nur mit Genehmigung des Herausgebers

Verfasser: Klaus Wagner, Stefan Wittkopf

Herausgeber und Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)

Bezugsadresse: Am Hochanger 11, 85354 Freising, Tel./Fax 08161 - 71 - 4881 / - 4971, Email: poststelle@fo-lwf.bayern.de

Internet: <http://www.lwf.uni-muenchen.de>

Verantwortlich: Der Leiter der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft

Schriftleitung: Christian Wild

Internet-Redaktion: Gerhard Huber

Mai 2000

Die Studie wurde gemeinschaftlich finanziert durch

die Bayernwerk AG,

das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und und Forsten

und C.A.R.M.E.N. e.V.

- [1 Einleitung](#)
- [2 Klärung grundlegender Begriffe und Zusammenhänge](#)
- [3 Material und Methoden](#)
- [4 Nachfragestruktur](#)
 - [4.1 Derzeitiger Stand](#)
 - [4.2 Ergebnisse der Umfrage unter den nicht geförderten Heiz\(kraft\)werken in Bayern](#)
 - [4.3 Entwicklung der Nachfragestruktur](#)
- [5 Potentiale und derzeitige Nutzung](#)
 - [5.1 Waldenergieholz](#)
 - [5.1.1 Kompartimente des Waldenergieholzes](#)
 - [5.1.1.1 Energetisch nutzbare Rohholzmengen](#)
 - [5.1.1.2 Waldrestholz](#)
 - [5.1.2 Theoretisches Potential](#)
 - [5.1.3 Technisches Potential](#)
 - [5.1.4 Wirtschaftliches Potential](#)
 - [5.1.4.1 Kosten der Aufarbeitung](#)
 - [5.1.4.2 Erlöse für Waldenergieholz](#)
 - [5.1.4.3 Industrieholzmarkt](#)
 - [5.1.4.4 Wirtschaftlich sinnvolle Produktausformungen](#)
 - [5.1.4.5 Massenpotential und Restriktoren](#)
 - [5.1.5 Derzeitige Nutzung](#)
 - [5.2 Schnellwachsende Baumarten](#)
 - [5.3 Industrierestholz](#)
 - [5.3.1 Aufkommen](#)
 - [5.3.2 Nutzung](#)
 - [5.3.3 Preise](#)
 - [5.3.4 Wirtschaftliches Potential](#)
 - [5.4 Altholz](#)
 - [5.4.1 Rechtliche Rahmenbedingungen](#)
 - [5.4.2 Aufkommen](#)
 - [5.4.3 Nutzung](#)
 - [5.4.4 Preise](#)
 - [5.4.5 Wirtschaftliches Potential](#)
 - [5.5 Flurholz und Schwemmholz](#)
 - [5.5.1 Potentiale](#)
 - [5.5.2 Preise](#)
 - [5.5.3 Derzeitige Nutzung](#)

5.6 Zusammenfassende Darstellung der Potentiale und Preise

5.6.1 Potentiale und derzeitige Nutzung

5.6.2 Preise

6 Vermarktungskonzepte für Waldenergieholz

6.1 Einführung

6.2 Ansprüche der unterschiedlichen Nachfragergruppen

6.3 Verwirklichte Vermarktungskonzepte in Bayern

6.3.1 Biomassehof Kempten

6.3.2 Regionale Brennholz-Depots

6.3.3 Brennholzbörse der Waldbesitzervereinigung Wasserburg-Haag

6.3.4 Überregionale Hackschnitzellogistik im Bereich Landau an der Isar

6.3.5 Hackschnitzelmarketing der Waldbesitzervereinigung Grafenau

6.3.6 Energieholzbörse im Internet

6.4 Überregionale Marketingkonzeptionen

6.4.1 Konzept des Bayerischen Waldbesitzerverbandes und des Vereins "Energie aus Holz"

6.4.2 "Brennholz - eine zündende Idee": Vermarktungsinitiative der Landesforstverwaltung Rheinland-Pfalz

6.4.3 Energieholzmarketing in Österreich

6.5 Vorschlag für ein bayernweites Energieholz-Marketing

7 Zusammenfassung der Forschungsarbeit

8 Summary

9 Sonstiges

9.1 Literaturverzeichnis

9.2 Tabellenverzeichnis

9.3 Abbildungsverzeichnis

9.4 Abkürzungsverzeichnis

9.5 Begriffsbestimmungen

9.6 Umrechnungszahlen

10 Anhang

10.1 Fragebogen

10.2 Restriktoren

10.3 Formel zur Berechnung des

Substitutionswertes

Impressum/ Copyright Mai 2000

Einleitung

Neben den technischen und betriebswirtschaftlichen Problemen der Energieholzbereitstellung ist die volkswirtschaftliche Relevanz ein wichtiger Aspekt. Fragen nach den Angebotspotentialen für Energieholz, besonders bei sich ändernden wirtschaftlichen Rahmenbedingungen, nach der Struktur des Energieholzmarktes und sinnvollen Förderungsmöglichkeiten müssen beantwortet werden.

Seit Ende der siebziger Jahre wurde in mehreren Studien versucht, das mögliche Hackschnitzelaufkommen für Deutschland zu erfassen [siehe u.a. Dauber et al 1979; Kaltschmidt u. Wiese 1993; Haschke 1998]. Neben der Forstwirtschaft wurde insbesondere die Holzindustrie einbezogen. Die Ergebnisse streuen in einem breiten Rahmen. Die regionale Ebene wurde bislang noch nicht betrachtet. Eine Analyse der Nachfrageseite fehlte ebenso. Hinsichtlich der Vermarktungsmöglichkeiten von Energieholz sind verschiedene lokale und regionale Initiativen bekannt, eine Zusammenstellung dieser Beispiele fand jedoch noch nicht statt.

Mit dieser Studie sollen daher Angebot und Nachfrage auf dem Energieholzmarkt in Bayern dargestellt, verschiedene Vermarktungsmöglichkeiten von Waldenergieholz aufgezeigt und Ansätze für eine Verbesserung des Marketings entwickelt werden. Aus diesen übergeordneten Zielsetzungen lassen sich folgende Einzelziele ableiten:

- Erfassen des Angebots auf dem Energieholzmarkt

Die Potentiale für Energieholz sollen möglichst nach Regierungsbezirken und für das Waldenergieholz nach den Hauptbaumarten getrennt aufgezeigt werden.

- Erfassen der Nachfrage auf dem Energieholzmarkt

In der Studie wird der aktuelle Energieholzbedarf abgeschätzt. Dabei werden geförderte und nicht geförderte Heiz(kraft)werke sowie gewerblich bzw. privat betriebene Kleinanlagen berücksichtigt. Die Entwicklungstendenzen auf der Nachfrageseite werden abgeschätzt und mit den vorhandenen Potentialen verglichen.

- Vermarktung von Energieholz

Erfolgreiche Vermarktungsbeispiele, die die unterschiedlichen Ansprüche der Nachfragergruppen berücksichtigen, werden vorgestellt und Ansätze zur

verbesserten Vermarktung von Waldenergieholz entwickelt.

2 Klärung grundlegender Begriffe und Zusammenhänge

Anmerkungen zum Potentialbegriff

In Studien, die sich mit der Nutzung von alternativen Energien beschäftigen, nehmen Potentialabschätzungen häufig einen großen Raum ein [vgl. Fischer 1995; Dreiner et al. 1994; Kaltschmitt u. Wiese 1993; Haschke et al. 1993]. Die verwendeten Begriffe werden hier am Beispiel des Potentials für Energieholz erklärt.

Das **theoretische Potential** enthält das gesamte physikalische Angebot der unterschiedlichen Holzsorten. Es stellt damit eine Obergrenze für das Energieangebot dar. Zwischen den unterschiedlichen Autoren herrscht jedoch nur selten Einigkeit über die Teilmengen, die im theoretischen Potential berücksichtigt werden sollen. Dies erschwert einen Vergleich unterschiedlicher Studien (Tab. 1). Die Angabe eines theoretischen Potentials hat vor allem dann einen Sinn, wenn derzeit technische Probleme eine Ausschöpfung des Potentials verhindern, diese aber in absehbarer Zeit gelöst werden können.

Tab. 1: Berücksichtigte Teilmengen zur Herleitung des theoretischen Waldrestholzpotentials

	Kaltschmitt u. Wiese 1993	Haschke 1998
Durchforstungsrückstände	+	
Kronenholz	+	+
Rinde des aufgearbeiteten Derbholzes	+	+
Stockholz	+	
Blüten und Fruchtstände	+	
jährlicher Anfall von Blattmasse	+	
Astholz		+
nicht aufgearbeitete dünne Stämme		+

Das **technische Potential** beschreibt die Holzmenge, die unter Berücksichtigung von technischen und ökologischen Restriktoren genutzt werden kann. Als ein klassischer Restriktor der Holznutzung wird die Hangneigung angegeben. In Steilhängen ist es oft zu gefährlich, Holz zu nutzen.

Unter dem **wirtschaftlichen Potential** versteht man denjenigen Anteil des technischen Potentials, das unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Restriktoren genutzt werden kann. Dabei muss die Grundfrage beantwortet werden, ob die Erlöse für das Energieholz die Kosten für die Produktion decken. Die Preise der fossilen Energieträger beeinflussen das wirtschaftliche Potential stark. Je höher diese Preise, desto höher sind auch die Erlöse für Energieholz. Weitere Einflussfaktoren sind technische Neuerungen und Änderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen. Das wirtschaftliche Potential ist somit keine konstante Größe.

Die drei Potentialtypen werden im Rahmen dieser Studie nur im Bereich Waldenergieholz klar getrennt. Für Altholz und Industrieholz wird ein wirtschaftliches, für Flurholz und schnellwachsende Baumarten ein technisches Potential hergeleitet. Das gesamte Aufkommen an Industrierestholz in Bayern kann natürlich auch als theoretisches bzw. technisches Potential bezeichnet werden.

Zur Problematik der Bezugseinheit für Potentialangaben

Die in der Forstwirtschaft verwendeten Bezugseinheiten Festmeter (fm), Raummeter (rm) und Schüttraummeter (Srm) eignen sich nicht zur Darstellung der Energieholzpotentiale, da beim Holz kein direkter Zusammenhang zwischen Raummaß und Energieinhalt besteht. Die Energieeinheiten "MJ" bzw. "kWh" sind als Nutzungsangaben für die forstliche Praxis nicht brauchbar. Als Bezugsbasis wird daher die Masse verwendet. Da sich aber Gewicht und Energieinhalt des Holzes bei unterschiedlichem Wassergehalt ändern, ist grundsätzlich dessen Angabe notwendig. Sie erfolgt in dieser Studie als

tiefgestellte Zahl, z.B. $t_{30\%}$ = Tonne bei einem Wassergehalt von 30%. Beträgt der Wassergehalt 0%, wird die in der Literatur übliche Bezeichnung t_{atro} (= **absolut trocken**) verwendet.

Arten des Energieholzes

Das Energieholz wird entsprechend seiner Herkunft differenziert (Abb. 1). Hartmann und Strehler [1995] verwenden den Terminus "Restholz" als Oberbegriff für alle in Abbildung 1 aufgezählten Herkünfte außer für Holz aus Energiewäldern. Diese Bezeichnung wird aber als nicht sinnvoll angesehen, da z.B. Brennholz aus dem Wald nicht als Reststoff, sondern als ein Produkt der Forstwirtschaft anzusehen ist. Der Ausdruck "Flurholz" stellt eine Oberkategorie für die in der Literatur verbreiteten Begriffe "Landschaftspflegerestholz", "Obstbaumschnitt" und "Grünschnitt" dar.

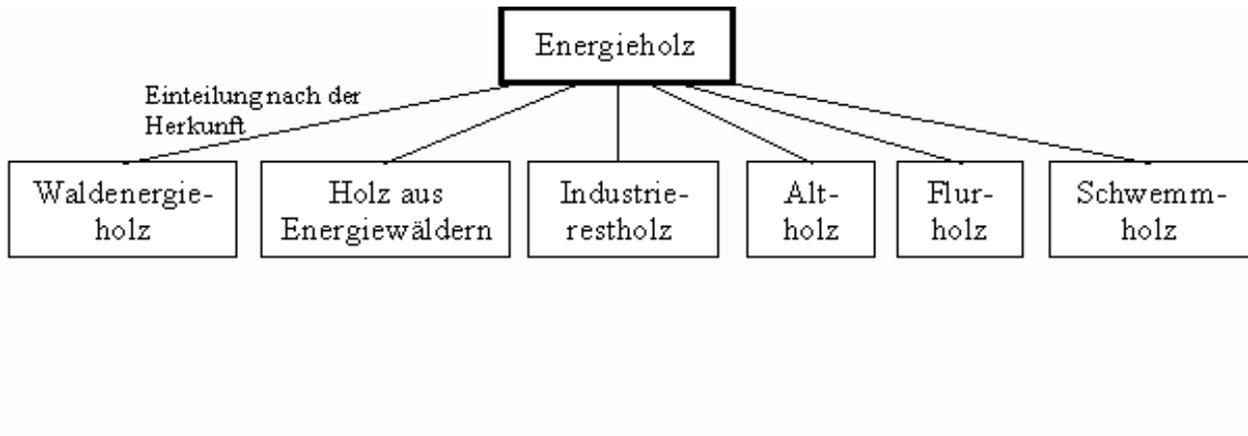


Abb. 1: Arten von Energieholz

3 Material und Methoden

Die Studie erforderte es, Daten aus wissenschaftlichen Untersuchungen und Statistiken zusammenzutragen, zu interpretieren und zu bewerten. Vielfach wurde festgestellt, dass die gefundenen Daten nur bedingt brauchbar, aufgrund der Erhebungsmethode stark fehlerbehaftet waren oder dass unterschiedliche Autoren deutlich verschiedene Werte vertreten. Um aufbauend auf diesen ungenauen Basisinformationen realistische Abschätzungen vorzunehmen, bieten sich zwei Wege an:

Im Sinne einer physikalischen Fehlerrechnung wird das Endergebnis mit einem Fehlerrahmen versehen. Da bei den vorhandenen Daten aber keine Standardabweichungen etc. bekannt sind, können nur ein Minimal- und ein Maximalwert als Schätzrahmen angegeben werden.

Gutachtlich wird aus den vorhandenen Daten ein Wert errechnet. Dieser darf grundsätzlich nicht als absolut angesehen werden. Er stellt vielmehr eine Größenordnung dar.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit und der besseren Lesbarkeit wurde meist auf die zweite Möglichkeit zurückgegriffen.

Zusätzlich zu der Literaturstudie wurden die Betreiber der nicht geförderten Biomasseheiz(kraft)werke schriftlich und mehrere Experten zum Thema Marketing mündlich befragt.

Bei den nicht geförderten Heizkraftwerken wurde eine Vollerhebung durchgeführt (vgl. Schnell et al. 1995). C.A.R.M.E.N. [1999] stellte eine Liste aller bekannten Untersuchungsobjekte zur Verfügung. Ein standardisierter Fragebogen ([siehe 6](#)) mit geschlossenen Fragen ([siehe 7](#)) wurde erarbeitet. Um den Befragten eine kurze Bearbeitungszeit zu garantieren und damit eine möglichst hohe Rücklaufquote zu erreichen, wurden nur wenige Fragen formuliert. Sie erfassen die Feuerungswärmeleistung, die Mengen der verbrannten Biomassesortimente und den Zukauf von Biomasse (s. Kap. 10.1).

Zur Erhebung von Informationen über erfolgreiche Marketingkonzepte in Bayern wurden Vertreter von Verbänden, Waldbesitzervereinigungen und Firmen befragt. Für jedes Interview wurde ein angepasster Leitfaden mit offenen Fragen entwickelt. Das Interview selbst war daher gering strukturiert ([siehe 8](#)).

6 "Standardisiert" bedeutet nach Atteslander [1995], dass die Antworten in Kategorien vorgegeben sind.

7 Man spricht von einer geschlossenen Frage, wenn dem "Befragten zugleich auch alle möglichen oder zumindest relevanten Antworten - nach Kategorien geordnet - vorgelegt werden" [Atteslander 1995]. Die offene Frage enthält keine festen Antwortkategorien.

8 Ein gering strukturiertes Interview zeichnet sich dadurch aus, dass die Fragenreihenfolge nicht vorher festgelegt wurde. Der Befragte hat die Möglichkeit, aus seinen Assoziationen heraus den Gesprächsgang zu beeinflussen. Diese Vorgehensweise ist bei Experteninterviews üblich [vgl. Atteslander 1995].

4 Nachfragestruktur

4.1 Derzeitiger Stand

Seit 1995 weist die amtliche Energiestatistik den Holzverbrauch in Bayern "vollständiger" nach [LfStaD 1999]. Holz deckte 1996 2,1% (42.726 TJ) des Primärenergieverbrauchs. Dabei wurden der Brennholzverbrauch in Kleinf Feuerungsanlagen, der Restholzeinsatz in Schreinereien und Zimmereien und der Biomasseinsatz in geförderten bzw. ungeförderten Heiz(kraft)werken berücksichtigt [C.A.R.M.E.N. 1999].

Kleinanlagen

Wie Remler und Kornell [1997] darstellen, sind diese Daten zumindest für den Bereich der Kleinanlagen fehlerträchtig. Sowohl deren Anzahl in Bayern als auch die Feuerungsleistungen, die Jahresbetriebsstunden und die eingesetzten Holzmengen können nur geschätzt werden. Die 1%-Gebäude- und Wohnungsstichprobe von 1993 des Bayerischen Landesamts für Statistik und Datenverarbeitung [König 1999] enthält einen Überblick über den Bestand an Kleinanlagen. Eine Addition der holzbeheizten Wohnungseinheiten, der gesonderten Warmwasserversorgung und der zusätzlichen Heizungsmöglichkeiten ergibt eine Anzahl von 1,76 Mio. Holzöfen und offenen Kaminen (Tab. 2).

Tab. 2: Ergebnisse der 1%-Gebäude- und Wohnungsstichprobe von 1993, durchgeführt vom Bayerischen Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung [König 1999]

		Bewohnte Wohneinheiten		
		Alle Energiearten	Holz, sonstiges Heizmaterial ¹	Kohle, Koks, Briketts ²
Wohnungsheizung	Fern-, Block-, Zentralheizung	3.407.000	103.000	9.000
	Einzel- oder Mehrraumöfen	929.000	303.000	202.000
	Sonstige Heizungen	346.000		
	Gesamt	4.682.000	406.000	211.000
gesonderte Warmwasserversorgung	In der Küche	1.446.000	94.000	47.000
	Im Bad	1.527.000	103.000	87.000
Zusätzliche Heizungsmöglichkeiten	Allzweckofen		462.000	
	Kachelofen		540.000	
	Offener Kamin		154.000	

1 Sonstiges Heizmaterial ist z.B. Torf. Nach Hrubesch [1996] wird aber fast ausschließlich Holz verbrannt.

2 Nach Hrubesch [1996] wird in 25% der Öfen dieser Kategorie auch Holz verbrannt.

Hrubesch [1996] geht zusätzlich davon aus, dass in 25% der überwiegend mit Kohle, Koks oder Briketts beheizten Öfen auch Holz verbrannt wird. Die Einsatzmengen von Energieholz in den Kleinanlagen werden in Kap. 5.1.1.1 analysiert (s. auch Tab. 18).

Schreinereien und Zimmereien

C.A.R.M.E.N. [1998] befragte alle in Oberbayern ansässigen Zimmereien und Schreinereien zum Brennstoffeinsatz. Von 4.661 versandten Fragebögen kamen 1.610 zurück (35% Rücklaufquote). 45,5% dieser Betriebe gaben an, Verbrennungsanlagen für Holz zu besitzen. Durchschnittlich verbrannten sie 116 t₇ Industrierestholz. Mit Hilfe dieser Ergebnisse wurde in der vorliegenden Studie auf die ca. 11.000 Firmen in Bayern hochgerechnet (Bei der Hochrechnung der Umfrageergebnisse auf Bayern griff C.A.R.M.E.N. [1998] auf die Auskunft der Handwerkskammer für München und Oberbayern zurück, die besagt, dass 85% des Energiebedarfs der Zimmerei- und Schreinereibetriebe aus Holz gedeckt wird. C.A.R.M.E.N. [1998] gibt einen Holzverbrauch von 1,1 Mio. t₇ an. Dieser Wert erscheint im Lichte der Umfrageergebnisse als deutlich zu hoch gegriffen. Daher wurde in der vorliegenden Studie ein neuer Wert errechnet.).

Dabei wurde angenommen, dass der durchschnittliche Wassergehalt des verbrannten Holzes 10% beträgt. Demnach verbrennen ca. 5.000 Schreinereien und Zimmereien umgerechnet 513.000 t_{atro} Holz.

Heiz(kraft)werke

Ende 1998 waren in Bayern 68 geförderte Heiz(kraft)werke in Betrieb [Ortinger u. Weber 1999] (Abb. 2). Der Biomasseeinsatz in diesen Anlagen wurde mit Hilfe von Umfragen [Remler et al. 1999; Hartmann u. Madeker 1997; eigene Erhebungen] ermittelt. Für die nicht geförderten Heiz(kraft)werke waren jedoch nur die gesamte Feuerungswärmeleistung und die durchschnittlichen Betriebsstunden bekannt. Damit ließ sich zwar auf den Biomasseeinsatz schließen, ohne jedoch Aussagen über die unterschiedlichen Arten der Biomasse bzw. deren Bezugswege treffen zu können. Zur Klärung dieser Frage wurden die Betreiberfirmen im Rahmen des vorliegenden Projekts schriftlich befragt (s. folgendes Kap. 4.2).

Der derzeitige Verbrauch aller Nachfragergruppen ist in Kapitel 5 dargestellt.



Abb. 2: Geförderte Heiz(kraft)werke in Bayern (Stand: 31.12.1998)

4.2 Ergebnisse der Umfrage unter den nicht geförderten Heiz(kraft)werken in Bayern

Von den 185 angeschriebenen Heiz(kraft)werken waren 12 bereits erloschen bzw. unbekannt verzogen. 43 Fragebögen wurden zurückgesandt. Dies entspricht einer Rücklaufquote von 24,9%. Damit liegt diese Umfrage im üblichen Bereich von Marktumfragen [Böhler 1992; Berekoven et al. 1991; Hammann u. Erichson 1990]. Die ursprünglich beabsichtigte Zuordnung der Nachfragemengen zu den Regierungsbezirken ist jedoch nicht möglich.

Die durchschnittliche Gesamtnennleistung beträgt 14,8 MW, die der Biomasseöfen 4,0 MW. Über 95% der eingesetzten Biomasse besteht aus Industrierestholz (Tab. 3). Rinde - ein Teil des Industrierestholzes - ist bei den meisten Anlagen nur zu einem geringen Teil am Brennstoffmix beteiligt (siehe "Mittelwert der prozentualen Einsatzmengen je Betrieb" in Tabelle 3). Weil die Rinde aber in sehr großen Betrieben eingesetzt wird, ist ihr prozentualer Anteil an der Gesamteinsatzmenge mit über 40% sehr hoch. Umgekehrt verhält es sich bei Waldhackschnitzeln und Altholz. Da diese Materialien vorwiegend in kleinen Anlagen genutzt werden, ist ihr Anteil an der gesamten eingesetzten Biomasse nur gering.

Tab. 3: Ergebnisse der Umfrage bei den nicht geförderten Heiz(kraft)werken

	Industrie- restholz	Rinde	Waldhack- schnittzel	Altholz	Summe
Eingesetzte Biomasse (absolut)	69.238 t _{atro}	36.128 t _{atro}	366 t _{atro}	2.685 t _{atro}	108.417 t _{atro}
Eingesetzte Biomasse (prozentual)	56,6%	40,9%	0,3%	2,2%	100%
Mittelwert der prozentualen Einsatzmengen je Betrieb	82,7%	7,7%	1,7%	7,9%	100%
Zugekaufte Biomasse	7.406 t _{atro}	49 t _{atro}	109 t _{atro}	2.119 t _{atro}	9.684 t _{atro}
in Prozent der Einsatzmengen	10,7%	0,1%	29,8%	78,9%	8,9%

25,6% der befragten Betriebe kaufen Brennstoffe zu. Knapp 80% des Altholzes werden zugekauft, dagegen fast gar keine Rinde. Insgesamt werden weniger als 10% der eingesetzten Biomasse von anderen Firmen bezogen. Auf die bezahlten Preise wird in Kapitel 5 eingegangen.

Rechnet man die Umfrageergebnisse über die Anzahl der Rückantworten auf Bayern hoch, ergibt sich ein Biomasseverbrauch von 436.000 t_{atro}. Dies kommt dem von C.A.R.M.E.N. [1999] für 1997 ermittelten Wert von 466.000 t_{atro} nahe.

4.3 Entwicklung der Nachfragestruktur

Kleinanlagen

Aus der 1%-Gebäude- und Wohnungsstichprobe kann auf die Entwicklung des Einsatzes von Holzfeuerungen für Heizungszwecke in Bayern geschlossen werden (Tab. 4). Einzel- und Mehrraumöfen als Hauptheizung von Wohnungen sind in den letzten Jahren aus der Mode gekommen. Weniger als 2% der bestehenden Einzel- oder Mehrraumöfen wurden zwischen 1979 und 1993 in Betrieb genommen. Seit 1979 werden dagegen verstärkt Kachelöfen in Wohnungen eingebaut. Eine Wohnung mit offenem Kamin war zwischen 1969 und 1987 sehr beliebt. Die Zahl der Einbauten von Holz-Zentralheizungen blieb über die letzten 30 Jahre relativ konstant.

Tab. 4: Anteil unterschiedlicher Holzheizungstypen entsprechend der 1%-Gebäude- und Wohnungsstichprobe von 1993 in Bayern [König 1999], ab 1968 in Dekaden bzw. halben Dekaden.

	Baujahr				Gesamt
	bis 1968	1969-1978	1979-1987	1988-1993	
Kachelöfen ¹	50,0%	8,3%	27,0%	14,6%	100%
Fern-, Block-, Zentralheizungen ²	61,2%	15,5%	15,5%	7,8%	100%
offene Kamine ¹	34,4%	35,7%	24,7%	5,2%	100%
Allzwecköfen ¹	70,3%	15,8%	10,4%	3,5%	100%
Einzel- oder Mehrraumöfen ²	94,1%	4,0%	1,9%		100%

1 zusätzliche Heizungsmöglichkeit

2 Hauptheizung der Wohnung

Einen weiteren Einblick in die Entwicklung des Bestandes an Ofentypen gibt die Studie von Hartmann [1995]. Mit Hilfe einer Umfrage unter den Herstellern bestimmte er die abgesetzten Stückzahlen von Biomassefeuerungsanlagen in Deutschland. Inwieweit diese Öfen Neu- oder Ersatzinvestitionen sind, kann nicht beurteilt werden. 1994 wurden knapp 200.000 Biomassefeuerungsanlagen verkauft. Die Einzelfeuerstätten hatten daran einen Anteil von 91% (siehe 10) (Tab. 5). Während die Zentralheizungen eine durchgehend steigende Nachfrage aufwiesen, ging die Nachfrage nach Einzelfeuerstätten von 1992 auf 1994 um ca. 5% zurück. Das war auf den starken Einbruch bei den Verkaufszahlen von Küchenherden zurückzuführen. Für den Zeitraum 1995/1996 wurde damals bei allen Ofenarten ein Zuwachs erwartet. Die größten Steigerungsraten wurden für Kaminöfen (Einzelzimmeröfen) und Kamineinsätze (offene Kamine) prognostiziert. Über die tatsächliche Entwicklung der letzten Jahre liegen keine Untersuchungen vor.

Tab. 5: Übersicht über die abgesetzten Stückzahlen von Biomassefeuerungsanlagen in der BRD (1994 = 100%) nach Hartmann [1995]

	Stückzahl 1994		Tendenz seit 1992/93		Prognose für den Zeitraum 1995/96
Einzelzimmeröfen, Kaminöfen	68.875	i	16,0%	i	29,9%

offene Kamine, Kamineinsätze	31.238	i	16,8%	i	11,5%
Kachelofen-Heizeinsätze, Grundofenfeuerungen	34.464	i	1,4%	i	1,7%
Kochherde, Heizungsherde	45.541	i	55,6%	i	12,7%
Summe Einzelfeuerstätten	180.118	i	4,8%	i	16,9%
Zentralheizsysteme	17.538	i	5,8%	i	34,4%

Die Erhebungen des Landesinnungsverbandes für das bayerische Kaminkehrerhandwerk (LIV Bayern 1999 a/b) ermöglichen einen weiteren Einblick in die Entwicklung des Einsatzes von Kleinf Feuerungsanlagen. Die zuständigen Bezirksschornsteinfegermeister müssen neue oder wesentlich veränderte Feuerungsanlagen mit einer Nennwärmeleistung von mehr als 4 kW ([siehe 11](#)) gemäß § 14 der 1. Bundesimmissionsschutzverordnung (BlmschV) innerhalb von vier Wochen nach der Inbetriebnahme überprüfen. Jährlich wiederkehrende Messungen sind nach § 15 der 1. BlmschV für mit Festbrennstoffen mechanisch beschickte Feuerungsanlagen mit einer Nennwärmeleistung über 15 kW und Anlagen mit einer Nennwärmeleistung über 50 kW, die nicht naturbelassenes Holz verbrennen, vorgeschrieben [Anonymus 1992]. Wie aus Abbildung 3 ersichtlich, hat die Anzahl der Messungen seit 1993 zugenommen. Bei den wiederkehrenden Messungen ist ebenfalls eine deutliche Steigerung zu erkennen. Ende 1998 waren 6.196 solcher Anlagen in Betrieb.

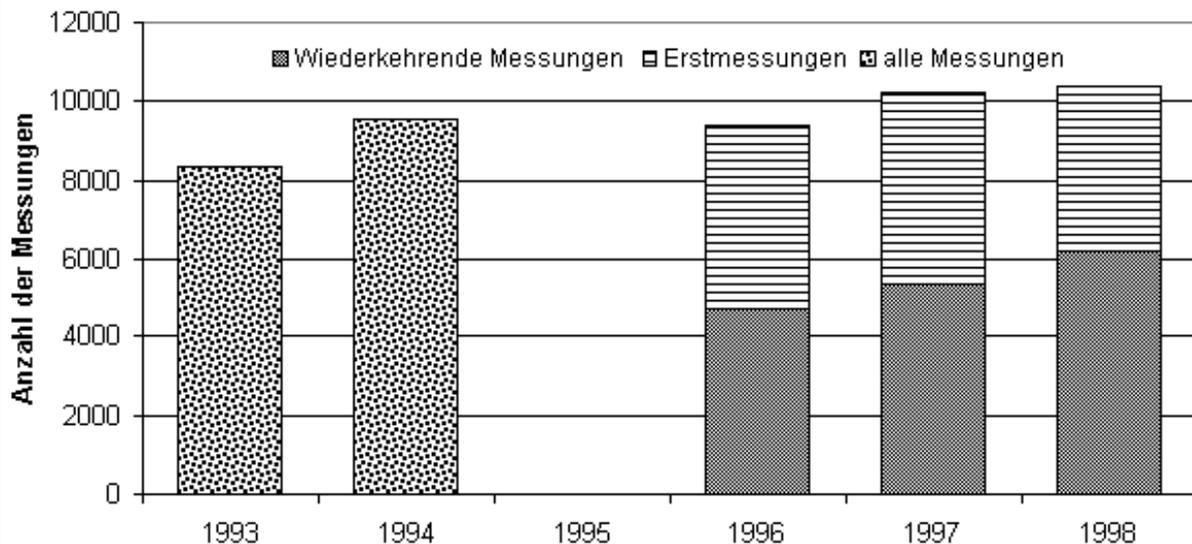


Abb. 3: Messungen nach der 1. Bundesimmissionsschutzverordnung an Festbrennstofffeuerungsanlagen in Bayern nach LIV Bayern (1999 a/b); wegen einer Computerumstellung sind die Daten für das Jahr 1995 nicht verfügbar; 1993 und 1994 wurde eine Trennung in wiederkehrende und Erstmessungen nicht dokumentiert.

Zu dieser positiven Entwicklung haben die beiden Technologie-Einführungsprojekte der Bayerischen Staatsregierung beigetragen. Im ersten Projekt, das Ende 1996 auslief, wurden 187 Hackschnitzelheizungen (Leistungsbereich 20-50 kW) mit einer Gesamtnennleistung von 8,6 MW gefördert. Bis zum Antragsschluß des zweiten Projekts (Ende 1998) waren 5.908 Anträge eingegangen. 2.429 Stückholzkessel (Leistungsbereich 20-50 kW) und 1.317 Hackschnitzelheizungen (20-100 kW) mit einer Gesamtnennleistung von 155,3 MW wurden bis zum 26.8.1999 gefördert [C.A.R.M.E.N. 1999].

Besonders das zweite Projekt führt so zu einem Nachfrageschub. Unterstellt man 1.300 Volllastbetriebsstunden/a, einen Heizwert von 5 MWh/t_{atro} und einen Wirkungsgrad von 80%, errechnet sich ein Biomasseverbrauch von ca. 45.000 t_{atro}/a.

Heiz(kraft)werke

Derzeit sind 22 geförderte Heiz(kraft)werke im Bau und über 20 im Planungsstadium [Ortinger u. Weber 1999]. Über den weiteren Bau von nicht geförderten Heiz(kraft)werken kann wegen fehlender Daten nichts ausgesagt werden.

¹⁰ Bei der Gesamtleistung liegt der Anteil der Einzelfeuerstätten jedoch nur bei 52% der Gesamtleistungssumme von etwa 3.170 MW.

¹¹ Ausgenommen von dieser Regelung sind nach §14 Absatz 2 Punkt 1 der 1. BImSchV Feuerungsanlagen mit einer Nennwärmeleistung bis 11 kW, soweit sie der Beheizung eines Einzelraumes oder ausschließlich der Brauchwassererwärmung dienen [Anonymus 1992].

5 Potentiale und derzeitige Nutzung

5.1 Waldenergieholz

Grundlagen für die Berechnung des Waldenergieholzpotentials lieferte einerseits die Studie "Einschätzung des potentiellen Rohholzaufkommens in Bayern" von Nüsslein [1996], in der die Daten der Bundeswaldinventur (BWI) von 1987 ausgewertet wurden. Als Bezugsbasis diente hierbei nicht die gesamte, sondern nur die produktive Waldfläche, die in Bayern nach BWI 2.384.884 ha umfasst [Krüger et al. 1994]. Andererseits wurden das technische und das wirtschaftliche Potential auch ausgehend vom derzeitigen Einschlag berechnet. Wie aus Tabelle 6 ersichtlich, wird das potentielle Holzaufkommen nur im Bayerischen Staatswald annähernd ausgeschöpft.

Tab. 6: Vergleich des potentiellen Holzaufkommens nach Nüsslein [1996] mit dem derzeitigen Einschlag in Bayern

	Potentiellies Holzaufkommen	Einschlag
Staatswald Bund	5,2 Efm/(ha* a)	1,6 Efm/(ha* a) ¹
Staatswald Land	6,6 Efm/(ha* a)	6,1 Efm/(ha* a) ²
Körperschaftswald	6,7 Efm/(ha* a)	3,6 Efm/(ha* a) ¹
Privatwald	8,6 Efm/(ha* a)	3,5 Efm/(ha* a) ³
Bayern	7,7 Efm/(ha* a)	4,4 Efm/(ha* a)

1 Auswertung der Holzeinschlagsanalyse (StFoV d) für den Zeitraum 1988-1994 ohne 1990

2 Auswertung der Holzeinschlagsanalyse (StFoV d) für den Zeitraum 1993-1998

3 Schaffner [1999], Auswertung des bayerischen Testbetriebsnetzes [Eichhorn 1999]

5.1.1 Kompartimente des Waldenergieholzes

Waldenergieholz setzt sich aus zwei Teilen zusammen:

- Hölzer, die im Rahmen der konventionellen Ernte von Nutzholz mit aufgearbeitet werden (Brennholz und Schwachholz),
- Resthölzer, die bei der traditionellen Nutzholzaufarbeitung im Bestand verbleiben.

5.1.1.1 Energetisch nutzbare Rohholzmengen

Brennholz

Im Bayerischen Staatswald werden für den Zeitraum 1993-1998 durchschnittlich 5,0% des Einschlages als Brennholz ausgewiesen (StFoV d). Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass im Staatswald Selbstwerber zusätzlich ca. 50% des als NH (nicht verwertetes Holz) verbuchten Holzes zu Brennholz aufarbeiten (StFoV 1999 a). Im Körperschafts- und Privatwald schätzen die staatlichen Revierleiter den Anfall. Für den Privatwald wurde dieses Verfahren jedoch 1995 eingestellt, da es die Wirklichkeit nur fehlerhaft abbildet. Zur Abschätzung des Aufkommens aus dem Privatwald stand zusätzlich eine schriftliche Befragung der Revierleiter der Bayerischen Staatsforstverwaltung über den Einschlag im Kleinprivatwald (< 200 ha) von Schaffner [1999] zur Verfügung. Die Ergebnisse dieser Abschätzung für Bayern können Tabelle 7 entnommen werden. Nicht enthalten ist das Brennholz, das bei der Nutzung von Bäumen in der Feldflur und in den Hausgärten anfällt, da hierfür keine Informationen vorliegen.

Tab. 7: Brennholzeinschlag in Bayern

	Fi/Ta/Dgl	Kie/Lä	Bu/sLbh	Ei	Alle Baumarten
in % des	10,3%	24,3%	44,4%	35,8%	15,6%

Einschlags					
in Efm	741.000	396.000	335.000	70.000	1.542.000
in t _{atro}	279.000	170.000	185.000	40.000	675.000

Diese Schätzung weist einen gegenüber Baden-Württemberg deutlich höheren Brennholzeinschlag auf. Dort erreicht er nach Fischer [1995] 9,6% des Einschlags. Weit über dem Durchschnitt liegt in beiden Bundesländern der Brennholzanteil im Privatwald. Hercher et al. [1995] geben in einer Auswertung des baden-württembergischen Testbetriebsnetzes "Bäuerlicher Privatwald" dafür 16,5% des Einschlages an. In Bayern wird er auf 20% geschätzt. Im österreichischen Bundesland Salzburg wird der Brennholzeinschlag für alle Waldbesitzarten in derselben Größenordnung angegeben. In den Jahren 1982-1994 schwankte er zwischen 18 und 21% [Lechner 1997].

Den Brennholzverbrauch untersuchten C.A.R.M.E.N. [1999] und eine sozialempirische Studie des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung [Hrubesch 1996].

Tab. 8: Brennholzverbrauch in Bayern

	Hrubesch 1996	C.A.R.M.E.N.	eigene Berechnungen (s.o.)
Bezugsjahr	1993	1997	1988-1998
Brennholzverbrauch gesamt	820.000 t _{atro} ¹	1.290.000 t _{atro}	
Brennholz aus der Forstwirtschaft	615.000 t _{atro} ²	965.000 t _{atro} ²	675.000 t _{atro}

1 Umrechnungsfaktoren: 1 rm = 0,7 fm; 1 fm = 0,44 t_{atro} (Umrechnung über Baumartenanteile und Raumdichte des Brennholzeinschlags in Bayern)

2 Ca. 75% des verbrauchten Brennholzes stammt aus der Forstwirtschaft [vgl. Hrubesch 1996].

Die Angaben von C.A.R.M.E.N. [1999], die auch dem Statistischen Jahrbuch zugrunde liegen, erscheinen überhöht. Es ist jedoch zu beachten, dass nach der Studie von Hrubesch [1996] in Bayern eine größere Anzahl von Haushalten Holz verbrennt (29,9% statt 21,5%) und außerdem dafür mehr Holz je Haushalt verbraucht wird als im Bundesdurchschnitt (ca. 2,7 rm statt 2,3 rm). Legt man diese Zahlen zugrunde, ergibt sich ein Brennholzverbrauch von 1,3 Mio. t_{atro}. Dem entspricht ein Brennholzanteil von 22,1% (statt 15,6%) am gesamten Einschlag.

Im Sinne einer vorsichtigen Potentialabschätzung werden die in Tabelle 7 angegebenen Werte zur weiteren Berechnung herangezogen. Es wird unterstellt, dass der prozentuale Anteil des Brennholzes auch bei einem höheren Einschlag gleich bleibt. Er ist somit eine Schätzgröße für qualitativ schlechtes Stammholz.

Schwachholz

Nüsslein [1996] errechnet ein potentielles Schwachholzaufkommen in Bayern von 6,0 Mio. Efm. Schwachholz wird dabei folgendermaßen definiert:

Tab. 9: Sortenklassen beim Schwachholz nach Nüsslein [1996]

Baumart	Klassen nach HKS	Mittendurchmesser
Fi/Ta/Dgl	H1/H2/IL	< ca. 21 cm
Kie/Lä	L1/IL	< 20 cm
Ei	L1/IL	< 20 cm

Bu/sLbh	L1/IL	< 20 cm
---------	-------	---------

In Anlehnung an die Studie von Haschke et al. [1993] wird das potentielle Schwachholzaufkommen in die Überlegungen miteinbezogen. Bei der aus Gründen des Waldbaus notwendigen Pflege junger Bestände stehen dem Waldbesitzer fünf Möglichkeiten offen:

- Wegen niedriger Preise und hoher Aufarbeitungskosten für Schwachholz auf jeglichen Eingriff verzichten. Diese Variante ist derzeit weit verbreitet.
- Wenn die Pflege der Bestände dringend geboten ist: Die Bäume fällen, aber nicht aufarbeiten. Das Holz verrottet im Wald.
- Aufarbeiten und Industrieholz aushalten.
- Ausschließlich Hackschnitzel bzw. Brennholz bereitstellen.
- Kombinierte Erzeugung von Industrieholz und Hackschnitzeln bzw. Brennholz.

Für welche Möglichkeit sich der Wirtschaftler entscheidet, hängt hauptsächlich von den erzielbaren Preisen für die Produkte und den Kosten der Aufarbeitung ab. Da sich die Marktsituation sehr schnell ändern kann, wird das gesamte Schwachholzaufkommen bei der Berechnung des theoretischen Energieholzpotentials berücksichtigt. Jedoch wird nicht verkannt, dass die Energieholzproduktion gegenüber der Stamm- bzw. Industrieholzaushaltung häufig nicht wirtschaftlich ist (s. Kap. 5.1.4.4).

5.1.1.2 Waldrestholz

Das Waldrestholz wird in folgende Komponenten eingeteilt:

1. Kronenderbholz (Durchmesser > 7 cm)
Beim Nadelholz fallen darunter die starken Äste, die vom Stamm abgetrennt werden und ein Teil der Krone. Wegen des hohen Entastungsaufwands und der schlechten Holzqualität werden diese Baumteile in der Regel nicht aufgearbeitet. Beim Laubholz werden die Starkäste wegen ihrer Krümmung und des großen Entastungsaufwands nur teilweise als Industrie- bzw. Brennholz genutzt.
2. Angefaulte oder stark fehlerhafte Stammabschnitte
3. Derbholz aus Jungbestandspflege und Jungdurchforstung
Aufgrund der geringen Stärke und der hohen Astigkeit der gefällten Stämme unterbleibt häufig die Aufarbeitung zu Industrieholz.
4. Reisig
Darunter werden dünne Äste (= Reisholz, Durchmesser unter 7 cm) und die anhaftenden Blätter bzw. Nadeln verstanden.
5. Stockholz
Dieses setzt sich aus dem oberirdisch verbleibenden Teil des Stammes und den Wurzeln zusammen.
6. Jährlich anfallende Nadeln und Blätter
7. Blüten und Fruchtstände
8. Rinde des Derbholzes.

Die unter Punkt 1.-3. genannten Mengen werden im Staatswald vom Revierleiter geschätzt und als "nicht verwertetes Holz" (NH) registriert. Der NH-Anteil liegt bei der Jungbestandspflege bei über 40% und, bezogen auf den gesamten Einschlag, bei 9% (StFoV 1993-1998 c). Knapp 50% des NH werden an Selbstwerber abgegeben, die es meist als Brennholz aufarbeiten (StFoV 1999 a). Die NH-Anteile liegen im Kommunal- und Privatwald deutlich tiefer. Nach Daten des Testbetriebsnetzes betragen diese in den Jahren 1993-1997 1,5% bzw. unter 1% [Eichhorn 1999]. Da einige Betriebe im Testbetriebsnetz überhaupt keinen NH-Anfall melden, dürften diese Zahlen das tatsächliche Aufkommen unterschätzen.

Für die Potentialabschätzung wurden folgende Annahmen getroffen:

- Im Staatswald bleibt auch bei einer den derzeitigen Einschlag übersteigenden Nutzung der NH-Anteil bezogen auf die Baumarten und die Regierungsbezirke gleich. Der von den Selbstwerbern genutzte Teil des NH wurde bereits bei der Abschätzung des Brennholzeinschlags berücksichtigt.
- Im Kommunal- und Privatwald werden beim zusätzlichen Einschlag über die heutige Nutzung hinaus dieselben NH-Anteile wie im Staatswald unterstellt.

Für die unter Nummer 4.-8. genannten Komponenten geben Dauber et al. [1979] Relativzahlen an, die sich auf die Trockenmasse des Derbholzes in Vfm beziehen (Tab. 10).

Tab. 10: *Relativzahlen bezogen auf das Trockengewicht des Derbholzes in Vfm nach Dauber et al. [1979]; die grau unterlegten Flächen wurden vom Autor verändert.*

	Fi/Ta/Dgl	Kie/Lä	Bu/sLbh	Ei
Reisholz	12,7%	14,7%	17,1%	11,0%
Laub/Nadeln in der Krone	7,9%	7,2%	0,0%	0,0%
Rinde des aufgearbeiteten Derbholzes	10,0%	12,0%	8,0%	12,0%
Prozentsatz des im Wald entrindeten Holzes	16,3%	9,3%	0%	0%
Stockholz	30,0%	25,0%	25,0%	25,0%
Blüten und Fruchtstände	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
jährlich anfallende Blätter/Nadeln	1,3%	1,8%	1,6%	1,5%

Für die vorliegende Studie wurden einige Zahlen geändert. Bei den Laubbäumen fällt kein Laub in der Krone an, da die Holzfällung vorwiegend im Winter stattfindet. Die Relativzahlen für den Rindenanteil werden zwar übernommen, doch wird immer mehr Nadelholz direkt beim Holzverarbeiter ("Werksentrindung") entrindet. Laubholz wird grundsätzlich in Rinde verkauft. Diese Rindenmengen werden daher dem Industrierestholzpotential zugerechnet. Die angegebenen Prozentzahlen wurden aus der Holzpreisstatistik der Bayerischen Staatsforstverwaltung (StFoV 1996-1998 b) und aus Daten des Testbetriebsnetzes [1995-1997; Eichhorn 1999] abgeleitet. Im Prinzip äußern sich Dauber et al. [1979] nicht zu der Menge der jährlich anfallenden Blätter bzw. Nadeln, sondern nur zu deren Anteil in der Krone. Dies entspricht bei den Laubbäumen auch dem jährlichen Anfall an Blättern. Bei den Nadelbäumen muss dagegen die Anzahl der Nadeljahrgänge berücksichtigt werden (Fi: 6, Kie: 4 Jahrgänge).

5.1.2 Theoretisches Potential

Die Sortimente NH, Brennholz und Schwachholz überlappen sich teilweise und bilden eine gemeinsame Schnittmenge. Dies erschwert die Abschätzung des theoretischen Potentials. Folgende Annahmen werden getroffen: Das Brennholz wird zur Hälfte aus Schwachholz hergestellt. Das nicht als Brennholz aufgearbeitete NH ist ausschließlich Schwachholz. Brennholz und NH werden in das Potential voll eingerechnet. Das Schwachholzaufkommen wird entsprechend reduziert. Somit errechnet sich ein Potential von 9,3 Mio. t_{atro}/a . Dies entspricht einem hektarbezogenen Einschlag von $3,92 t_{atro}/(ha*a)$.

Wie aus Abbildung 4 zu entnehmen ist, setzt sich das theoretische Potential hauptsächlich aus den Größen Stockholz (30,1%), Schwachholz (24,7%), Kronenholz (21,5%) und Brennholz (17,2%) zusammen.

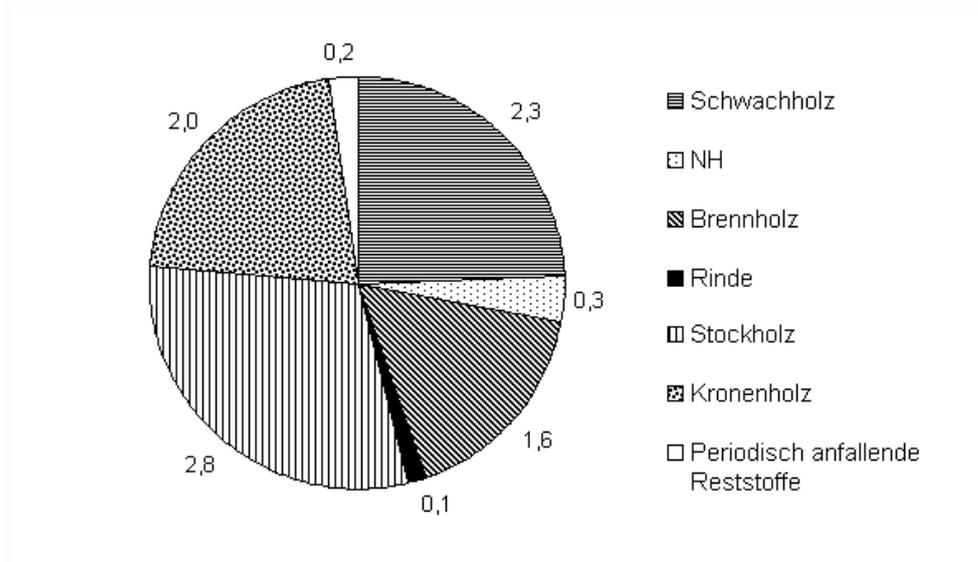


Abb. 4: Theoretisches Waldenergieholzpotential in Bayern in Mio. t_{atro}/a

5.1.3 Technisches Potential

Aus erntetechnischen und vor allem ökologischen Gründen kann das theoretische Potential nicht voll ausgeschöpft werden. Wie in Abbildung 5 dargestellt, enthalten gerade die **Nadeln** und **Blätter** ebenso wie die **Blüten** und **Fruchtstände** einen großen Anteil der Nährstoffe. Will man einen langfristig dem Effekt der früheren Streunutzung gleichkommenden Nährstoffentzug und die Devastierung der Waldböden vermeiden, scheidet eine energetische Nutzung dieser Kompartimente aus.

Auf Grund der Ziele einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung muss auch die **Reisignutzung** eingeschränkt werden. Dauber et al. [1979] schließen auf durchlässigen armen Böden und Hängen mit einer Neigung > 15° eine Reisignutzung aus. Aus der Sicht der Autoren sind dies Minimalforderungen, um die Nachhaltigkeit der Bodennutzung nicht zu gefährden. Anhand der Auswertung der bayerischen Waldinventur von 1970/71 errechneten die genannten Autoren für alle Forstdirektionen entsprechende Restriktoren (s. Kap. 10.2).

Eine Stockrodung lässt sich nur bei Kahlschlägen ohne vorhandene Naturverjüngung praktisch durchführen. Eine flächendeckende Befahrung des Waldbodens mit schweren Maschinen ruft zudem gravierende Schäden am Bodengefüge hervor. Auf die Nutzung von **Stockholz** ist daher unabhängig von den Kosten zu verzichten.

In den **Nationalparken** Bayerischer Wald und Berchtesgaden sowie den **Naturwaldreservaten** der Staatsforstverwaltung darf überhaupt kein Holz genutzt werden. Die produktive Waldfläche reduziert sich somit um 1,6%.

Während der bayerischen Waldinventur 1970/71 wurde für jeden Probepunkt festgestellt, ob grundsätzlich eine **Bringung des Holzes** möglich ist. Die absolut unbringbaren Lagen nehmen einen Anteil von 0,68% an der Waldfläche ein [Franz u. Kennel 1973].

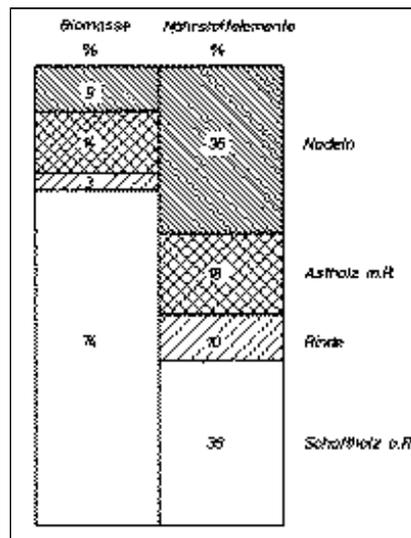


Abb. 5: Prozentuale Verteilung der Biomasse sowie der

Nährstoffelemente (N, P, K, Ca, Mg) auf die oberirdischen Baumkomponenten in einem vierzigjährigen Fichtenbestand [Kramer 1988]

In Abbildung 6 ist das technische Potential getrennt nach Regierungsbezirken und Baumarten aufgetragen. Nur 59% des theoretischen Potentials können genutzt werden. **Dies entspricht einer Nutzung von 2,31 t_{atro}/(ha*a)**. Annähernd 50% des Potentials wird von der Baumartengruppe Fi/Ta/Dgl beigesteuert. In Oberbayern könnte mit 1,32 Mio. t_{atro}/a die größte Masse an Energieholz genutzt werden. In Mittel- und Oberfranken ist das Potential wegen der geringen Waldfläche und des unterdurchschnittlichen Fichtenanteils am niedrigsten. Bezogen auf den Hektar Waldfläche könnte in Schwaben am meisten Energieholz verwertet werden.

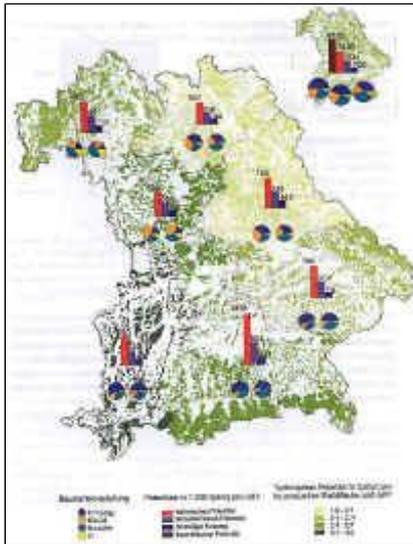


Abb. 6: Waldenergiepotentiale auf der Basis des nachhaltig möglichen Einschlags von 18 Mio. fm/a und die derzeitige Nutzung, gegliedert nach Regierungsbezirken und Baumarten

Legt man den **derzeitigen Einschlag** von knapp 10 Mio. fm/a der Abschätzung zugrunde, könnten in Bayern neben den 675.000 t_{atro} Brennholz im Jahr zusätzlich noch 748.000 t_{atro} Energieholz produziert werden. Ca. 60% des technischen Potentials würden auf die Baumarten Fi/Ta/Dgl entfallen (Abb. 7).

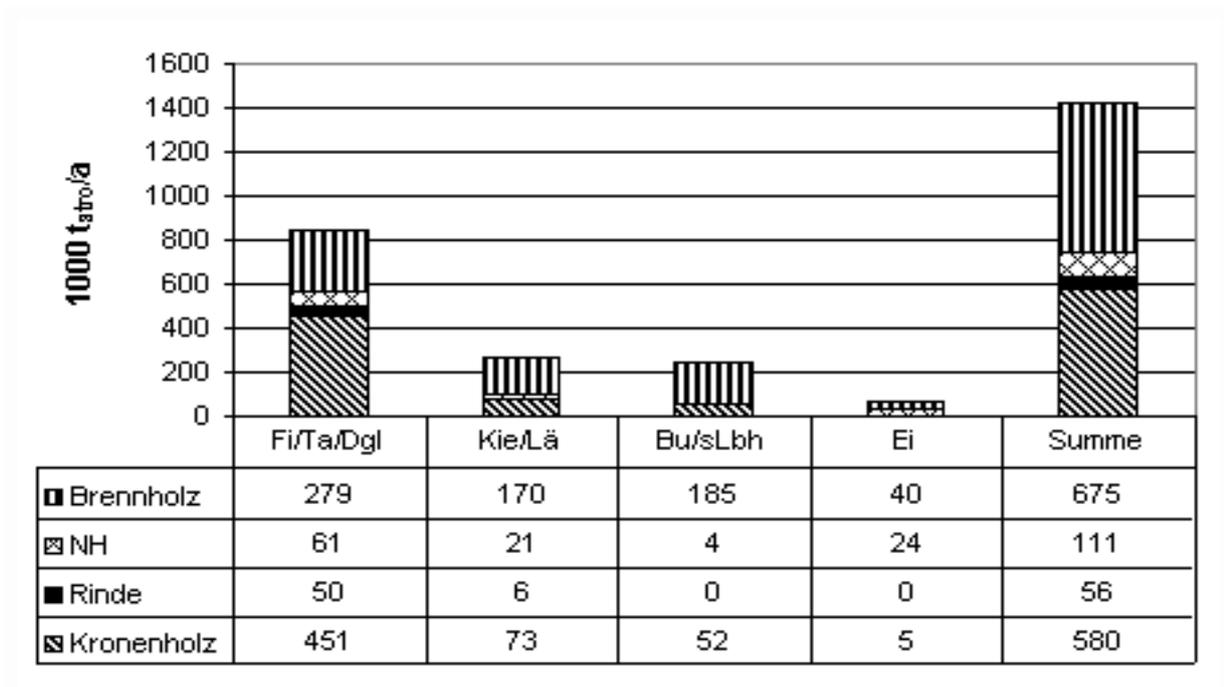


Abb. 7: Technisches Potential für Waldenergieholz, bezogen auf den derzeitigen Rohholzeinschlag

5.1.4.5 Massenpotential und Restriktoren

Unter Berücksichtigung der oben genannten Überlegungen werden zur Berechnung des wirtschaftlichen Potentials folgende Annahmen getroffen:

- In Beständen mit einer Hangneigung von <30% werden 66%, bei einer Hangneigung von >30% nur 33% des technischen Potentials ausgeschöpft. Die dafür notwendigen Flächendaten stehen über die Bundeswaldinventur zur Verfügung [Krüger et al. 1994].
- Es wird kein Fichten-Schwachholz gehackt. Nur das Kiefern-Industrieholz wird im wirtschaftlichen Potential berücksichtigt. Das Laub-Schwachholz steht mit den oben genannten Einschränkungen für die energetische Nutzung zur Verfügung.

Diese Annahmen sind sehr grobe Schätzungen, da vor allem im Privatwald das Rohholzpotential nur sehr gering ausgeschöpft wird. Nach der Studie von Nüsslein [1996] könnten 8,6 fm/(ha*a) genutzt werden. Derzeit wird der jährliche Einschlag jedoch auf nur 3,5 fm/ha geschätzt. Inwieweit dieses Potential bei höheren Holzerlösen mobilisiert werden kann, ist unklar und Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen.

Das **wirtschaftliche Potential** beträgt **2,5 Mio. t_{atro}/a** (s. Abb. 6) ([siehe 23](#)). In Oberbayern führt der höhere Anteil der steilen Lagen zu der stärksten Verringerung des technischen Potentials. 39,5% des Energieholzes wird aus Bu/sLbh gewonnen, der Anteil von Fi/Ta/Dgl beträgt 36,4%. Das Potential besteht zu:

- 37% aus Brennholz
- 31% aus Kronenholz
- 22% aus Schwachholz
- 8% aus NH
- 3% aus Rinde

Legt man wie beim technischen Potential den **derzeitigen Einschlag** für die Abschätzung des wirtschaftlichen Potentials zu Grunde, müssen die Annahmen noch weiter vereinfacht werden. Es ist nicht bekannt, bis zu welcher Hangneigung das Holz gewonnen wird. Es wird unterstellt, dass wirtschaftlich 60% der Kompartimente "Rinde", "NH" und "Kronenholz" des technischen Potentials genutzt werden können. Das Kompartiment "Brennholz" wird nicht verringert, da es die tatsächliche derzeitige Nutzung angibt. Das **wirtschaftliche Potential, bezogen auf den derzeitigen Einschlag**, beträgt somit **1.124.000 t_{atro}/a**.

23 Zu den hektarbezogenen Werten siehe Kapitel 6.6.1

5.1.4 Wirtschaftliches Potential

Zur Abschätzung des wirtschaftlichen Potentials werden zuerst die Kosten der Aufarbeitung von Brennholz und Hackschnitzeln betrachtet und der Erlössituation gegenübergestellt. Anschließend wird der Industrieholzmarkt als der wichtigste Konkurrenzmarkt untersucht. Mit Hilfe dieser Daten lässt sich dann das wirtschaftliche Potential ermitteln.

5.1.4.1 Kosten der Aufarbeitung

Brennholz

Die Kosten für die Aufarbeitung von Brennholz wurden im Anhalt an die Lehr- und Beratungshilfe der Staatlichen Führungsakademie für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten berechnet [Stmelf 1996]. Dabei wurden folgende Annahmen getroffen:

- Motormanuelle Aufarbeitung im Schwachholz entsprechend der Schichtholzaufarbeitung im EST
- Lohnkosten: 18,- DM/h inkl. Lohnnebenkosten ([siehe 14](#))
- Rücken, Transport und Lagerung: 20,- bis 25,- DM/rm [Stmelf 1996; Ebert 1980].

Die Kosten schwanken dabei je nach BHD des ausscheidenden Bestandes zwischen 40,- und 70,- DM/rm (Abb. 8).

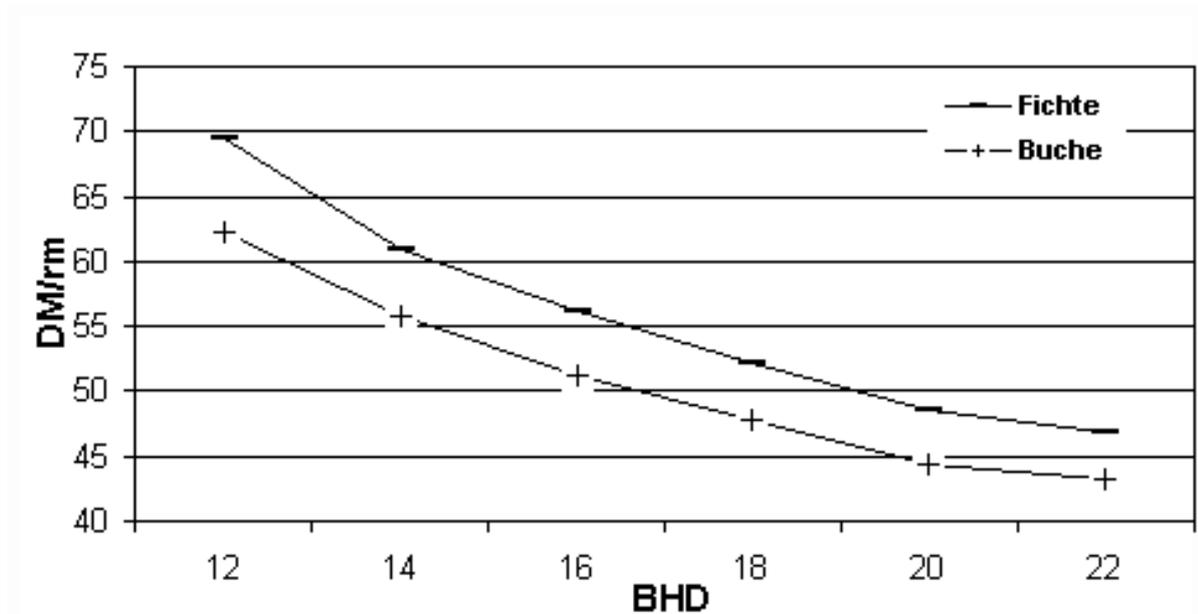


Abb. 8: Kosten der Bereitstellung von ungespaltenem Meterholz

Die Kosten der zusätzlichen Teilarbeiten Spalten und Einschneiden in ofenfertige Längen werden bei einem Rollendurchmesser von 15 cm mit 29,- DM/rm kalkuliert [Stmelf1996]. Hartmann und Madeker [1997] stellten bei einer telefonischen Umfrage folgende Mehrpreise fest: Die befragten Landwirte berechneten 1996 für gespaltene Ware bei Hartholz 9,-DM/rm und bei Weichholz 7,- DM/rm mehr als für ungespaltene Ware. Der Mehrpreis für 33-cm-Scheite betrug im Mittel 14,60 DM/rm, für 25-cm-Scheite 18,60 DM. Diese Mehrpreise liegen somit unterhalb der kalkulierten Mehrkosten für diesen Aufarbeitungsschritt.

Die hier angegebenen Kosten sind durch Rationalisierungsmaßnahmen sicherlich zu reduzieren. In einem solothurnischen Forstrevier wird z.B. die gespaltene Meterware in einem speziellen Stahlrahmen, der genau einen Raummeter fasst, aufgeschichtet. Die notwendigen Trennschnitte werden dann einfach mit der Motorsäge erledigt [Breitenstein 1996]. Auch der Einsatz von Brennholzautomaten, die Holz variabler Länge einschneiden, spalten und evtl. bündeln, reduziert Kosten. So konnte bei der Herstellung von ofenfertigen 33-cm-Scheiten der Aufwand gegenüber einem motormanuellem Verfahren um ein Drittel gesenkt werden [Werder 1999].

Hackschnitzel

Die Kosten für die Produktion von Hackschnitzeln müssen differenziert nach der Nutzungsart betrachtet werden.

Herstellung von Hackschnitzeln bei der Jungdurchforstung

Für diesen Bereich existieren bereits viele Untersuchungen. Da die Bereitstellungskosten in älteren meist über denen in neueren Studien liegen [Bemmann et al. 1996], wurde in Abbildung 9 nur aktuelle Literatur berücksichtigt. Darin werden außerdem die Kosten BHD-abhängig nachgewiesen. Die zugrundeliegenden Arbeitsverfahren und die von den Autoren kalkulierten Lohnkosten können Tabelle 11 entnommen werden.

??? Arbeitszeitstudie

Vollbaum

? Bemmann et al. 1996

+ Haschke et al. 1993

----- Berechnung

Rohschaft

? Remler et al. 1999

5 Feller et al. 1998

Kronenholz/Erdstammstücke

! Corda 1999

s Remler u. Fischer 1996

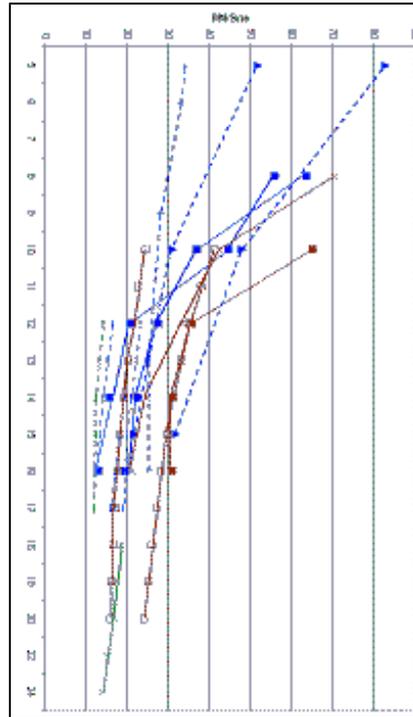


Abb. 9: Kosten bei der Hackschnitzelaufarbeitung

Tab. 11: Grundlegendaten für Abbildung 9

Quelle	Angesetzte Lohnkosten	(günstigste) Variante
Remler et al. 1999	40,- DM/h	motormanuelles Fällen und Aufarbeiten, Rücken mit Zange bzw. Seilwinde
Corda 1999	32,- DM/h	motormanuelles Fällen, Vorrücken mit Pferd, Hacken mit Anbauhacker auf der Rückegasse
Feller et al. 1998	43,- DM/h	vollmechanisiert mit Hackschnitzelharvester
Remler u. Fischer 1996	18,- DM/h (Landwirte) 40,- DM/h (Unternehmer)	motormanuelles Fällen, Vorrücken mit Hand, Hacken mit Anbauhacker auf der Rückegasse
Bemmann et al.	16,- DM/h	nach Harvestereinsatz Hacken

1996	(Landwirte) 31,- DM/h (Unternehmer)	auf der Rückegasse
Haschke et al. 1993	?	motormanuelles Fällen, Vorrücken mit Pferd, Hacken mit Anbauhacker auf der Rückegasse

Sehr kostengünstige Varianten berechneten Bemmann et al. [1996] mit Hilfe von EST-Tabellen, Literaturdaten und örtlichen Erfahrungswerten von Unternehmern. In dieser Größenordnung liegen auch die Ergebnisse einer Arbeitsstudie in einem Kiefern-Lärchen-Laubholz-Bestand von Remler et al. [1999]. Zukunftsweisende Verfahren, die in fast allen Untersuchungen zu den geringsten Kosten führen:

- Im Kleinprivatwald ist wegen der geringen Lohnkosten ein gering mechanisiertes Verfahren (motormanuelles Fällen, Vorrücken mit Pferd bzw. von Hand, Hacken mit Anbauhacker auf der Rückegasse) sinnvoll.
- Ansonsten erscheint die abgestimmte Kombination von Harvestereinsatz in der Durchforstung und Hacken auf der Rückegasse wegen des konzentrierten Hackmaterialanfalls sehr günstig.

Herstellung von Hackschnitzeln bei der Altdurchforstung

Zu den Produktionskosten in Altdurchforstungen gibt es nur wenige Untersuchungen. Es wird mit folgenden Mehr- bzw. Minderkosten gegenüber der Aufarbeitung in der Jungdurchforstung gerechnet (Tab. 12):

Tab. 12: Mehr- bzw. Minderkosten bei der Gewinnung von Hackschnitzeln in der Altdurchforstung im Vergleich zur Jungdurchforstung

Quelle	Mehr- bzw. Minderkosten
Bemmann et al. 1996	-2,- bis 0,- DM
Haschke et al. 1993	0,- bis +2,- DM

Herstellung von Hackschnitzeln bei der Endnutzung

Bei der Endnutzung muss häufig aus Forstschutzgründen (Borkenkäfer!) bzw. zur Förderung der Verjüngung der Schlagabraum beseitigt oder konzentriert werden. Die Bayerische Staatsforstverwaltung gab z.B. 1997 1,1 Mio. DM für die Schlagräumung aus (StFoV 1998 c). Die Produktion von Hackschnitzeln kann in dieser Phase sehr kostengünstig vorgenommen werden. Falls der Schlagabraum schon auf Wällen konzentriert ist, entstehen nur Kosten für das Hacken. Ist das Material noch nicht vorkonzentriert, können die Gesamtkosten kalkulatorisch in die Teile "Kosten für die Schlagräumung" und "Kosten für die Produktion der Hackschnitzel" geteilt werden. Der Forstbetrieb müsste einem Hackschnitzel-Selbstwerber die Teilarbeit Schlagräumung vergüten. Fichtner [1999] rechnet z.B. mit einer Gutschrift von 12,- DM/Srm. Die Kosten für Hackschnitzel aus Kronenmaterial, das bei Endnutzungen bzw. Altdurchforstungen anfällt, belaufen sich auf 14,- bis 26,- DM/Srm (Tab. 13).

Tab. 13: Kosten der Aufarbeitung von Fi(Kie)-Kronen in der Altdurchforstung bzw. Endnutzung

Quelle	Kosten [DM/Srm]	Verfahren	Aufarbeitungsgrenze	Aufarbeitung von Astmaterial
Bielmeier 1999	22,60 ¹	Rücken mit Seilschlepper, Hacken auf der Waldstraße	10 cm	nein

Bielmeier 1999	a) 15,60 ¹ b) 16,00 ¹	Rücken mit Forwarder, Hacken auf der Waldstraße	10 cm 20 cm	ja
Fichtner 1999	26,30 ²	Hacken auf der Rückegasse	unterschiedlich	ja
Schneider et al. 1993	18,00 ³	Vorliefern mit Seil, Rücken mit Zangenschlepper, Hacken auf der Waldstraße	20 cm	nein

1 Kalkulierte Hackkosten 10,- DM/Srm

2 Diese Kosten wurden innerhalb eines Pilotversuchs gemessen. Eine Optimierung des Produktionsprozesses (z.B. Liegenlassen einzelner Äste) soll zu einer Senkung der Kosten auf 14,- DM/Srm führen.

3 Das Hacken kostete 10,10 DM/Srm.

14 Lohnkostenansatz für Familienarbeitskräfte im Privatwald entsprechend der Studien von Remler und Fischer [1996] sowie Bemann et al. [1996]

5.1.4.2 Erlöse für Waldenergieholz

Die Preise, die für unterschiedliche Aufarbeitungsformen von Brennholz bezahlt werden, sind aus Abbildung 10 ersichtlich. Mit zunehmender Aufarbeitungsstufe werden höhere Erlöse erzielt, wobei Weichholz 20,- bis 30,- DM/rm billiger als Hartholz ist.

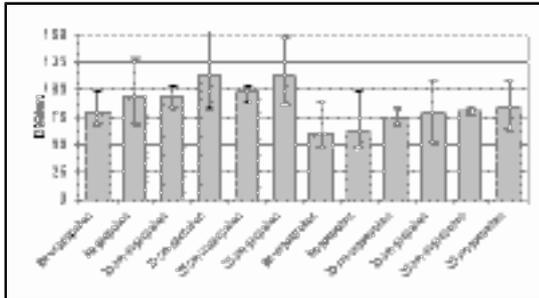


Abb. 10: Preise für Brennholz (frei Haushalt) nach Hartmann u. Madeker [1997]

18 der befragten Heiz(kraft)werke rechnen die Waldhackschnitzel über die Menge, 27 über das Gewicht und 7 über die erzielte Feuerungsleistung ab. Im Durchschnitt bezahlen die Betreiber 24,- DM/Srm, 89,- DM/t_{30%} bzw. 41,- DM/MWh (Abb. 11).

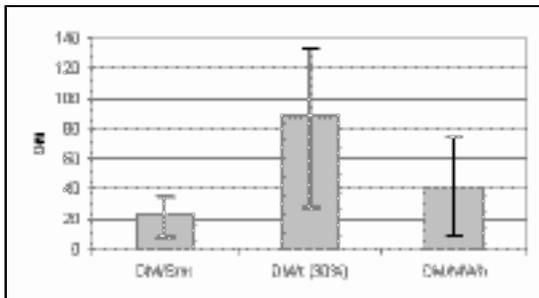


Abb. 11: Preise für Waldhackschnitzel (frei Werk) nach Remler et al. [1999]; Hartmann u. Madeker [1997] und eigenen Erhebungen

Um die genannten Preise besser vergleichen zu können, werden unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Holzfeuchten heizwertbezogene Brennstoffpreise errechnet (Abb. 12). Die Preise für Hart- und Weichholz unterscheiden sich nur noch in geringem Maße. Der Erlös für Hackschnitzel liegt jedoch deutlich unter den Brennholzpreisen.

DM/MWh

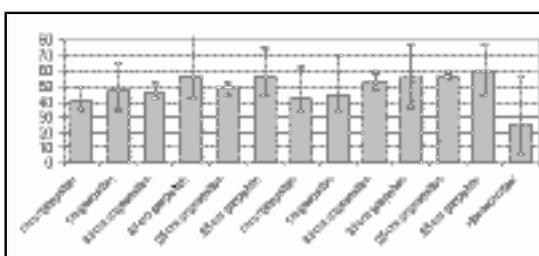


Abb. 12: Heizwertbezogene Preise von Brennholz und Hackschnitzeln

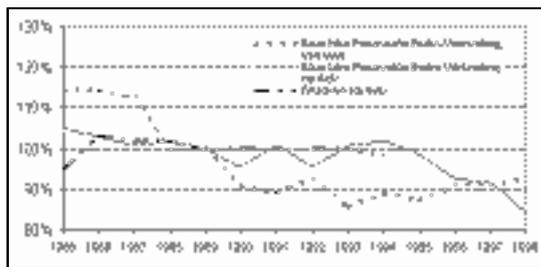


Abb. 13: Preisentwicklung von Brennholz 1985-1998 nach Hercher [1999], Hercher et al. [1995; 1997] und Österreichische Forstzeitung [1986-1995]; das Bezugsjahr ist 1989. Basispreise: Bäuerlicher Privatwald Baden-Württemberg Weichholz: 55,- DM/fm, Hartholz: 96,- DM/fm; Österreich Hartholz: 80,- DM/fm

Mangels bayerischer Zahlen wird die Entwicklung der Brennholzpreise seit 1985 anhand benachbarter Länder dargestellt. Wie aus Abbildung 13 ersichtlich, weisen die Brennholzpreise seit 1985 eher einen Abwärtstrend auf. Die Preise für Weichholz brachen in Baden-Württemberg im Zeitraum 1987-1990 ein, der Hartholzpreis gab erst in den letzten drei Jahren deutlich nach. Die Preise schwanken jedoch viel geringer als beim Industrieholz (siehe folgendes Kapitel). Diese Entwicklungen lassen sich nicht direkt auf Bayern übertragen.

5.1.4.3 Industrieholzmarkt

Wie schon in Kapitel 5.1.1.1 dargestellt, beeinflussen die Erlöse für Industrieholz maßgeblich die Entscheidung des Wirtschafters, ob Hackschnitzel produziert werden sollen oder nicht. Abbildung 14 enthält die Entwicklung der Industrieholzpreise seit 1980. Deutlich zu erkennen ist der Preisrückgang zu Beginn der neunziger Jahre als Folge der Stürme Vivian und Wiebke. Die Preise für Fichten-Industrieholz sind nach dem starken Einbruch der Kiefernpreise ungefähr doppelt so hoch wie die der anderen Baumarten.

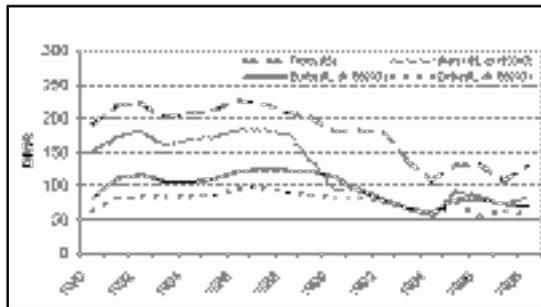


Abb. 14: Entwicklung der Industrieholzpreise der Bayerischen Staatsforstverwaltung 1980-1998 (StFoV 1981-1999 b)

Die Preisentwicklung in den nächsten Jahren kann bei aller gebotenen Vorsicht wie folgt

eingeschätzt werden: Wegen Kapazitätserweiterungen der Zellstoff-, Papier- und Holzwerkstoffindustrie wird nach Angaben des VDP (1999 a) [\(siehe 14\)](#) bis 2001 in Deutschland die Nachfrage nach Industrieholz, Industrierestholz und Altholz um 8,2 Mio. fm steigen. Folgende Großprojekte der holzbearbeitenden Industrie werden die Nachfrage in Bayern beeinflussen [Remler u. Achhammer 1999]:

- Inbetriebnahme eines MDF-Werkes der Firma Kaindl, Salzburg (Okt./Nov. 1999),
- Inbetriebnahme eines Spanplattenwerks der Firma Kunz, Ebersdorf-Friesau (Nov. 1999),
- Aufstockung der Verarbeitungskapazität bei ZPR, Blankenstein, um 600.000 fm (Nov. 1999),
- Aufstockung der Verarbeitungskapazität bei Haindl-Papier, Augsburg, um 250.000 fm (Juni 2000).

Eine Konsolidierung der Preise kann somit erwartet werden.

Der Absatz von Laubindustrieholz bleibt jedoch weiter schwierig. Die Holzwerkstoffindustrie akzeptiert momentan nur einen Anteil von 33% Laubindustrieholz an der Liefermenge [Remler u. Achhammer 1999].

15 In Kapitel 5.3 wird der Holzverbrauch der Zellstoff-, Papier- und Holzwerkstoffindustrie genauer aufgezeigt.

5.1.4.4 Wirtschaftlich sinnvolle Produktausformungen

Die Wirtschaftlichkeit der unterschiedlichen Produktausformungen von schwachem Waldholz wird über einen Vergleich der Deckungsbeiträge beurteilt. Hierbei werden nur Erntekosten und Erlöse berücksichtigt (erntekostenfreier Erlös):

Deckungsbeitrag = Erlös - Erntekosten

Industrieholznutzung oder Hackschnitzelproduktion?

Ein direkter Vergleich der beiden Varianten über mengenbezogene Erlös- und Kostenangaben (DM/t_{atro}, DM/fm, DM/Srm) ist nicht zielführend, da die mögliche Mehrausbeute bei der Produktion von Hackschnitzeln zusätzlich berücksichtigt werden muss. Dies verdeutlicht folgendes Beispiel: Gegeben sei ein Hieb mit einem Industrieholzanfall von 100 fm. Bei alternativer Hackschnitzelgewinnung ergäbe sich eine Erntemenge von 414 Srm [Schneider et al. 1993]. Mit den in Tabelle 14 aufgezeigten Kosten und Erlösen errechnet sich für die Hackschnitzelnutzung ein um 33,- DM höherer Deckungsbeitrag. Die Ursache hierfür liegt in der Mehrausbeute (im Beispiel: 70 fm), die bei der Hackschnitzelnutzung erzielt werden kann. Umgerechnet auf den Erntefestmeter wird dabei zwar ein geringerer Ertrag erwirtschaftet, dafür kann aber mehr Holz verwertet werden.

Tab. 14: Berechnung des Deckungsbeitrags einer Nutzung von Industrieholz bzw. von Waldhackschnitzeln¹

	Industrieholz		Waldhackschnitzel	
Erntemenge	100 fm		414 Srm = 170 fm ²	
	Gesamt	je fm	Gesamt	je Srm
Kosten Aufarbeiten + Rücken	6.140,- DM	61,40 DM	4.202,- DM	10,15 DM
Kosten Hacken			3.312,- DM	8,00 DM
Kosten Transport			2.070,- DM	5,00 DM ³
Gesamtkosten	6.140,- DM	61,40 DM	9.584,- DM	23,15 DM
Erlöse	6.500,- DM	65,00 DM	9.977,- DM	24,10 DM
Erntekostenfreier Erlös	360,- DM	3,60 DM	393,- DM	0,95 DM
				= 2,31 DM/fm ⁴

1 Die Zahlen für die Erntemengen wurden leicht verändert der Studie von Schneider et al. [1993] entnommen.

Die Kosten und Erlöse wurden aktualisiert.

2 Die 414 Srm wurden von Schneider et al. [1993] gemessen. Mit der üblichen Umrechnungszahl (1 fm = 2,43 Srm) ergibt sich die Menge von 170 fm.

3 Der Transport muss bei der Hackschnitzelnutzung berücksichtigt werden, da sich die Preise für Hackschnitzel in der Regel frei Werk verstehen.

4 Umrechnung: 1fm = 2,43 Srm

Die Höhe der Mehrausbeute wurde bisher nur in wenigen Untersuchungen genau bestimmt (Tab. 15). Sie resultiert nicht nur aus echter Mehrnutzung (Derbholz unterhalb der Aufarbeitungsschwelle und je nach Aufarbeitungsvariante Reisholz, Nadeln) sondern auch aus der forstlichen Abrundung (siehe 16) und dem Rindenabzug (siehe 16) beim Industrieholz. Besonders interessant ist die Feststellung von Feller et al. [1998], die für die Fichte mit Hilfe des Kalkulationsprogramms BDAT keinen gerichteten Zusammenhang zwischen dem BHD des Baumes und der Mehrausbeute im Verhältnis zur Erntemenge des

Industrieholzes fanden. Die Mehrausbeute schwankt dabei um einen Mittelwert von 64%.

Aufgrund dieser Erkenntnisse können die Mindestpreise (=Substitutionswerte) für Hackschnitzel ermittelt werden, die erzielt werden müssen, um denselben Deckungsbeitrag zu erwirtschaften wie eine alternative Industrieholznutzung ([siehe 18](#)).

Tab. 15: Mehrausbeute bei der Hackschnitzelgewinnung im Verhältnis zur Erntemenge bei Industrieholzaushaltung

Quelle	Baumart	mittlerer BHD	Mehrausbeute	Bemerkung
Feller et al. 1998	Fi	18,8 cm	65%	nur Rohschaft gehackt
	Fi	15,0 cm	87%	
	Fi	14,9 cm	77%	
	Fi	10-35 cm	64%	Berechnung für Rohschaft
Schneider et al. 1993	Fi (Kie)		90%	Kronenholz; Stammholz wurde bis Zopf 20 cm aufgearbeitet
Becker et al. 1986	Kie (Lä)	8 cm	104%	Mehrausbeute im Verhältnis zum aufgearbeiteten Derbholz (die Mehrausbeuten im Verhältnis zum Industrieholz dürften daher bei den letzten drei Angaben deutlich darüber liegen).
	Fi (Dgl)	10 cm	52%	
	Ei (Bi)	16 cm	39%	
	Ei (Bi)	18 cm	37%	
	Ei (Hbu, Li)	21 cm	33%	
Gerster 1999	Fi	14 cm	334%	Kronenholz mit Reisig, bei 11 cm gezopft Kronenholz ohne Reisig, bei 11 cm gezopft
	Fi	14 cm	99%	

Für die Berechnung der Substitutionswerte, die Abbildung 15 entnommen werden können, wurden folgende Annahmen getroffen:

- Nadel-(Laub-)Stammholz wird bis zu einem Zopf von 14 (20) cm ausgehalten.
- Bei der Produktion von Hackschnitzeln sind die Kosten für das Aufarbeiten geringer als beim Industrieholz. Dagegen stehen aber höhere Rückekosten. Für diese Aufarbeitungsschritte werden in beiden Verfahren gleich hohe Gesamtkosten unterstellt ([siehe 19](#)).
- Das Hacken beläuft sich auf 8,- DM/Srm, der Transport zum Heizwerk auf 5,- DM/Srm ([siehe 20](#)).

Die Mehrausbeute beeinflusst deutlich die Substitutionswerte für Waldhackschnitzel. Je größer die Mehrausbeute, desto niedriger sind die Substitutionswerte. So müssten z.B. bei einem Fichtenindustrieholzpreis von 140,- DM/t_{atro} ([siehe 21](#)) und einer Mehrausbeute von 50% zumindest 163,- DM/t_{atro} für die Hackschnitzel erzielt werden. Bei einer Mehrausbeute von 110% beträgt der Substitutionswert dagegen nur 136,- DM/t_{atro}.

Abb. 15: Substitutionswerte für Hackschnitzel im Vergleich zu Industrieholzpreisen bei unterschiedlich hohen Mehrausbeuten der Hackschnitzelnutzung. Die roten Linien verdeutlichen den Ableseweg für diese Graphiken am Beispiel der Industrieholzpreise, die die Bayerische Staatsforstverwaltung 1998 erzielte [StFoV 1998 b].

Bei den in Abbildung 15 dargestellten Substitutionswerten wurde die Annahme zugrunde gelegt, dass die Summe der Aufarbeitungs- und Rückekosten in beiden Verfahren gleich hoch ist. Wenn sich in der Praxis diese Kosten jedoch unterscheiden, muss für Vergleichsrechnungen eine gemeinsame Bezugsbasis gefunden werden. In der vorliegenden Studie wurde die Bezugsbasis "fm Industrieholz" gewählt. Wird Industrieholz ausgehalten, sind die Größen "Aufarbeitungskosten je fm" und "Rückekosten je fm"

bekannt. Bei der Hackschnitzelproduktion stehen zwei Wege zur Verfügung:

1. Der Praktiker leitet bei der Hackschnitzelnutzung die enthaltene Industrieholzmenge aus Erfahrungswerten ab.
2. Die Aufarbeitungs- und Rückekosten je Srm werden mit 2,43 vervielfacht (Umrechnung von Srm auf fm) und außerdem mit 1 + Mehrausbeute multipliziert.

So kann man den Kostenunterschied (siehe 22) je fm Industrieholz zwischen den beiden Produktionsvarianten für die Teilarbeiten Aufarbeiten und Rücken bestimmen. Diese Vorgehensweise wird am oben genannten Beispiel (Tab.14) verdeutlicht:

Kosten für Aufarbeiten und Rücken bei der **Hackschnitzelproduktion** (Werte aus Tab. 14):

$$\underbrace{\frac{4.202 \text{ DM}}{100 \text{ fm Industrieholz}}}_{\text{Weg 1}} = 42,02 \frac{\text{DM}}{\text{fm}} \approx \underbrace{10,15 \frac{\text{DM}}{\text{Srm}} \times 2,43 \frac{\text{Srm}}{\text{fm}} \times (1 + 0,7)}_{\text{Weg 2}}$$

Die Kosten für Aufarbeiten und Rücken bei der **Industrieholznutzung** betragen 61,40 DM/fm. Der Kostenunterschied zwischen beiden Verfahrensvarianten beträgt 19,38 DM/fm zugunsten der Hackschnitzelbereitstellung.

In der folgenden Tabelle wird dargestellt, wie die Substitutionswerte der Abbildung 15 bei einer Änderung des Kostenunterschieds um eine Einheit (1,- DM/fm) zunehmen.

Tab. 16: Erhöhung des Substitutionswertes für Hackschnitzel bei einem Kostenunterschied der Aufarbeitungsvarianten von 1,- DM/fm

Baumart	Mehrausbeute			
	20%	50%	80%	110%
Fichte		1,47 DM/t _{atro}	1,22 DM/t _{atro}	1,05 DM/t _{atro}
Kiefer		1,40 DM/t _{atro}	1,17 DM/t _{atro}	1,00 DM/t _{atro}
Buche	1,25 DM/t _{atro}	1,00 DM/t _{atro}	0,83 DM/t _{atro}	
Eiche	1,17 DM/t _{atro}	0,93 DM/t _{atro}	0,78 DM/t _{atro}	

In Tabelle 17 werden die Ergebnisse der Tabelle 16 mit denen der Abbildung 15 verknüpft. Die Mehrausbeute wurde gemäß Tabelle 15 für Nadelholz mit 80% und für Laubholz mit 50% des Industrieholzes unterstellt. Nach dieser Kalkulation wäre es sinnvoller, bei den Baumarten Kiefer, Buche und Eiche anstatt des Industrieholzes nur Hackschnitzel zu produzieren. Für die Fichte trifft dies erst ab einem Kostenunterschied von ?13,50 DM zu.

Tab. 17: Substitutionswerte für Waldhackschnitzel bei den Industrieholzpreisen von 1998; bei den grau hinterlegten Zahlen ist der Substitutionswert geringer als der durchschnittlich erzielbare Preis für Waldhackschnitzel in Bayern von 129,- DM/t_{atro}.

Baumart	Mehrausbeute	Industrieholzpreise 1998	Substitutionswerte			
			Kostenunterschied			

			- 20 DM/fm	- 10 DM/fm	0 DM/fm	+ 10 DM/fm
Fichte	80%	136 DM/t _{atro}	121 DM/t _{atro}	133 DM/t _{atro}	145 DM/t _{atro}	157 DM/t _{atro}
Kiefer	80%	84 DM/t _{atro}	90 DM/t _{atro}	101 DM/t _{atro}	113 DM/t _{atro}	125 DM/t _{atro}
Buche	50%	69 DM/t _{atro}	73 DM/t _{atro}	83 DM/t _{atro}	93 DM/t _{atro}	103 DM/t _{atro}
Eiche	50%	58 DM/t _{atro}	64 DM/t _{atro}	74 DM/t _{atro}	83 DM/t _{atro}	92 DM/t _{atro}

Brennholz oder Hackschnitzel?

Die Entscheidung "Brennholz oder Hackschnitzel" fällt im Bereich des Kronen- bzw. Schwachholzes aus denselben Überlegungen wie oben zugunsten der Hackschnitzelproduktion aus. Bei der Nutzung starker Stammabschnitte (faule Erdstammstücke, qualitativ ungenügende Stämme) kann wegen technischer Probleme (Einzugsgröße der Hackaggregate; ungenügende Leistung des Antriebs, die bei starkem oder hartem Holz die Gefahr des Blockierens der Trommel erhöht) die Brennholzproduktion die bessere Alternative sein.

Ist die Hackschnitzelherstellung insgesamt rentabel?

Legt man den Durchschnittserlös frei Werk von 24,- DM/Srm (s. Kap. 5.1.4.2) und Kosten von 5,- DM/Srm für 30 km Transport zugrunde, darf die Produktion der Hackschnitzel nur 19,- DM/Srm kosten. Dies kann bei den derzeitigen Rahmenbedingungen nur erreicht werden, wenn die Hackschnitzel bei optimaler Arbeitsorganisation in höher mechanisierten Verfahren produziert werden oder bei anderen Verfahren günstige Arbeitskosten im Privatwald zu Grunde gelegt werden. Unabhängig davon kann die Hackschnitzelproduktion aus waldbaulichen bzw. Forstschutzgründen trotz eines negativen Deckungsbeitrags die sinnvollste Nutzungsvariante sein (s. Kap. 5.1.4.1).

16 Bei der Bestimmung der Durchmesser wird grundsätzlich auf den ganzen Zentimeter abgerundet. Schichtholz erhält bei jedem Aufsetzen ein Höhenübermaß von mindestens 4 Prozent (HKS).

17 Die Rinde wird beim Industrieholz mitgemessen, in der Abrechnung jedoch nicht berücksichtigt.

18 Die Formel zur Berechnung siehe Kapitel 10.3.

19 Diese Annahme wird weiter unten aufgegeben.

20 Kalkulationswerte in Anlehnung an Remler et al. [1999], Remler und Fischer [1996] und Bemann et al. [1996]. Der Transport muss bei der Hackschnitzelnutzung berücksichtigt werden, da sich die Preise immer frei Werk verstehen.

21 Preisniveau 1998 [StFoV 1998 b]

22 Kostenunterschied = Kosten für Aufarbeiten und Rücken des Ausgangsmaterials für die Hackschnitzel minus die Kosten für Aufarbeiten und Rücken des Industrieholzes. Bezugsbasis ist dabei der fm Industrieholz

5.1.4.5 Massenpotential und Restriktoren

Unter Berücksichtigung der oben genannten Überlegungen werden zur Berechnung des wirtschaftlichen Potentials folgende Annahmen getroffen:

- In Beständen mit einer Hangneigung von <30% werden 66%, bei einer Hangneigung von >30% nur 33% des technischen Potentials ausgeschöpft. Die dafür notwendigen Flächendaten stehen über die Bundeswaldinventur zur Verfügung [Krüger et al. 1994].
- Es wird kein Fichten-Schwachholz gehackt. Nur das Kiefern-Industrieholz wird im wirtschaftlichen Potential berücksichtigt. Das Laub-Schwachholz steht mit den oben genannten Einschränkungen für die energetische Nutzung zur Verfügung.

Diese Annahmen sind sehr grobe Schätzungen, da vor allem im Privatwald das Rohholzpotential nur sehr gering ausgeschöpft wird. Nach der Studie von Nüsslein [1996] könnten 8,6 fm/(ha*a) genutzt werden. Derzeit wird der jährliche Einschlag jedoch auf nur 3,5 fm/ha geschätzt. Inwieweit dieses Potential bei höheren Holzerlösen mobilisiert werden kann, ist unklar und Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen.

Das **wirtschaftliche Potential** beträgt **2,5 Mio. t_{atro}/a** (s. Abb. 6) ([siehe 23](#)). In Oberbayern führt der höhere Anteil der steilen Lagen zu der stärksten Verringerung des technischen Potentials. 39,5% des Energieholzes wird aus Bu/sLbh gewonnen, der Anteil von Fi/Ta/Dgl beträgt 36,4%. Das Potential besteht zu:

- 37% aus Brennholz
- 31% aus Kronenholz
- 22% aus Schwachholz
- 8% aus NH
- 3% aus Rinde

Legt man wie beim technischen Potential den **derzeitigen Einschlag** für die Abschätzung des wirtschaftlichen Potentials zu Grunde, müssen die Annahmen noch weiter vereinfacht werden. Es ist nicht bekannt, bis zu welcher Hangneigung das Holz gewonnen wird. Es wird unterstellt, dass wirtschaftlich 60% der Kompartimente "Rinde", "NH" und "Kronenholz" des technischen Potentials genutzt werden können. Das Kompartiment "Brennholz" wird nicht verringert, da es die tatsächliche derzeitige Nutzung angibt. Das **wirtschaftliche Potential, bezogen auf den derzeitigen Einschlag**, beträgt somit **1.124.000 t_{atro}/a**.

23 Zu den hektarbezogenen Werten siehe Kapitel 6.6.1

5.1.5 Derzeitige Nutzung

Das Waldenergieholz wird in privaten Haushalten, Gewerbe/Industrie und den geförderten Heiz(kraft)werken eingesetzt (Tab. 18).

Tab. 18: *Derzeitige Nutzung von Waldenergieholz*

	Gesamter Biomasseverbrauch	Anteil Waldenergieholz	Verbrauch von Waldenergieholz ¹
Kleinfeuerungen	905.000 t _{atro}	74,6% ²	675.000 t _{atro} ³
Nicht geförderte Heiz(kraft)werke	466.000 t _{atro} ⁴	0,3% ⁵	1.400 t _{atro}
Geförderte Heiz(kraft)werke	139.000 t _{atro} ⁴	57,4% ⁴	80.000 t _{atro}
Schreinereien und Zimmereien	513.000 t _{atro} ⁶	gering	k.A.
Gesamt	2.023.000 t _{atro}	37,4%	756.400 t _{atro}

1 Gesamter Biomasseverbrauch * Anteil Waldenergieholz = Verbrauch von Waldenergieholz

2 Hrubesch 1996

3 siehe Kapitel 5.1.1.1

4 Ortinger u. Weber 1999, C.A.R.M.E.N. 1999, eigene Berechnungen

5 siehe Kapitel 4.2

6 siehe Kapitel 4.1

Die privaten Haushalte verbrauchen den größten Teil des Waldenergieholzes ("klassische Brennholznutzung"). Das auf der Basis des Rohholzpotentials errechnete wirtschaftliche Potential wird derzeit zu 30% ausgenutzt. Auch wenn man den heutigen Einschlag zu Grunde legt, setzen die geförderten und ungeförderten Heiz(kraft)werke nur 18% der Kompartimente "Rinde", "NH" und "Kronenholz" ein. Die bestehenden Anlagen in der Oberpfalz sowie in Mittel- und Oberfranken nutze.

5.2 Schnellwachsende Baumarten

Der Anbau schnellwachsender Baumarten im Kurzumtrieb stellt ein weiteres Potential für Energieholz in Bayern dar. Dabei kommen vor allem züchterisch bearbeitete Pappel- und Weidenarten zum Einsatz.

Schnellwachsende Baumarten zur Energieerzeugung werden i. d. R. auf stillgelegten landwirtschaftlichen Flächen angebaut (siehe 24). Wollen die Landwirte in den Genuss einer flächenbezogenen Ausgleichszulage (siehe 25) für ihre Ackerflächen kommen, müssen sie einen Teil der Ackerflächen (höchstens 33%) stilllegen. Die Mindestfläche wird jährlich neu festgesetzt. Für 1999 (1998) beträgt diese 10% (5%) [Anonymus 1998]. Die EU gewährt eine Prämie von 753,- DM/ha für die stillgelegten Flächen [Stmelf 1998].

Schirmer [1995, zit. n. Bemmann et al. 1996] gibt für Bayern eine Anbaufläche von Energiewäldern mit 80 - 90 ha an. Ein großer Teil dieser Flächen wurde für wissenschaftliche Versuchszwecke angelegt. Die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) betreut davon 45 ha Versuchsflächen. Daraus wird ersichtlich, dass der Anbau von schnellwachsenden Baumarten derzeit das Stadium der wissenschaftlichen Forschung noch nicht überschritten hat. Die technischen Probleme (Anbauformen, Baumarten, Schädlingsbekämpfung, Ernte) sind zwar weitgehend gelöst, die mehrjährige Bindung der Fläche stellt jedoch für viele Landwirte ein psychologisches Hindernis dar. Erschwerend kommt hinzu, dass die EU-Agrarpolitik keine langfristig gleichbleibenden Rahmenbedingungen erwarten lässt.

Auch betriebswirtschaftliche Überlegungen beeinflussen die Bereitschaft der Landwirte, schnellwachsende Baumarten anzubauen. Dreiner et al. [1994] errechneten die Annuitäten, d.h. den durchschnittlichen jährlichen Gewinn von Energiewäldern (Tab. 19). Sie trafen dabei z.T. sehr positive Annahmen. So erscheint ein durchschnittlicher Zuwachs von $14 \text{ t}_{\text{atro}}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ bei einer Rotationsdauer von drei Jahren relativ hoch gegriffen. Bei einem Erlös von 140,- DM/ t_{atro} Hackschnitzel und fünf Rotationen ermittelten Dreiner et al. [1994] Annuitäten zwischen 710,- und 804,- DM/ha. Sehr deutlich wird der Einfluss der Anzahl der Rotationen. Je größer ihre Anzahl auf einer Fläche ist, um so geringer werden die Belastungen mit Fixkosten für die Pflanzung und die abschließende Flächenräumung. Ausgefallene Pflanzen nachzubessern ist nur bei hohen Erlösen für die Hackschnitzel und/oder einer hohen Anzahl von Rotationen wirtschaftlich. Die theoretisch errechneten Annuitäten sind aber nach Dreiner et al. [1994] deutlich geringer als die einer alternativen landwirtschaftlichen Nutzung. Dabei müssen die möglichen Förderungen und die rechtlichen Rahmenbedingungen beachtet werden (siehe oben).

Tab. 19: Annuitäten von Energiewäldern in DM/ha nach Dreiner et al. [1994]

Anzahl Rotationen		1		3		5		7	
		A	B	A	B	A	B	A	B
Hackschnitzelerlös	80 DM/ t_{atro}	-995	-1571	-87	-232	93	33	169	145
	110 DM/ t_{atro}	-687	-1185	222	154	401	419	477	530
	140 DM/ t_{atro}	-379	-800	530	539	710	804	785	915
	170 DM/ t_{atro}	-71	-415	838	924	1018	1189	1094	1301

Variante A: 20% der Stecklinge fallen aus. Es wird nicht nachgepflanzt.

Variante B: 20% der Stecklinge fallen aus. Diese werden durch neue Pflanzen ersetzt.

Zuwachs: durchschnittlich $14 \text{ t}_{\text{atro}}/(\text{ha}\cdot\text{a})$ bei Vollbestockung

Rotationsdauer: 3 Jahre

- Kosten:**
- Anlagekosten ohne Nachbesserung (Variante A): 3.530,- DM/ha
 - Anlagekosten mit Nachbesserung (Variante B): 5.438,- DM/ha
 - Kosten für Zaunbau: keine
 - Kosten für Düngung: 11,- DM/ t_{atro} zugewachsene Holzbiomasse
 - Erntekosten: 20,- DM/ t_{atro}
 - Kosten für die Räumung: 500,- DM/ha (Danach soll wieder eine Schnellwuchsplantage mit Stecklingen begründet werden. Bei einer nachfolgenden landwirtschaftlichen Nutzung würden Räumungskosten von ca. 10.000,- DM/ha anfallen.)

Die unklare wirtschaftliche Situation und die sich häufig ändernde Agrarpolitik erschweren eine Potentialschätzung. Der anbautechnische und züchterische Fortschritt in der Landwirtschaft und die daraus resultierende Produktionssteigerung von ca. 2% pro Jahr führen mittelfristig zu einer Steigerung des Flächenanteils, der nicht mehr für die Nahrungsmittelproduktion benötigt wird. Flaig und Mohr gingen 1993 davon aus, dass in Europa bis zum Jahr 2005 16-20 Mio. ha (Deutschland: 4-5 Mio. ha) aus der Nahrungsmittelproduktion genommen werden können. Hartmann und Strehler [1995] unterstellten nur eine Fläche von 1,5 -2,5 Mio. ha. Diese Flächen können aber nicht ausschließlich dem Anbau von schnellwachsenden Baumarten dienen. Landwirtschaftliche Grenzertragsböden, besonders trockene Standorte, eignen sich dafür häufig nicht. Auch auf das Landschaftsbild ist Rücksicht zu nehmen. Hartmann und Strehler [1995] beteiligen die Energiewälder daher nur zu 0 - 40% am Energieträgermix.

Bei richtiger Anbautechnik kann man bei vorsichtiger Schätzung für ganz Bayern von einer durchschnittlichen Massenleistung von $8 \text{ ? } 10 \text{ t}_{\text{atro}}/(\text{ha}\cdot\text{a})$ ([siehe 26](#)) ausgehen. Die Erntemassen werden sich in Abhängigkeit vom Wasserhaushalt des Bodens sehr stark voneinander unterscheiden. Weiterhin hängt die Leistung von der jeweiligen Umtriebsperiode ab. Die Leistungen der zweiten Rotation beispielsweise übertreffen die der ersten bei weitem, da den Bäumen bereits ein komplettes Wurzelsystem zur Verfügung steht.

Für Bayern errechnet sich somit je nach Variante ein Potential zwischen 0,23 und 4,87 Mio. $\text{t}_{\text{atro}}/\text{a}$ (Tab. 20).

Tab. 20: *Potential für Energieholzgewinnung mittels schnellwachsender Baumarten in Bayern*

		Stilllegungsfläche in Deutschland 1,5 Mio. ha è ca. 300.000 ha in Bayern		Stilllegungsfläche in Deutschland 5 Mio. ha è ca. 975.000 ha in Bayern	
		Zuwachs		Zuwachs	
		$8 \text{ t}_{\text{atro}}/(\text{ha}\cdot\text{a})$	$10 \text{ t}_{\text{atro}}/(\text{ha}\cdot\text{a})$	$8 \text{ t}_{\text{atro}}/(\text{ha}\cdot\text{a})$	$10 \text{ t}_{\text{atro}}/(\text{ha}\cdot\text{a})$
Flächenanteil der schnellwachsenden Baumarten	10%	0,23 Mio. $\text{t}_{\text{atro}}/\text{a}$	0,29 Mio. $\text{t}_{\text{atro}}/\text{a}$	0,78 Mio. $\text{t}_{\text{atro}}/\text{a}$	0,97 Mio. $\text{t}_{\text{atro}}/\text{a}$
	20%	0,46 Mio. $\text{t}_{\text{atro}}/\text{a}$	0,58 Mio. $\text{t}_{\text{atro}}/\text{a}$	1,56 Mio. $\text{t}_{\text{atro}}/\text{a}$	1,95 Mio. $\text{t}_{\text{atro}}/\text{a}$
	30%	0,70 Mio. $\text{t}_{\text{atro}}/\text{a}$	0,88 Mio. $\text{t}_{\text{atro}}/\text{a}$	2,34 Mio. $\text{t}_{\text{atro}}/\text{a}$	2,92 Mio. $\text{t}_{\text{atro}}/\text{a}$

	40%	0,94 Mio. t _{atro/a}	1,17 Mio. t _{atro/a}	3,12 Mio. t _{atro/a}	3,90 Mio. t _{atro/a}
	50%	1,17 Mio. t _{atro/a}	1,46 Mio. t _{atro/a}	3,90 Mio. t _{atro/a}	4,87 Mio. t _{atro/a}

24 Stilllegung bedeutet "Herausnahme aus der Nahrungsmittelproduktion". Die stillgelegten Flächen können entweder brach liegen, für Naturschutzzwecke oder für den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen genutzt werden.

25 Die Ausgleichszulage beträgt derzeit abhängig von der prämienberechtigten Kulturpflanze (Getreide, Mais, Ölsaaten, Eiweißpflanzen, Leinsamen) 586,- bis 1.138,- DM/ha [Stmelf 1998].

26 Diese Massenleistung wurde im Rahmen des LWF-Projekts "Anbauversuche mit schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb" auf den betreuten Versuchsflächen ermittelt.

5.3 Industrierestholz

Industrierestholz ist ein Abfallprodukt der Be- und Verarbeitung von Holz. Rinde, Stückholz, Hackschnitzel, Hobel- und Sägespäne, Sägemehl und Feinstaub werden unterschieden. Das Stückholz wird teilweise zu Hackschnitzeln zerkleinert. Bei einer Umfrage in der hessischen Sägeindustrie wurde eine Sortenverteilung festgestellt [Gernhardt et al. 1995], die in der Tabelle 21 wiedergegeben wird.

Tab. 21: Sortenverteilung von Sägerestholz nach Gernhardt et al. [1995]

Sägerestholzsorte	Prozentualer Anteil
Rinde	9%
Stückholz	17%
Hackschnitzel	53%
Späne	5%
Sägemehl	16%
Feinstaub	> 1%

Die amtliche Statistik erfasst den Industrierestholzmarkt nicht aussagekräftig. Die Werte der Produktionsstatistik, der Holzstatistik und der Holzmarktberichte des Bundesministeriums für Landwirtschaft und Forsten schwankten 1995 für diesen Bereich zwischen 8,8 und 24,3 Mio. fm [Mellinghoff u. Becker 1998].

Es wird daher versucht, die Aufkommens- und Nachfrageseite zuerst bundesweit abzuschätzen und Entwicklungstrends aufzuzeigen. Anschließend werden die Werte für Bayern dargestellt. Zum Schluss erfolgt eine Abschätzung des Industrierestholzaufkommens für das Szenario einer Ausschöpfung des Rohholzpotentials in der Forstwirtschaft.

5.3.1 Aufkommen

Das Aufkommen von Industrierestholz in den unterschiedlichen Industriezweigen wird entsprechend der Studie von Mellinghoff und Becker [1998] hergeleitet. Die Produktionsmengen entstammen der amtlichen Statistik. Da diese jedoch z.B. Sägewerke erst mit einem Jahreseinschnitt über 5000 fm berücksichtigt, müssen die Produktionsmengen korrigiert werden. Anschließend wird für jeden Industriezweig eine spezifische Ausbeute unterstellt, so dass sich daraus der gesamte Industrierestholzanfall errechnen lässt (Tab. 22) [\(siehe 27\)](#).

Tab. 22: Herleitung des Sägerestholzaufkommens in Bayern

	Produktionsstatistik ¹	Korrekturfaktor ²	Produktionsmenge	Ausbeute ³	Rundholzverbrauch	Sägerestholzanfall
Laubholz	0,18 Mio. fm	175%	0,32 Mio. fm	71%	0,45 Mio. fm	0,13 Mio. fm
Nadelholz	2,9 Mio. fm	135%	3,9 Mio. fm	62%	6,3 Mio. fm	2,4 Mio. fm

1 Durchschnitt der Jahre 1995-1998 nach StFoV [1999 c]

2 Lückge und Weber [1997] zit. nach Mellinghoff und Becker [1998]

3 Mellinghoff und Becker [1998]

Für die holzverarbeitende Industrie kann wegen fehlender Erhebungen die Industrierestholzmenge nur geschätzt werden. Mellinghoff und Becker [1998] gehen davon aus, dass in der Holzbearbeitung 60% und in der Holzverarbeitung 40% des Industrierestholzes anfallen. Bei Müller und Becker [1987] beträgt dieses

Verhältnis 54% zu 46%. Für Bayern wurde in Anlehnung an Frühwald [1990] ein Verhältnis von 55% zu 45% veranschlagt (Tab. 23).

Tab. 23: *Industrierestholzaufkommen und ?nutzung in Deutschland und Bayern; die Prozentangaben beziehen sich auf das jeweils aufgeführte Gesamtaufkommen bzw. den -verbrauch.*

	Müller u. Becker 1987	Frühwald 1990	Koll 1991	Mellinghoff u. Becker 1998	Eigene Berechnungen	
Land und Bezugsjahr	BRD 1984	BRD 1990	BRD 1990	BRD 1995	Bayern [%] Mio. t _{atro}	
Holzbearbeitende Ind.	50,0%	55,0%	54,6%	48,1%	55,0%	1,45
• Sägeindustrie	44,1%	49,7%		40,9%	52,5%	1,26
Holzverarbeitende Ind.	42,7%	45,0%	38,1%	32,2%	45,0%	1,18
Import ¹	7,3%		7,3%	3,9%	?	?
Ungeklärt				15,7%		
Gesamtaufkommen	13,2 Mio. fm	18,0 Mio. fm	16,2 Mio. fm	23,0 Mio. fm	2,63 Mio. t _{atro}	
Stoffliche Nutzung	44,5%	49%	52,2%	50,9% ²	23,2%	0,61
Thermische Nutzung	36,7%	45%	36,3%	33,9%	46,7%	1,23
• Industrie		42%			36,8%	0,97
• Heiz(kraft)werke					1,3%	0,03
• private Haushalte		3%			8,6%	0,23
Deponie, unbekannt	11,0%	6%			30,1%	0,80
Export ¹	7,8%		11,6%	15,2%	?	?
Gesamtverbrauch	13,2 Mio. fm	18,0 Mio. fm	16,2 Mio. fm	23,0 Mio. fm	2,63 Mio. t _{atro}	

1 In der Außenhandelsstatistik werden Industrieresthölzer und Althölzer nicht getrennt erfasst.

2 Bei der stofflichen Verwertung in der Holzwerkstoffindustrie sind 1 Mio. fm (= 4,3%) Altholz enthalten.

Dafür spricht folgende Überlegung: Entsprechend einer Umfrage von C.A.R.M.E.N. [1998] werden in 46% der bayerischen Schreinereien und Zimmereien zusammen ca. 513.000 t_{atro} Industrierestholz verbrannt. Damit errechnet sich ein Industrierestholzaufkommen von 1,12 Mio. t_{atro} für alle Schreinereien und Zimmereien. Das Restholzaufkommen aus der Holzverarbeitenden Industrie ist daher möglicherweise noch höher als der kalkulierte Wert von 1,2 Mio. t_{atro}.

27 Die Industrierestholzmenge, die in der Holzbearbeitenden Industrie ohne Sägeindustrie anfällt, wurde für Bayern geschätzt.

5.3.2 Nutzung

Aus Abbildung 16 ist ersichtlich, dass der Rohstoffeinsatz in der **Papier- und Zellstoffindustrie** relativ konstant verläuft (siehe 29). Aufgrund der geplanten Kapazitätsausweitungen wird zwar die Nachfrage nach Industrierestholz steigen, eine Nachfrageänderung nach Industrierestholz soll sich daraus aber nicht ergeben (VDP 1999 b).

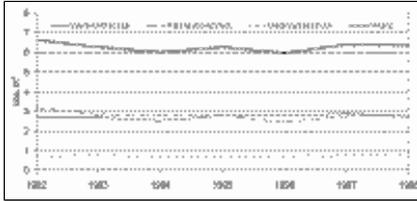


Abb. 16: Rohholzeinsatz in der Papier- und Zellstoffindustrie (ZMP 1999 nach Angaben des VDP)

Der Industrierestholzverbrauch der **Holzwerkstoffindustrie** steigt dagegen stark an. Wie Tabelle 24 zeigt, nimmt einerseits der Holzverbrauch insgesamt und andererseits der Anteil von Industrierestholz am Holzverbrauch deutlich zu (siehe 30). Die Holzwerkstoffindustrie baut ihre Produktionskapazitäten weiter aus. Von 1995-1998 stieg diese für Spanplatten und MDF in Deutschland um 0,85 Mio. m³ und in Österreich um 0,06 Mio. m³. Wie schon in Kapitel 5.1.4.3 erwähnt, erwartet die Zellstoff-, Papier- und Holzwerkstoffindustrie bis 2005 einen Mehrverbrauch an Rohmaterial von 8,2 Mio. fm.

Tab. 24: Holzverbrauch in der Holzwerkstoffindustrie; die Prozentangaben beziehen sich auf den gesamten Holzverbrauch im entsprechenden Jahr.

	Jahr	Seeger 1997	Roffael u. Hüster 1996	Holzdistributionsanalyse 1984 bzw. 1995 ¹
Waldholz	1985	35%	45%	51%
	1990	23%	30%	
	1995	19%	25%	32%
Industrierestholz	1985	65%	52,5%	48%
	1990	74%	67%	
	1995	71%	71,5%	58%
Altholz	1985	0%	2,5%	1%
	1990	3%	3%	
	1995	10%	3,5%	10%
Summe	1985	10,4 Mio. fm		6,8 Mio. fm
	1990	13,6 Mio. fm		
	1995	16,8 Mio. fm		10,5 Mio. fm

1 Müller und Becker [1987] bzw. Mellinghoff und Becker [1998]

Für Bayern wurde auf Informationen von Jaakko Pöyry [1999] zurückgegriffen. Abbildung 17 zeigt die vorhandenen und geplanten Standorte der Zellstoff-, Papier- und Holzwerkstoffindustrie. Eine Aufgliederung der Nachfrage kann aus Datenschutzgründen nur nach Nord- und Südbayern vorgenommen werden.



Abb. 17: Standorte der Papier-, Zellstoff- und Holzwerkstoffindustrie in Bayern; Höhe der Industrie(rest)holznachfrage getrennt nach Nord- und Südbayern sowie des Zellstoffwerks Rosenthal/Thüringen

Der zweite große Einsatzbereich für Industrierestholz ist die thermische Verwertung. Die in Bayern verbrannte Menge von 1.228.000 t_{atro} setzt sich folgendermaßen zusammen (siehe 31):

- Schreinereien und Zimmereien 513.000 tatro
- ungeforderte Heiz(kraft)werke 454.000 tatro
- private Haushalte 227.000 tatro
- geförderte Heiz(kraft)werke 34.000 tatro

In Bayern werden ca. 47% des Industrierestholzaufkommens verbrannt. Dieser Wert liegt teilweise deutlich oberhalb der bundesweiten Angaben. Die Schätzung für Bayern betrachtet jedoch keine Importströme, die das Gesamtaufkommen vergrößern und damit den prozentualen Verbrennungsanteil verringern würden.

Die Zahlen für den Exportüberschuss an Industrierestholz und Altholz (siehe 32) sind in den letzten Jahren stark angestiegen (Tab. 25). Dies liegt zum einen an den geringen Industrierestholzpreisen im Inland. Sie sind derzeit durchschnittlich 10,- DM/Srm geringer als in Österreich [Fichtner 1997]. Zum anderen ist dies auch damit zu begründen, dass der Altholzexport inzwischen besser erfasst wird. Die Industrierestholzströme zwischen den anderen Bundesländern und Bayern können nicht quantifiziert werden. Sie werden deshalb nicht dargestellt (siehe 33).

Tab. 25: Export aus der und Import in die BRD von Industrierestholz und Altholz in Tsd. m³ [Bartelheimer 1992 - 1999 nach Statistischem Bundesamt]

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Einfuhr	1.195	1.098	1.043	729	755	851	726	882
Ausfuhr	1.710	2.457	2.868	2.267	2.476	2.951	3.007	3.187
Saldo	515	1.359	1.825	1.538	1.721	2.100	2.281	2.305

30% des Industrierestholzaufkommens können keiner Nutzungsart zugewiesen werden. Das Industrierestholz wird deponiert oder fließt in nicht berücksichtigte Wege der stofflichen (z.B. Rindenmulch als Gartenstreu, Kompostierung) und thermischen (z.B. Kleinf Feuerungsanlagen in Sägewerken) Verwertung. Außerdem ist darin der für Bayern nicht quantifizierbare Exportüberschuss enthalten.

29 Die Datenlage ist nicht eindeutig. Die Daten aus den Leistungsberichten des vdp widersprechen sich teilweise in den unterschiedlichen Jahrgängen und stimmen nur beim Wert für 1998 mit den hier verwendeten Daten überein (die jedoch auch auf einer Mitteilung des vdp beruhen). Auf telefonische Nachfrage konnte

dieses Problem nicht geklärt werden. Die Umrechnung der eingegangenen Firmendaten hätte sich aber in letzter Zeit verändert (VDP 1999 b)

30 Die stark unterschiedlichen Mengenangaben der einzelnen Autoren beruhen auf den verschiedenen amtlichen Statistiken. Für 1995 weist die Produktionsstatistik des Statistischen Bundesamtes einen Industrierestholzverbrauch von 9,1 Mio. fm aus, die Holzstatistik des Bundesministeriums für Landwirtschaft und Forsten dagegen einen von 20,5 Mio. fm [Mellinghoff u. Becker 1998].

31 Zur Herleitung der Werte siehe Anmerkungen zu Tabelle 22

32 Industrierestholz und Altholz werden in der Statistik nicht getrennt erfasst.

33 Ein bedeutender Verbraucher von Industrierestholz ist z.B. das Zellstoffwerk der Firma Rosenthal in Blankenstein/Thüringen, das sehr nah an der bayerischen Grenze liegt. Aufgrund von Umbaumaßnahmen wird die Nachfrage nach Industrierestholz von 650.000 fm/a auf 800.000 fm/a steigen. Ein großer Teil dieser Nachfrage wird aus bayerischen Wäldern gedeckt (siehe auch Abb. 17).

5.3.3 Preise

Abbildung 18 enthält die Preisentwicklung unterschiedlicher Industrierestholzsortimente. Beachtenswert ist der Preisverfall Anfang der neunziger Jahre, der dem Nachgeben der Preise auf dem Industrieholzmarkt entspricht.

Die Umfragen unter den Heiz(kraft)werksbetreibern ergab, dass 34 Anlagen, die Industrierestholz zukaufen, derzeit durchschnittlich 11,31 DM/Srm bzw. 33,80 DM/t_{30%} bezahlen. Die Preise schwanken zwischen 0,- und 21,- DM/Srm bzw. 0,- und 70,- DM/t_{30%}. Bei den geförderten Anlagen wird ein höheres Preisniveau vorgefunden. Qualitätsunterschiede (Feuchte, Feinstoffanteil, Verunreinigungen) beeinflussen dabei maßgeblich die Preise. Die Rindenpreise liegen bei ca. 23,- DM/t_{30%} (s. Anlagen).

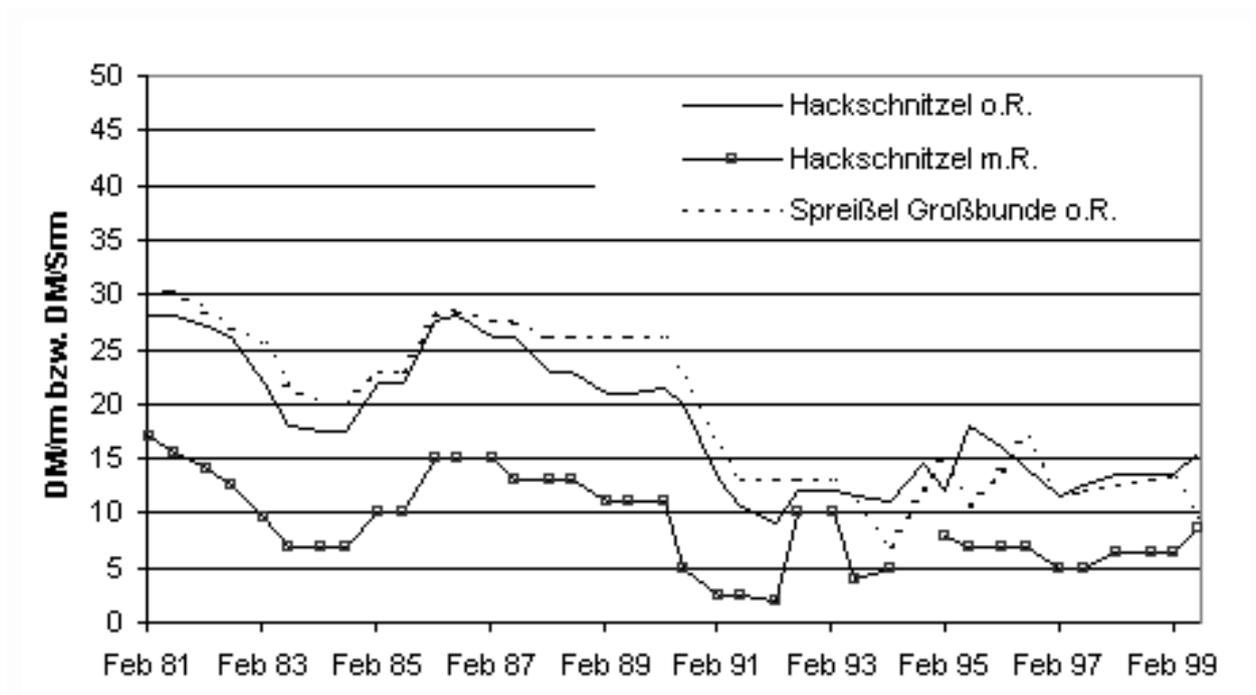


Abb. 18: Entwicklung der Industrierestholzpreise entsprechend den Notierungen bei der Holzbörse Rosenheim [1981-1999] im Februar und September. Die Maximal- und Minimalwerte sind jeweils gemittelt.

5.3.4 Wirtschaftliches Potential

Da die stofflich verwerteten Industrierestholzmengen nicht zur Verfügung stehen, ist, wie sich aus Tabelle 23 errechnen lässt, eine thermische Verwertung von **2,0 Mio. t_{atro} Industrierestholz** möglich.

Um das Waldenergieholzpotential zu ermitteln, wurde neben dem derzeitigen Einschlag auch das Rohholzpotential zugrunde gelegt. Angenommen, die Forstwirtschaft schlägt statt 10 Mio. fm die nachhaltig möglichen 18 Mio. fm ein, so errechnet sich ein **Industrierestholzpotential von 3,7 Mio. t_{atro}** für die thermische Verwertung.

5.4 Altholz

5.4.1 Rechtliche Rahmenbedingungen

Die Klassifikation von Altholz ist in der Bundesrepublik Deutschland noch nicht abschließend gesetzlich geregelt. Neben einem Entwurf der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) existieren viele länderspezifische Regelungen, die das Altholz immer in drei unterschiedliche Belastungsklassen einstufen. In Bayern wird folgende Einteilung vorgeschlagen [StMLU 1997]:

- **B I Naturbelassenes Altholz**

d.h. Altholz, das ausschließlich mechanischer Bearbeitung ausgesetzt war und bei seiner Verwendung nicht mehr als nur unerheblich mit Schadstoffen kontaminiert wurde,

also kein(e): *gestrichenes, lackiertes, beschichtetes Altholz, Sperrholz, Spanplatten, Faserplatten oder sonst verleimtes Holz (Holzwerkstoffreste), sonstigen Fremdstoffe (z.B. Papier, Kunststoffe etc.).*

- **B II Belastetes Altholz**

d.h. Altholz, das gestrichenes, lackiertes, beschichtetes (einschließlich PVC) Altholz, Sperrholz, Spanplatten, Faserplatten oder sonst verleimtes Altholz enthält und offensichtlich nicht mit Holzschutzmitteln behandelt wurde. Es werden jedoch auch vereinzelt Althölzer vorhanden sein, die mit Holzschutzmitteln behandelt sind, da sie beim Sortieren nicht als solche erkannt wurden.

Also keine: *bekanntlich oder offensichtlich mit Holzschutzmitteln behandelten Althölzer, wie Bahnschwellen, Zäune, Hopfenstangen, Rebpfähle, druckimprägniertes Altholz etc.*

- **B III Besonders belastetes Altholz**

d.h. Altholz, das nicht der Gruppe B I oder B II zugeordnet werden kann, also z.B. bekanntlich oder offensichtlich mit Holzschutzmitteln behandelte Althölzer, wie Bahnschwellen, Zäune, Hopfenstangen, Rebpfähle, druckimprägniertes Altholz etc..

Nach dem oben zitierten Arbeitspapier "sollte die stoffliche Verwertung auf Altholz der Gruppe B I beschränkt bleiben. Belastetes (B II) sowie besonders belastetes Altholz (B III) sollte dagegen nicht stofflich verwertet, sondern der energetischen Verwertung in geeigneten Feuerungsanlagen zugeführt werden" [Stmlu 1997]. Dabei müssen die Regelungen des Bundesimmissionsschutzgesetzes eingehalten werden (Tab. 26).

Tab. 26: Immissionsschutzrechtliche Situation zum Einsatz von Altholz

Belastungsgruppe	für den Einsatz des Altholzes geeignete Anlagen
B I	<ul style="list-style-type: none">• kleine Feuerungsanlagen ohne immissionsschutzrechtliche Genehmigung - 1. BImSchV-Anlagen Feuerungsanlagen mit immissionsschutzrechtlicher Genehmigung nach Nr. 1.2 des Anhangs der 4. BImSchV
B II	<ul style="list-style-type: none">• Feuerungsanlagen >50 kW Feuerungswärmeleistung in holzbe- bzw. holzverarbeitenden Betrieben nach 1. BImSchV Feuerungsanlagen mit immissionsschutzrechtlicher Genehmigung nach Nr. 1.3 des Anhangs der 4. BImSchV
B III	<ul style="list-style-type: none">• Feuerungsanlagen mit immissionsschutzrechtlicher Genehmigung nach Nr. 1.3 des Anhangs der 4. BImSchV, die die Anforderungen der 17. BImSchV erfüllen

5.4.2 Aufkommen

Die Landesämter für Statistik und Datenverarbeitung erfassen das Aufkommen von Altholz nur ungenügend [Balkova et al. 1998; Görisch 1995]. Neben der kommunalen Entsorgung hat seit In-Kraft-Treten des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes die privatwirtschaftliche Entsorgung von Althölzern stark an Bedeutung gewonnen [Balkova et al. 1998]. Für die Mengen, die in privaten Haushalten verwertet bzw. verbrannt werden, liegen keine Erhebungen vor. Das Pro-Kopf-Aufkommen von Altholz wird daher für Deutschland noch sehr unterschiedlich eingeschätzt (Tab. 27). Die neueren Veröffentlichungen nähern sich aber im Gesamtaufkommen deutlich an.

Tab. 27: Altholzaufkommen pro Einwohner in kg/(E*a)

Quelle	Land	Bau- und Abbruchholz	Verpackungen	Möbel, Sonstiges	Summe
Sundermann et al. 1999	BRD	60,4	14,5	19,1	94,0
Marutzky und Seeger 1999	BRD	40	12,5	47,5	100
UZD 1994	BRD	30-74	10-20	10-49	50-140
Sundermann et al. 1999	Alte Bundesländer	51,5	14,5	16,1	82,1
Balkova et al. 1998	Hessen				85
Görisch 1995	Baden-Württemberg				50

In Bayern wurde im Rahmen einer Studie für ein geplantes Biomasseheizkraftwerk in Schrobenhausen das Altholzaufkommen in den Landkreisen Augsburg und Kempten dokumentiert. Danach werden in den genannten Landkreisen pro Einwohner und Jahr 68,4 bzw. 70 kg Altholz eingesammelt. Der tatsächliche Altholzanteil liegt noch über diesen Werten, da die Erhebung wegen fehlender Auskünfte einzelner Entsorger unvollständig ist. Die amtliche Statistik weist für Bayern nur ein einwohnerbezogenes Aufkommen von 22, 5 kg/(E*a) auf [BlfA 1999].

In Anlehnung an BlfA [1999] wird in der vorliegenden Studie der einwohnerspezifische Wert für die alten Bundesländer von Sundermann et al. [1998] herangezogen. Damit errechnet sich für Bayern ein **theoretisches Potential von 1 Mio. t_{atro}/a** (Abb. 19). Inwieweit dieses Aufkommen auch verfügbar ist, sollen folgende Überlegungen verdeutlichen. 1996 verwerteten die Entsorgungsunternehmen 266.283 t_{atro} Altholz [LfStaD, zit. nach BlfA 1999]. Darin sind die von den Kommunen getrennt eingesammelten 103.561 t_{atro} (1997: 129.100 t_{atro}) enthalten [LfU 1998]. Die Holzfraktion im hausmüllähnlichen Gewerbemüll und teilweise im Sperrmüll wird aber nicht getrennt erfasst (Tab. 28).

Tab. 28: Altholzfraktionen im Sperr- und hausmüllähnlichen Gewerbemüll [1997]

	Aufkommen Bayern	Anteil der Altholzfraktion	Aufkommen Altholz
Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	611.532 t^1	12,6% ²	77.053 t_{atro}
Sperrmüll	256.853 t^1	10% ³	25.685 t_{atro}

1 LfU 1998

2 Mittelwert der Angaben bei Balkova et al. [1998] und Müller et al. [1994]

3 In der Literatur wird dieser Wert auf über 40% geschätzt [Balkova et al. 1998; Görisch 1995]. Wegen der getrennten Altholzerfassung in vielen Landkreisen wurde dieser Wert jedoch verringert.

Der Holzanteil in Baustellenabfällen schwankt nach unterschiedlichen Erhebungen zwischen 4, 6 und 28,8 Gewichts-% (Voß 1998). Der Einsatz von mobilen und stationären Aufbereitungs- und Schredderanlagen aufgrund der Regelungen des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes führt zu einer hohen Verwertungsquote dieser Fraktion. Mengenangaben hierüber liegen nicht vor.

Das Aufkommen von kontaminiertem Gebrauchtholz (B III) wird auf 198.000 t_{atro} Altfenster und 140.000 t_{atro} sonstiges kontaminiertes Holz geschätzt [BIfA 1999].

5.4.3 Nutzung

Das Altholz wird hauptsächlich in der Holzwerkstoffindustrie stofflich verwertet. 1995 war nach Seeger [1997] Altholz zu 10% am Rohstoffmix beteiligt. Roffael und Hüster [1996] geben für dasselbe Jahr einen Anteil von 3,5% an, wobei sie davon ausgehen, dass sich der Altholzverbrauch auf 8-10% des Holzbedarfs einpendeln wird (siehe auch Kap. 5.3.2). 1997 wurden in der Zellstoff-, Papier- und Holzwerkstoffindustrie wurden 2,1 Mio. fm Altholz eingesetzt. Dies entspricht 9% des Holzbedarfs (VDP 1999 a). Bartelheimer [1999] erwartet wegen Problemen bei der Einhaltung der Emissionswerte der Platten keine Steigerung des Altholzeinsatzes. Für **Bayern** ergibt sich somit ein Verbrauch von ca. 70.000 t_{atro}/a.



Abb. 19: Theoretisches Altholzpotalential in den Regierungsbezirken und Standorte der Altholzverbrennungsanlagen

Ca. 30% des theoretischen Altholzpotalentials werden in Bayern verbrannt (Tab. 29). Die Verbrennungskapazität befindet sich im Ausbau, so dass in Zukunft über 40% des theoretischen Potentials verbrannt werden können (s. auch Abb. 19). BlfA [1999] geht derzeit von einer Verbrennungskapazität von ca. 290.000 t_{atro}/a aus und errechnet für 2005 eine Kapazität von 440.000 t_{atro}/a.

10.000 t_{atro} Altholz werden jährlich deponiert [LfStaD, zit. nach BlfA 1999]. Über den Export von Altholz gibt es nur grobe Schätzungen. BlfA [1999] rechnet mit 482.000 t_{atro}/a, die hauptsächlich nach Italien abfließen. Davon sind 106.227 t_{atro} notifizierte (meldepflichtige) Verbringungen, das sind mit Chemikalien behandelte oder anderweitig kontaminierte Hölzer [BlfA 1999].

Tab. 29: Energetische Verwertung von Altholz derzeit und ihr Potential nach BlfA [1999] und eigenen Erhebungen

Verwertungsstelle	Derzeit	Potential 2005
Bestehende Verwertungskapazitäten		
I. Verwertungskapazität laut LfStaD	21.004 t _{atro} /a	21.004 t _{atro} /a
• Umfrage nicht geförderte Heiz(kraft)werke (verm. in 1. erfasst)	10.802 t _{atro} /a	?
• Geförderte Heiz(kraft)werke ohne ZAK Kempten	1.112 t _{atro} /a	?
• Fa. Pfeleiderer, Neumarkt	100.000 t _{atro} /a	100.000 t _{atro} /a
• Fa. Werndl, Rosenheim	400 t _{atro} /a	400 t _{atro} /a

• Bio- und Holzkraftwerk Zapfendorf	?	?
• Heidelberger Zementwerke	?	?
• ZAK Kempten	13.000 t _{atro/a}	35.000 t _{atro/a}
• Betriebliche Abfallentsorgung	22.516 t _{atro/a}	22.516 t _{atro/a}
Neue oder umgerüstete Anlagen		
• E. Schwenk Zementwerk	30.000 t _{atro/a}	30.000 t _{atro/a}
• Bayernwerk Schwandorf	100.000 t _{atro/a}	100.000 t _{atro/a}
Geplante Anlagen		
• Coburg	-	60.000 t _{atro/a}
• Großaitingen	-	37.000 t _{atro/a}
• Schrobenhausen	-	50.000 t _{atro/a}

5.4.4 Preise

Seit 1995 sind die Preise für Altholz in allen Belastungsklassen gestiegen (Abb. 20). Die Differenzen zwischen Maximal- und Minimalpreisen in den beiden geringer belasteten Klassen verringerten sich seit 1995. Es beginnt sich also langsam ein einheitlicherer Marktpreis zu bilden. Die von BlfA [1999] genannten Annahmepreise für Bayern unterscheiden sich deutlich von denen der Abbildung 20. Für die Klasse B I müssen 50,- bis 107,- DM/t_?, für B II-Holz 100,- bis 220,- DM/t_? und für B III-Holz 180,- bis 350,- DM/t_? zugezahlt werden.

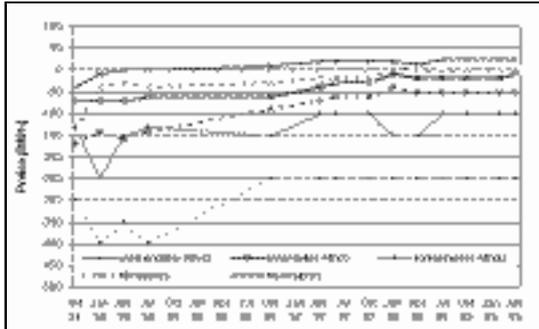


Abb. 20: Preise für nicht zerkleinertes Altholz nach Euwid [1995-1998]. Bei größeren Mengen verstehen sich die Preise frei Verwerter.

Die bayerischen Heiz(kraft)werke nehmen Altholz meist kostenlos an. Der maximal bezahlte Preis liegt bei 30,- DM/t_{utro}. Die Werke dürfen wegen fehlender Genehmigung nur Altholz der Klasse B I verbrennen. Das Heizkraftwerk Kempten-Ursulasried erhält derzeit für aufbereitetes Holz (Klasse B II) mit einer Stückgröße bis 40 cm eine Zuzahlung von 20,- bis 30,- DM/t_{utro} (1997: 10,- bis 20,- DM/t_{utro}) [BlfA 1999].

5.4.5 Wirtschaftliches Potential

Da aufgrund der technischen Anleitung (TA) Siedlungsabfall ab 2005 Altholz nicht mehr deponiert werden darf und der Export von Altholz begrenzt werden soll, gehen Sundermann et al. [1999] davon aus, dass die stofflichen und thermischen Verwertungskapazitäten weiter ausgebaut werden. Für Bayern wird folgende Entwicklung angenommen:

Tab. 30: Altholzaufkommen und seine Verwertung in Bayern

	1999	2005
Theoretisches Potential	1.000.000 t _{atro/a}	1.000.000 t _{atro/a}
Technisches Potential ¹	890.000 t _{atro/a}	950.000 t _{atro/a}
Stoffliche Nutzung ²	70.000 t _{atro/a}	150.000 t _{atro/a}
Export	480.000 t _{atro/a}	100.000 t _{atro/a}
Deponie ¹	10.000 t _{atro/a}	0 t _{atro/a}
Unbekannt	30.000 t _{atro/a}	
Thermische Nutzung	300.000 t _{atro/a}	700.000 t _{atro/a}
• Vorhandene Kapazität	300.000 t _{atro/a}	440.000 t _{atro/a}
• Benötigte zusätzliche Kapazität	0 t _{atro/a}	260.000 t _{atro/a}

1 Die Erfassungsquote für die Altholzfraktion im hausmüllähnlichen Gewerbemüll und im Sperrmüll wird weiter steigen. Ab 2005 darf nach der TA Siedlungsabfall Altholz nicht mehr deponiert werden.

2 Sundermann et al. [1999] gehen davon aus, dass die stoffliche Verwertung von Altholz bis 2005 mehr als verdoppelt wird.

Eine ganz entscheidende Größe in dieser Kalkulation ist die Entwicklung des Exports. Dem Arbeitspapier des Ministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen entsprechend soll der Export von Althölzern in den nächsten Jahren deutlich reduziert werden [StMLU 1997]. Inwieweit dieser politische Wille auch in Gesetze und Verordnungen einfließt und damit lenkend auf das Marktgeschehen einwirken wird, ist noch unklar.

5.5 Flurholz und Schwemholz

5.5.1 Potentiale

Flurholz fällt bei der Pflege von Bäumen und Sträuchern an, die nicht im Wald oder in Energieholzplantagen wachsen. In Anlehnung an Hartmann und Strehler [1995] sowie Rösch [1996] lassen sich

- Feldgehölze und Hecken
- land- und forstwirtschaftliche Sonderkulturen, d.h. Obst- und Rebanlagen sowie Baumschulen
- Bäume und Sträucher in Gemeinden und Städten
- Straßenbegleitgehölze
- Eisenbahnbegleitgehölze
- Gewässerrandgehölze

unterscheiden. Eine Potentialabschätzung erweist sich in allen Fällen wegen unvollständiger bzw. unsicherer Flächen- und Zuwachsbestimmung als schwierig und fehlerbehaftet.

Feldgehölze werden normalerweise nicht regelmäßig beschnitten, sondern nur aus Alters- oder Gesundheitsgründen gefällt. Der Anfall ist darum sehr dezentral. Das Material wird häufig als Brennholz genutzt. Ein Potential kann nicht abgeschätzt werden (siehe auch Kap. 5.1.1.1).

Aus Gründen der Landespflege werden **Hecken** regelmäßig gepflegt, indem Teile bzw. die gesamte Hecke auf den Stock gesetzt wird. Dabei fällt die Biomasse konzentriert an. Die Heckenfläche wurde der Biotopkartierung in Bayern entnommen. Hecken unter einer Mindestlänge von 50 m und sehr artenarme Pflanzungen in Folge von Flurbereinigungsmaßnahmen sind darin nicht berücksichtigt [LfU 1999]. Mit der Heckenfläche von 14.207 ha wird somit das tatsächliche Vorkommen unterschätzt. In größeren Hecken ist aber wegen des höheren Biomasseanfalls eine wirtschaftliche Nutzung wahrscheinlicher, so dass ein Nutzungssatz von 80% des jährlichen Zuwachses als technisch möglich erscheint. Die in der Literatur angegebenen Werte für den Zuwachs von Hecken schwanken zwischen 5 und 19,8 $t_{ca.50\%}/(ha \cdot a)$ (Tab 31). Für die Potentialabschätzung in Bayern wird ein Zuwachs von 7 $t_{50\%}/(ha \cdot a)$ angenommen. Es ergibt sich ein **Potential an Heckenschnitt von 80.000 $t_{50\%/a}$ bzw. 40.000 $t_{atro/a}$** (s. auch Abb. 21).

Tab. 31: Jährlicher Zuwachs und mögliche Nutzung von Hecken

Quelle	Erhebungsart	Zuwachs [$t_{ca. 50\%}/(ha \cdot a)$]	Nutzung
Grimm [1980], zit. n. Schröder [1988]	Messung einer 416 m langen achtjährigen Hecke in Schleswig-Holstein	6,19	
Schröder [1988]	Messung idealtypischer Hecken in Schleswig-Holstein	19,80	
Hartmann u. Strehler [1995]	nach Brusche (1983)	6,43 ¹	80%
Rösch [1996]	Schätzung	5,0	70%
Fichtner [1999]	Produktion von Hackschnitzeln bei der Pflege von 12 Hecken in Baden-Württemberg	6,92 ²	100%
Bayern	Schätzung	7,0	80%

1 Es wurde eine durchschnittliche Heckenbreite von 3 m unterstellt.

2 Es wurde ein durchschnittliches Heckenalter von zehn Jahren angenommen.

Rösch [1996] schätzt das Aufkommen bei der Pflege von **land- und forstwirtschaftlichen Sonderkulturen** auf 1-2 $t_{ca.50\%}/(ha \cdot a)$ (Tab. 32). Die Anbaufläche von Baumobst, die das Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung ausweist, umfasst sicherlich nicht alle Obstbaumanlagen. Die Fläche der extensiv genutzten Streuobstbestände (2.176 ha in Bayern), die in die Biotopkartierung aufgenommen wurden, übersteigt in einigen Regierungsbezirken die angegebenen betrieblich genutzten Obstbauflächen. Da diese Bestände aber nur sehr wenig gepflegt werden, fließen sie nicht in eine Potentialabschätzung mit ein. Bei einem Nutzungsprozent von 80% ergibt sich ein **technisches Potential von 15.000 $t_{50\%}/a$ bzw. 7.500 t_{atro}/a** (vgl. Abb. 21).

Tab. 32: Kennzahlen zur Herleitung des Aufkommens von Gehölzschnitt aus land- und forstwirtschaftlichen Sonderkulturen

	Baumschulen	Obstbaumanlagen	Rebanlagen	Quelle
Jährliches Aufkommen	2 $t_{ca.50\%}/(ha \cdot a)$	2 $t_{ca.50\%}/(ha \cdot a)$	1 $t_{ca.50\%}/(ha \cdot a)$	Rösch [1996]
Anbaufläche	2.556 ha	3.624 ha	5.987 ha	LfStaD [1997]

Das theoretische Aufkommen von **Gehölzschnitt aus Städten und Gemeinden** wird entsprechend der Studie von Rösch [1996] abgeschätzt. Folgende Kennzahlen wurden verwendet:



Abb. 21: Technisches Flurholzpotential, getrennt nach Regierungsbezirken

Tab. 33: Kennzahlen zur Herleitung des Anfalls von Gehölzschnitt aus Städten und Gemeinden

	Gehölzflächenanteil	Grünanteil an der Siedlungsfläche	Zuwachs [$t_{50\%}/(ha \cdot a)$]
Grünflächen/-anlagen	42% ¹		7
Friedhöfe	20% ¹		7
Ein- und Zweifamilienhäuser	15,4% ²	51% ³	7
Drei- und Mehrfamilienhäuser	10% ²	14% ³	7
Gewerbegebiete	10% ²	14% ³	7

1 Rösch [1996]

2 Doedens [1982], zit. n. Rösch [1996]

3 Möhle [1976], zit. n. Rösch [1996]

Der Zuwachs wurde abweichend von Rösch [1996], die $5 t_{ca.50\%}/(ha \cdot a)$ annimmt, auf $7 t_{50\%}/(ha \cdot a)$ geschätzt. Die benötigten Flächendaten entstammen der Statistik "Bodenflächen nach Art der geplanten Nutzung 1993" [LfStaD 1999]. Es errechnet sich somit ein **theoretisches Potential von 316.000 $t_{50\%}/a$** . Den größten Teil des Gehölzschnitts entsorgen die Kommunen. In Bayern wurden 1997 16% der gesamten Kompostrohstoffe (Bioabfälle, strukturarmes und strukturreiches Grüngut) als Häckselgut an Landwirte und Gartenbesitzer abgegeben. Diese Menge ($236.000 t_{ca.50\%}/a$) könnte auch thermisch verwertet werden. Darin sind auch gewerbliche Grünabfälle (Pflege von Straßenbegleitgrün oder Gewässerrandgehölzen, Landschaftspflege allgemein) enthalten. Derzeit werden also ca. 75% des theoretischen Potentials kommunal entsorgt. Bei einer Nutzung von 90% des theoretischen Potentials ergibt sich ein **technisches Potential an kommunalem Gehölzschnitt von 285.000 $t_{50\%}/a$ bzw. 143.000 t_{atro}/a** (vgl. Abb. 21).

Zu den Pflichtaufgaben der Autobahn- bzw. Straßenmeistereien gehört die regelmäßige Pflege von **straßenbegleitenden Bäumen und Sträuchern**. Dinter und Moritz [1987] erhoben die anfallenden Schnittgutmengen im Landschaftsverband Rheinland, der nach Meinung der Autoren für die BRD repräsentativ sei (Tab. 34).

Tab. 34: Schnittgutmengen bei der Pflege von Straßenbegleitgehölzen nach Dinter und Moritz [1987]

	Autobahnen	Bundes-, Landes-, Kreisstraßen	in Bayern ¹
Gehölzfläche	0,6 ha/km	0,2 ha/km	9.201 ha
Jährliche Nutzung	3,4 $t_{ca.50\%}/(ha \cdot a)$	4,1 $t_{ca.50\%}/(ha \cdot a)$	36.804 $t_{50\%}/a$ ²

1 Zugrunde liegt die Länge der unterschiedlichen Straßentypen entsprechend LfStaD [1999].

2 Siehe auch Abbildung 21

Eine telefonische Rücksprache mit Vertretern der Autobahndirektion Südbayern und der Obersten Baubehörde ergab ähnliche Größenordnungen für die genannten Werte. Die Gehölzfläche beträgt ca. 10.000 ha [Landgraf 1999]. Als typische Nutzung einer 20-jährigen Hecke wurden 150 - 300 Srm Hackschnitzel pro ha genannt, das entspricht 3 - 6 $t_{50\%}/(ha \cdot a)$. Die Pflegearbeiten entlang der Autobahnen werden per öffentlicher Ausschreibung an Unternehmen vergeben, die anschließend auch für die Verwertung der Hackschnitzel zuständig sind. Eine thermische Verwertung sei dabei inzwischen üblich [Pimpi 1999].

Die Pflege der **Gewässerrandgehölze** an Gewässern erster und zweiter Ordnung führen die Wasserwirtschaftsämter durch. Eine Potentialabschätzung ist wegen fehlender Daten nicht möglich [Greim 1999]. Der Gehölzschnitt an Gewässern dritter Ordnung wird auf kommunaler Ebene entsorgt, so dass der energetisch verwertbare Anteil des Gehölzschnitts wahrscheinlich im kommunalen Grüngutaufkommen enthalten ist.

Das **technische Flurholzpotential** in Bayern beträgt **0,21 Mio. t_{atro}/a** . Es ist, bezogen auf die Regierungsbezirksfläche, in Unterfranken am höchsten. Es folgen Mittel- und Oberfranken, während in der Oberpfalz und in Niederbayern am wenigsten Flurholz genutzt werden kann (Abb. 21).

1998 fingen die ca. 100 Staustufen der Firma Bayernwerk-Wasserkraft 55.600 m³ **Schwemmgut** auf. Ca. 10% davon sind Holzbestandteile, d.h. hauptsächlich Äste und Sträucher, aber auch ganze Bäume. Dieses Material wird derzeit der Kompostierung zugeführt [Reichmayer 1999]. Unter den Annahmen, dass die Bayernwerke 2/3 des Schwemmguts erfassen und die mittlere Dichte des Schwemmhholzes

200 kg/m³ beträgt, errechnet sich ein **Schwemmholzpotential von 1.700 t_{atro}/a.**

5.5.2 Preise

Die Heiz(kraft)werksbetreiber in Bayern bezahlen sehr unterschiedliche Preise für Flurholz, maximal 80,- DM/t_{18%}. Drei Werke nehmen das Material kostenlos an. Wegen der geringen Anzahl der Nennungen (8 von 53 Werken) und der teilweise fehlenden Feuchteangaben sagt der Mittelwert von 27,- DM/t_{var.} nicht viel aus. Auch Fichtner [1999] stellte in einer Studie, die den Einsatz von Flurholz in einem Biomassekraftwerk untersucht, große Preisunterschiede fest. Folgende Kosten werden für die Bereitstellung der Hackschnitzel frei Werk nach Abzug der Ersparnisse gegenüber bisherigen Berge-, Aufbereitungs- und Entsorgungskosten im Dauerbetrieb kalkuliert (Tab. 35):

Tab. 35: Erwartete Bereitstellungskosten im Dauerbetrieb nach Fichtner [1999]

	Erwartete Bereitstellungskosten
Landschaftspflege in Wacholderheiden	18,90 DM/t _{40%}
Heckenpflege	58,10 DM/t _{40%}
Pflege von Straßenbegleitgehölzen	- 485,00 DM/t _{40%}
Gehölzschnitt aus Kommunen	- 20,40 DM/t _{40%}

Die negativen Bereitstellungskosten ergeben sich durch die Umstellung der Logistikkette auf eine Verbrennung im Heiz(kraft)werk, die gegenüber der bisherigen Entsorgungspraxis Kosten einspart.

Die veränderte Logistikkette bei der Pflege von Straßenbegleitgehölzen und der Entsorgung des Gehölzschnitts aus Kommunen führt zu deutlichen Einsparungspotentialen. Für das Heizkraftwerk und die Straßenmeisterei wäre es somit rentabel, wenn die Straßenmeisterei z.B. 50,- DM pro t_{atro} angelieferten Pflegeschnitts zuzahlt.

5.5.3 Derzeitige Nutzung

In den geförderten Heiz(kraft)werken stammen 6,6% bzw. 9.200 t_{atro} der eingesetzten Biomasse aus der Pflege von Flurholz. Inwieweit Flurholz in privaten Haushalten oder im Gewerbe als Brennstoff eingesetzt wird, kann nicht abgeschätzt werden. Das technische Potential wird insgesamt nur sehr gering ausgenutzt.

5.6 Zusammenfassende Darstellung der Potentiale und Preise

In den vorangegangenen Kapiteln wurden die Energieholzpotentiale für Bayern ausführlich hergeleitet, die Wege der Nutzung aufgezeigt und das Preisniveau analysiert. Die Ergebnisse der Abschätzungen werden im Folgenden gemeinsam betrachtet.

5.6.1 Potentiale und derzeitige Nutzung

Das größte theoretische Potential ist beim Waldenergieholz vorhanden. Wenn der gesamte Zuwachs in Bayern genutzt werden würde (siehe "Einschlag 18 Mio. fm/a" in Tab. 36), könnten 7,4% des Primärenergieverbrauchs in Bayern gedeckt werden. Die zweitgrößte Quelle für Energieholz ist das Industrierestholz. Derzeit werden jährlich 2,63 Mio. t_{atro} produziert. Schnellwachsende Baumarten (Energiewälder) könnten in der Zukunft einen großen Anteil am Energieholzpotential einnehmen. Eine Änderung der Rahmenbedingungen, vor allem des Energiepreinsniveaus, wäre dafür Voraussetzung.

Die Verringerung des theoretischen Potentials aufgrund von technischen bzw. ökologischen Restriktoren ist beim Waldenergieholz am größten. Da das produzierte Industrierestholz grundsätzlich auch zur Verfügung steht, werden hier keine Abzüge vorgenommen. Bezogen auf den derzeitigen Einschlag von 10 Mio. fm/a in Bayern ist das technische Industrierestholzpotential fast doppelt so hoch wie das technische Waldenergieholzpotential. In diesem Zusammenhang gewinnt auch das Aufkommen von Altholz an Bedeutung, das etwa 1 Mio. t_{atro}/a beträgt. Das Flurholzpotential ist deutlich geringer.

Alle Energieholzsortimente zusammen (technisches Potential) könnten kurzfristig, d.h. auf der Basis des derzeitigen Einschlags, 4,2% des Primärenergieverbrauchs decken. Langfristig, d.h. bei einem höheren Einschlag, einem verstärkten Anbau schnellwachsender Baumarten und einer umfangreicheren Nutzung des Altholzaufkommens, liegt dieser Wert bei 7,5 - 13,1%.

Sowohl beim wirtschaftlichen Potential als auch bei der derzeitigen Nutzung hat das Industrierestholz das größte Gewicht. Die energetische Verwertung von Industrierestholz findet meist direkt beim Produzenten statt. Beim Waldenergieholz ist zur Zeit die Brennholznutzung ($675.000 t_{atro}/a$) noch von größerer Bedeutung als die Produktion von Hackschnitzeln. Die Verbrennung von Altholz hat sich in Bayern auch schon zu einer bedeutenden Energiequelle entwickelt, während Holz aus Energiewäldern und Flurholz nur marginal eingesetzt wird.

Für regionale Kalkulationen des Waldenergieholzpotentials sind Angaben über die mögliche jährliche Nutzung je Hektar hilfreich. Derzeit wäre eine Nutzung von $0,47 t_{atro}/(ha*a)$ wirtschaftlich, eine von $0,6 t_{atro}/(ha*a)$ technisch möglich. Eine deutliche Ausweitung der Energieholznutzung erscheint bei Berücksichtigung des Zuwachses der Wälder problemlos möglich (Tab. 37).

Tab. 36: Zusammenstellung der Energieholzpotentiale und der derzeitigen Nutzung in Mio. t_{atro}/a und % des Primärenergieverbrauchs 1996 in Bayern

Energieholzsortiment	Berechnete Varianten	in Mio. t_{atro}/a				in % des Primärenergieverbrauchs			
		Theoretisches Potential	Technisches Potential	Wirtschaftliches Potential	Derzeitige Nutzung	Theoretisches Potential	Technisches Potential	Wirtschaftliches Potential	Derzeitige Nutzung
Waldenergieholz	Einschlag 18 Mio. fm/a ²	9,32	5,49	2,54	0,76	7,44%	4,38%	1,94%	0,61%
	Einschlag 10 Mio. fm/a ³	-	1,42	1,12	0,76	-	1,13%	0,89%	0,61%
Holz aus Energiewäldern		0,23 - 4,87	-	-	0	0,18 - 3,89%	-	-	0,00%
Industrierestholz	Einschlag 18 Mio. fm/a ²	4,73	4,73	3,65	1,23	3,77%	3,77%	2,91%	0,98%
	Einschlag 10 Mio. fm/a ³	2,63	2,63	2,03	1,23	2,10%	2,10%	1,62%	0,98%
Altholz	derzeitige Situation	0,99	0,89	-	0,29	0,88%	0,79%	-	0,26%
	Prognose 2005	0,99	0,95	0,7	-	0,88%	0,84%	0,62%	-
Flurholz		-	0,21	-	0	-	0,17	-	0,00%

1 1996 betrug der Primärenergieverbrauch 2.020.547 TJ (LfStad 1999). Es wurde unterstellt, dass die Energieholzsortimente mit einem durchschnittlichen Wassergehalt von 30% (Ausnahme bei Altholz: Wassergehalt 15%) verbrannt werden. Der Heizwert beträgt daher $0,0161 TJ/t_{atro}$ (Altholz: $0,0179 TJ/t_{atro}$).

2 Einschlag in der Höhe des laufenden Zuwachses in Bayern entsprechend der Studie von Nüsslein (1996)

3 Derzeitige Höhe des Einschlags in Bayern

Tab. 37: Zusammenstellung der Waldenergieholzpotentiale und der derzeitigen Nutzung in $t_{atro}/(ha*a)$

Berechnete Varianten	Theoretisches Potential	Technisches Potential	Wirtschaftliches Potential	Derzeitige Nutzung	Derzeitiger Brennholzeinschlag

Einschlag 18 Mio. fm/a ¹	3,92	2,31	1,07	0,32	0,27
Einschlag 10 Mio. fm/a ²		0,60	0,47	0,32	0,27

1 Einschlag in Höhe des laufenden Zuwachses in Bayern entsprechend der Studie von Nüsslein [1996]

2 Derzeitige Höhe des Einschlags in Bayern

Die Waldenergieholzpotentiale nach Baumartengruppen sind aus Tabelle 38 ersichtlich. Überraschend hoch erscheinen die Werte für Bu/sLbh. 0,9 bis 1,5 $t_{atro}/(ha*a)$ mehr als bei den anderen Baumarten können genutzt werden. Dies resultiert daraus, dass, bezogen auf die Trockenmasse, der Derbholzzuwachs/ha von Bu/sLbh den von Fi/Ta/Dgl übersteigt (Tab. 39). Außerdem ist die Stammholzausbeute bei Bu/sLbh deutlich geringer, so dass mehr Baumteile in das Energieholzsortiment fallen. Die Nutzungsmöglichkeiten der anderen Baumartengruppen liegen beim technischen Potential relativ nahe beieinander. Im wirtschaftlichen Potential werden die Schwachholzsortimente bei Eiche und Bu/sLbh berücksichtigt. Bei Fi/Ta/Dgl dagegen ist die Aushaltung von Stamm- bzw. Industrieholz im Schwachholzbereich wirtschaftlicher als die energetische Nutzung. Es wird daher nicht zum Potential gezählt. Bei Kie/Lä ist das Industrieholz im wirtschaftlichen Potential enthalten.

Tab. 38: Waldenergieholzpotentiale (Basis: Einschlag 18 Mio. fm/a), getrennt nach Baumartengruppen in $t_{atro}/(ha*a)$ in Bayern

	Baumartengruppen			
	Fi/Ta/Dgl	Kie/Lä	Ei	Bu/sLbh
Technisches Potential	2,0	2,0	2,1	3,5
Wirtschaftliches Potential	0,8	0,7	1,3	2,2

Tab. 39: Potentielles Rohholzaufkommen und Zuwachs in Bayern, getrennt nach Baumartengruppen in $t_{atro}/(ha*a)$

	Fi/Ta/Dgl	Kie/Lä	Ei	Bu/sLbh
Potentielles Rohholzaufkommen nach Nüsslein [1996]	3,7	2,3	2,2	3,2
Zuwachs an Derbholz nach Nüsslein [1996]	4,7	3,1	3,8	5,2
Zuwachs an oberirdischer Baummasse (eigene Berechnung)	5,7	3,8	4,2	6,1

5.6.2 Preise

Abbildung 22 enthält die unterschiedlichen Preise, die die Heiz(kraft)werksbetreiber derzeit bezahlen. Für Waldhackschnitzel muss in der Regel am meisten bezahlt werden. Es folgt das Industrierestholz, wobei aber für Rinde ein deutlich geringerer Preis verlangt wird. Der Altholzeinsatz ist am billigsten. In Anlagen, in denen belastetes Altholz (B II) eingesetzt werden darf, können sogar Zuzahlungen der Anlieferer erwartet werden.

Zum einen liegt die große Schwankungsbreite bei den Waldhackschnitzeln in der fehlenden Markttransparenz begründet. Weitere Ursachen sind das Verhandlungsgeschick der Vertragspartner bei der Preisfestsetzung und teilweise die Unterstützung der Hackschnitzelproduktion über den hohen Preis, falls die Hackschnitzelanbieter Mitglieder der Betreibergesellschaft des Heiz(kraft)werks sind.

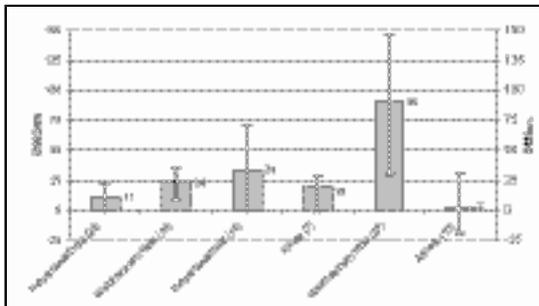


Abb. 22: Von Heiz(kraft)werken bezahlte Preise für unterschiedliche Biomassesortimente; die Säulen geben den Mittelwert, die schwarzen Balken den Minimal- bzw. Maximalwert und die Zahlen in den Klammern die Anzahl der Nennungen an.

6 Vermarktungskonzepte für Waldenergieholz

Wie Eichelbrönner [1998] und Hartmann [1995] darstellen, hemmen vor allem der geringe Kenntnisstand über Holzheizungen, das teilweise schlechte Ansehen des Energieträgers Holz und ein nicht verbrauchergerechtes Brennholzangebot die Ausweitung der Energieholznutzung. Nach einer Einführung in die Grundbegriffe des Marketings werden daher regionale Konzepte vorgestellt, die das Ziel verfolgen, die Energieholzversorgung zu optimieren. Anschließend werden Überlegungen zu einer bayernweiten Marketingpolitik angestellt, um diese regionalen Ansätze zu unterstützen und das Klima für eine Energieholznutzung in Bayern weiter zu verbessern.

6.1 Einführung

Ein Unternehmen (Forstverwaltung, Waldbesitzervereinigung, einzelner Waldbesitzer) verfügt grundsätzlich über folgende Handlungsmöglichkeiten, um seine Absatzchancen zu verbessern [vgl. Nieschlag et al. 1991]:

- a. Die **Produktpolitik** umfasst die Festlegung und Variation der Produkteigenschaften. Beispielsweise kann Brennholz für Selbstwerber als Flächenlos vergeben oder ofenfertig aufgearbeitet angeboten werden.
- b. Die **Entgeltpolitik** erstreckt sich auf die Festlegung der Preise der Produkte und der Preissprünge zwischen den Produktgruppen, die Einräumung von Rabatten und die Gestaltung der Zahlungsbedingungen.
- c. Die **Distributionspolitik** befasst sich mit der Gestaltung des Vertriebssystems. Brennholz kann z.B. frei Waldstraße oder von einem zentralen Lagerplatz aus verkauft, aber auch zum Kunden geliefert werden.
- d. Die **Kommunikationspolitik**, das Marketing im engeren Sinne, wendet die Instrumente der Werbung, Verkaufsförderung und Public Relations an.

In Kapitel 6.3 werden anhand einiger Beispiele die absatzpolitischen Instrumente dargestellt.

6.2 Ansprüche der unterschiedlichen Nachfragergruppen

Waldenergieholz fragen einerseits private Haushalte und andererseits Heiz(kraft)werke nach. Die privaten Haushalte verwenden entweder Brennholz oder Hackschnitzel.

Ansprüche der Heiz(kraft)werke

Sehr wichtig für die Heiz(kraft)werksbetreiber sind gleichbleibende Produkteigenschaften und die Versorgungssicherheit. Die Hackschnitzelqualität wird meist in den Lieferverträgen vereinbart. Der Preis hängt in der Regel vom Wassergehalt ab. Weitere Qualitätskriterien sind vor allem die Größe der Hackschnitzel und der Fremdstoffanteil. Wegen der teilweise geringen Lagerkapazitäten der Werke muss die Hackschnitzelanlieferung regelmäßig und teilweise sogar kurzfristig möglich sein. Eine Zwischenlagerung der Hackschnitzel bei den Produzenten ist daher häufig notwendig.

Ansprüche der privaten Haushalte

Nach Schuster [1991] muss der Verkäufer für den privaten Abnehmer von **Hackschnitzeln** drei Voraussetzungen erfüllen:

- kontinuierliche Belieferung (mehrmals pro Saison)
- gut lagerfähiges Material (Wassergehalt kleiner 30%)
- komfortable Einbringung ins Lager, ähnlich wie bei Heizöl.

Brennholz wird in unterschiedlichen Aufarbeitungsformen nachgefragt:

- unaufgearbeitetes Holz: Selbstwerber, die auf einer Waldfläche das Holz selber fällen bzw. die nicht verwerteten Kronen aufarbeiten, bevorzugen Schläge mit Hartholz und geringer Entfernung zur nächsten Waldstraße. Die Landesforstverwaltung Rheinland-Pfalz unterscheidet bei ihrem Brennholzmarketingkonzept (siehe folgendes Kapitel) noch zwischen ländlichen Selbstwerbern, die als Ziel eine günstige Energieversorgung anstreben, und den professionellen Selbstwerbern, die durch ihre Arbeit ein Einkommen erwirtschaften wollen (LaFoV o.J.).
- Die zweite Möglichkeit besteht darin, dass die Kunden **Schichtholz** kaufen, das sie selbst zu Hause auf die richtige Länge einschneiden, spalten und lagern. Sie erwarten eine gute Erreichbarkeit der Schichtholzpolter.
- Die von der Forstseite noch am geringsten beachtete Gruppe sind die Kunden, die **ofenfertiges Holz** bevorzugen. Für diese ist der Service entscheidend. Auf Wunsch muss das Brennholz auch in kleinen Mengen geliefert und aufgeschichtet werden können.

Die Forderung nach einem möglichst günstigen Preis ist allen Nachfragergruppen gemeinsam. Doch ist nach Ansicht des Bayerischen Waldbesitzerverbandes gerade bei der zuletzt genannten Gruppe eine hohe Bereitschaft vorhanden, bei gutem Service auch höhere Preise zu bezahlen [Baur 1999].

6.3 Verwirklichte Vermarktungskonzepte in Bayern

6.3.1 Biomassehof Kempten

Der Biomassehof wurde am 1. Mai 1999 eröffnet. Zu seinen Kunden zählen derzeit hauptsächlich das Heizkraftwerk Kempten-Ursulasried und private Haushalte. Der Geschäftsführer des Biomassehofs nannte folgende positive Rahmenbedingungen, die die Verwirklichung des Projekts ermöglichten:

- Es existiert ein langfristiger Liefervertrag mit dem Heizkraftwerk Kempten-Ursulasried. Ein gewisser Mindestumsatz und -gewinn ist damit garantiert.
- Das gekaufte Grundstück war schon zu einem großen Teil erschlossen und sogar auf 3.000 m² geteert. Ein Verwaltungsgebäude mit sanitären Einrichtungen war vorhanden, nur große Lagerhallen mussten errichtet werden. Aufgrund dieses Umstandes konnten die Investitionskosten für den Biomassehof auf 2 Mio. DM begrenzt werden.
- Der Freistaat Bayern förderte das Projekt mit 500.000 DM.
- 114 Risikokapitalgeber unterstützen das Projekt in Form einer GmbH.

Hackschnitzelmarketing

Mit dem Heizkraftwerk Kempten-Ursulasried besteht ein Liefervertrag über mindestens 8.000 t_{var.} Waldhackschnitzel (keine Hackschnitzel aus Flurholz) und Sägereestholz im Jahr. Die Abrechnung erfolgt über Gewicht und Wassergehalt. Die Koordination der Brennstoffversorgung übernimmt der Biomassehof, der auch bei der direkt an das Heizkraftwerk angelieferten Ware die Gewichts- und Wassergehaltsbestimmung durchführt. Anliefern darf jeder Waldbesitzer nach vorheriger Absprache bis zu einer jährlichen Liefermenge von 20 t_{var.}. Dies soll verhindern, dass einzelne Lieferanten zu stark von den relativ hohen Preisen profitieren.

Da vor allem die Sägewerke auch im Sommer Hackschnitzel produzieren, betreibt der Biomassehof ein großes Freilager. Mit diesem können kurzfristige Engpässe bei der Lieferung frischer Hackschnitzel überbrückt werden. Bei den angelieferten Mengen werden Masse und Wassergehalt bestimmt. Die Abrechnung erfolgt jedoch erst, wenn die Hackschnitzel im Heizkraftwerk eingesetzt werden.

Derzeit treten nur wenige private Haushalte als Nachfrager von Hackschnitzeln auf. Um den Hackschnitzelabsatz zu vergrößern, werden aber Verhandlungen mit nah gelegenen Heiz(kraft)werken geführt. Ein starkes Marketingargument ist dabei die große Erfahrung des Biomassehofs in der Hackschnitzellogistik, die hohe Versorgungssicherheit und ein garantierter Qualitätsstandard.

Die Preise, die den Lieferanten von Waldhackschnitzeln bezahlt werden, liegen über denen, die mit dem Heizkraftwerk Kempten-Ursulasried für den gesamten Brennstoffmix aus Waldhackschnitzeln und Sägereestholz vereinbart sind. Die niedrigeren Einkaufspreise für Sägereestholz ermöglichen die finanzielle Unterstützung der Produktion von Waldhackschnitzeln.

Brennholzmarketing

Der Biomassehof stellt das Brennholz mittels eines Brennholzautomaten her. Als Rohstoff wird dafür hauptsächlich Buchenindustrieholz lang (Mindestzopf 10 cm, stärkstes Stück < 35 cm) verwendet. Die 25 - 50 cm langen Scheiter werden in zusammenklappbaren Metallkisten, die genau einen Raummeter Holz fassen, gesammelt. Das Meterholz wird mit Stahlbändern gebündelt. Erst nach einer ein- bis zweijährigen Lagerung wird das Brennholz verkauft. In einer neuen Halle wird auch die technische Trocknung erprobt.

Produktpolitik

Das Brennholz wird in den Längen 25, 33, 50 und 100 cm vermarktet. Bei ofentrockenem Holz wird ein Feuchtigkeitsgehalt unter 25% garantiert. Daneben werden auch Holzbriketts, Holzpellets und Anfeuerholz (Reststücke von technisch getrocknetem Konstruktionsholz) angeboten.

Entgeltpolitik

Die Preise vom Herbst 1999 können Tabelle 40 entnommen werden. Die relativ hohen Preise des Biomassehofs werden wegen der gleichbleibend guten Qualität, des Services und der ständigen

Verfügbarkeit des Brennholzes akzeptiert.

Tab. 40: Preise für Brennholz am Biomassehof Kempten entsprechend der Preisliste vom Herbst 1999

	Buche		Fichte
	ofentrocken	spaltfrisch	ofentrocken
Meterholz, gespalten	95,- DM/rm	89,- DM/rm	85,- DM/rm
50 cm, gespalten	105,- DM/rm	99,- DM/rm	95,- DM/rm
33 cm, gespalten	110,- DM/rm	104,- DM/rm	100,- DM/rm
25 cm, gespalten	115,- DM/rm	109,- DM/rm	105,- DM/rm

Distributionspolitik

Die Lage des Biomassehofs in der Nähe der Autobahn, eines großen Einkaufszentrums und des Wertstoffhofs der Stadt Kempten hat sich als sehr vorteilhaft herausgestellt. Dies verdeutlicht der Geschäftsführer: "Am Samstag fährt der Vater die Wertstoffe weg und nimmt auf dem Rückweg noch schnell etwas Brennholz mit nach Hause." Geöffnet ist der Biomassehof unter der Woche von 8 bis 17 Uhr und am Samstag von 9 bis 13 Uhr. Über eine Verlängerung der Öffnungszeiten am Freitag Nachmittag und am Samstag wird derzeit nachgedacht, da zu diesen Zeiten die größte Nachfrage herrscht. Auf Wunsch wird die Ware auch angeliefert, wobei jedoch Kosten von ca. 65,- DM pro Lieferung anfallen. In einigen Fällen, z.B. bei kleineren Bestellmengen, wird im Sinne eines guten Services auf die Lieferkosten verzichtet.

Kommunikationspolitik

Der Geschäftsführer sieht als Ziel seiner Kommunikationspolitik die zufriedenen Kunden und einen möglichst großen Bekanntheitsgrad des Biomassehofs. Jedem, der im Bereich Kempten Energieholz benötigt, soll der mögliche Beschaffungsweg bekannt sein wie der Supermarkt um die Ecke. Bei einer telefonischen Umfrage im Bereich Kempten wurde festgestellt, dass im September 1999 ca. 10% der Bevölkerung den Biomassehof kennen. Da ca. 25% der befragten Haushalte Holz verbrennen und damit potentielle Kunden darstellen, wird weiterhin intensiv geworben.

Um eine hohe Kundenzufriedenheit zu erreichen, wird der Service am Biomassehof sehr wichtig genommen. Die Mitarbeiter helfen bei Bedarf den Kunden beim Einladen und liefern auch kleine Mengen Brennholz sehr kurzfristig aus. Dies alles setzt ein hoch motiviertes und kundenorientiertes Arbeitsteam voraus.

Im Bereich der Werbung setzt man auf mehrere Informationskanäle. In den örtlichen Zeitungen wird regelmäßig inseriert, um aktuelle Angebote bekanntzugeben und im Gedächtnis der Bevölkerung präsent zu sein. In Zusammenarbeit mit einer Werbeagentur wurden Broschüren erstellt, die bei öffentlichen Stellen ausliegen und auch von Heizungsbaufirmen verteilt werden. Außerdem wurde im September eine Mailing-Aktion durchgeführt. Der Erfolg dieser Maßnahme konnte aber noch nicht abgeschätzt werden. Des Weiteren sind die Mitarbeiter des Biomassehofs regelmäßig in Baumärkten und Messen mit Informationsständen präsent, um einerseits allgemein über das Thema "Heizen mit Holz" zu informieren und andererseits Kunden zu gewinnen. Auch im Internet ist der Biomassehof vertreten. Die Adresse <http://www.holzbrennstoffe.de> wird derzeit von Surfern aus dem gesamten Bundesgebiet und dem Ausland besucht.

Darüber hinaus arbeitet der Biomassehof beim Energie- u. Umweltzentrum Allgäu (eza) mit, das sich für die Förderung erneuerbarer Energien und effizienter Energienutzung einsetzt.

6.3.2 Regionale Brennholz-Depots

Den Begriff entwickelte der Bayerische Waldbesitzerverband für sein Brennholzvermarktungskonzept (siehe folgendes Kapitel). Die Ausgestaltungsmöglichkeiten eines solchen Brennholzdepots wird an zwei Beispielen, die der Bayerische Waldbesitzerverband als vorbildlich bezeichnet, verdeutlicht:

1. Brennholz-Depot Obermayer in Sachsen-Volkersdorf (Mittelfranken)

Der Besitzer eines kleinen Bauernhofes sieht in der landwirtschaftlichen Produktion keine Zukunftsperspektive. Deshalb hat er sich auf die professionelle Vermarktung von Brennholz spezialisiert. Das Brennholz, das er vermarktet, stellt er selbst her. Er tritt als Selbstwerber bei öffentlichen und privaten Waldbesitzern auf. Dabei arbeitet er das Holz zu 5m-Stücken auf und teilt es mittels eines Brennholzautomaten in die gewünschten Längen ein. Das Holz trocknet vor dem Verkauf zwei Jahre in einer Halle.

Produkt- und Entgeltpolitik

Das Brennholz wird in allen gewünschten Längen hergestellt. Der Raummeter Fichtenholz (33 cm, ofenfertig) kostet 85,- DM, der Raummeter Laubholz (33 cm, ofenfertig) 120,- DM.

Distributionspolitik

Der größte Teil des Brennholzes wird zu Kunden im Bereich Ansbach-Nürnberg geliefert. Die Mengen bewegen sich zwischen 1 und 4 rm. Bei kürzeren Entfernungen ist die Lieferung kostenfrei, für den Transport in das ca. 40 km entfernte Nürnberg werden 50,- DM berechnet.

Kommunikationspolitik

Der Betriebsinhaber setzt auf sein Image als Waldbauer, der mit seiner ökologischen Waldbewirtschaftung die natürlichen Lebensgrundlagen der Bevölkerung schützt. Ein gepflegtes, aber doch "waldbauerntypisches Auftreten" (grüne Arbeitskleidung, Filzhut) wird von seinen Kunden positiv aufgenommen. Als direkter Konkurrent wird die Heizölbranche gesehen. Serviceleistungen wie "Lieferung des Holzes bis ins Wohnzimmer", Aufschichten des Holzes und kurzfristige Liefertermine nehmen daher eine zentrale Stellung ein. Auf diese Weise konnte der Betrieb viele Stammkunden gewinnen.

Die Werbung erfolgt fast ausschließlich über den Ofenhandel bzw. die Heizungsbauer, die Informationsblätter mit den aktuellen Preisen verteilen.

2. Brennholz-Depot Wendersreuth der Forstbetriebsgemeinschaft

Neustadt/Waldnaab-Nord

Die Mitglieder der WBV liefern dem Inhaber des Brennholzdepots das Holz. Auf dem Hof wird das Holz gespalten, in ofenfertige Längen eingeschnitten und gelagert. Jährlich werden derzeit über 1.000 rm abgesetzt.

Produkt-, Entgelt- und Distributionspolitik

Ein breites Sortiment an Holzarten wird in allen gewünschten Längen angeboten. Der Qualität des Brennholzes wird großes Gewicht zugemessen. Beispielsweise werden angestockte Hölzer aussortiert und als Billigware verkauft. Über die Preispolitik liegen keine weiteren Aussagen vor. 99% des Brennholzes werden zum Kunden geliefert. Die Mengen bewegen sich dabei meist über 5 rm.

Kommunikationspolitik

Für die Werbung wurde der Slogan "Qualitäts-Brennholz aus der nördlichen Oberpfalz" formuliert. In den regionalen Zeitungen erscheinen wöchentlich Inserate. Außerdem liegen Werbeblätter in Banken und an öffentlich zugänglichen Stellen aus.

6.3.3 Brennholzbörse der Waldbesitzervereinigung Wasserburg-Haag

Die Waldbesitzervereinigung legt grundsätzlich viel Wert auf Öffentlichkeitsarbeit. Durch ihre Medienpräsenz macht sie regelmäßig auf die Brennholzbörse aufmerksam. Die Kunden, die Brennholz kaufen wollen, werden über die WBV an die Brennholzanbieter weitervermittelt. Alle weiteren Kontakte ergeben sich dann direkt zwischen dem Kunden und dem Waldbesitzer. Das Problem der Kunden, einen geeigneten Brennholzlieferanten zu finden, wird somit verringert.

6.3.4 Überregionale Hackschnitzellogistik im Bereich Landau an der Isar

Auf Betreiben des Forstamts Landau haben sich die Waldbesitzervereinigungen Landau, Dingolfing, Niederviehbach, Preisbach und Vilsbiburg zum Isar-Vilstaler Waldbauernverbund zusammengeschlossen. Sie repräsentieren damit 3.700 Mitglieder mit ca. 23.000 ha Wald. Der ursprüngliche Plan sah die Gründung einer gemeinsamen Holzvermarktungs-GmbH vor. Dies wurde aber nicht verwirklicht. Mittlerweile hat die WBV Landau eine eigene Holzvermarktungs-GmbH gegründet. Diese vermarktet auch Hackschnitzel, wobei sie hauptsächlich die Firma Neoplan mit derzeit 1.000 t_{var.} Hackschnitzeln pro Jahr beliefert. Die GmbH hat die Organisation und die Abrechnung der Hackschnitzel übernommen. Ein sehr großes Problem stellt der geringe Waldanteil in Niederbayern dar, woraus lange Transportwege resultieren. Alle Mitglieder des Waldbauernverbunds können im Prinzip Hackschnitzel liefern. Derzeit nutzen regelmäßig ca. 30 Bauern diese Möglichkeit. Die Firma Neoplan bezahlt 30,- DM/Srm. Die Vermarktungs-GmbH leitet die Erlöse ohne Abzug an die Lieferanten weiter.

6.3.5 Hackschnitzelmarketing der Waldbesitzervereinigung Grafenau

Die WBV Grafenau kann nach dem Bau eines zentralen überdachten Lagerplatzes ihre Hackschnitzel besser vermarkten. Er ermöglicht ein beständiges Angebot von Hackschnitzeln mit niedrigem Wassergehalt. Als Kunden treten mehrere kleinere Heizwerke, Schreinereien und private Haushalte auf. Mitglieder der Waldbesitzervereinigungen Grafenau und Wolfstein liefern die Hackschnitzel an. Für Lagerung und Verwaltung werden ca. 7,- DM/Srm berechnet.

6.3.6 Energieholzbörse im Internet

Die Firma Internationale Holzbörse GmbH (IHB) bietet im Internet unter der Adresse <http://www.energieholz.de> eine Energieholzbörse an. Die Anbieter/Nachfrager können über das Internet ihr Angebot/Gesuch mit Angabe des Sortiments, der möglichen Liefermenge/Nachfragemenge, des Preises und einer Kontaktadresse bzw. Telefonnummer in eine Liste eintragen. Diese Liste kann im Internet abgerufen werden. Die Vertragsabschlüsse kommen dann direkt zwischen den Energieholzanbietern und -kunden zustande. Für Brennholz, Hackschnitzel und Industrierestholz/Altholz werden spezielle Listen geführt. Die Abgabe von Angeboten/Gesuchen ist kostenlos. Die Abfrage der Listen ist beim Brennholz kostenlos, für die Hackschnitzel- und Industrierestholz/Altholz-Listen ist ein Passwort notwendig. Dafür werden derzeit 29,- DM pro Monat berechnet. Ein kostenloser Zugang ist aber auf Anfrage möglich.

Zusätzlich enthalten die Internetseiten auch viele Informationen zu den unterschiedlichen Energieholzsortimenten sowie Adressen von Holzlieferanten und Heizungsbauern.

Die IHB registriert monatlich über eine Million Zugriffe auf die Seiten der internationalen Holzbörse. Wie viele Surfer speziell die Seiten der Energieholzbörse besuchen, kann aber nicht festgestellt werden. Nachdem diese Seiten zuerst nur versuchsweise gestartet wurden, ist man inzwischen sehr zufrieden über die rege Nachfrage. "Die Energieholzbörse hat sich zum Selbstläufer entwickelt" [Niedermeier 1999]. Es ist geplant, die Internetseiten zu überarbeiten und noch weitere Informationen über die energetische Nutzung von Holz anzubieten.

6.4 Überregionale Marketingkonzeptionen

6.4.1 Konzept des Bayerischen Waldbesitzerverbandes und des Vereins "Energie aus Holz"

Wegen der immer noch schwierigen Absatzsituation vor allem des Laub-Schwachholzes sieht der Bayerische Waldbesitzerverband in der Brennholzvermarktung eine wichtige Einnahmequelle für den privaten Waldbesitz. "Wenn ein Papierwerk 100.000 rm Industrieholz einkauft, ist für das Werk der Preis das Entscheidungskriterium. Ein Mehrpreis von 5,- DM/rm verursacht beim Werk Mehrkosten von 500.000,- DM. Beim Brennholz sind die Kunden bereit, für eine gute Qualität und einen guten Service 5,- bis 10,- DM je rm mehr zu bezahlen. Eine langfristige Bindung der Kunden an den Lieferanten ist auch leichter möglich. Deshalb rechnet es sich für den Waldbesitzer, Brennholz zu produzieren." [Baur 1999].

Der Waldbesitzerverband hat daher in Zusammenarbeit mit dem Verein "Energie aus Holz" das folgende Brennholzvermarktungskonzept entwickelt.

Distributionspolitik

Als Ziel wird mindestens ein Brennholz-Depot pro Landkreis angestrebt, das den Wunsch der Kunden nach ofenfertigem Brennholz erfüllen kann. Die bereits bestehende Brennholzvermarktung (Selbstwerberholz, Verkauf von Meterware etc.) soll weitergeführt werden.

Kommunikationspolitik

Der Verband legt großes Gewicht auf die Entwicklung von Werbematerial, das die Mitglieder für ihre Aktivitäten einsetzen können. Dafür wurde ein Herkunftszeichen/Logo entwickelt (Abb. 23).

Abb. 23: *Herkunftszeichen/Logo "Bayerisches Brennholz", entwickelt vom Bayerischen Waldbesitzerverband*

Bisher wurden folgende Werbeträger entworfen:

- Broschüre "Bayerisch heizen" in Zusammenarbeit mit dem Verein "Energie aus Holz": Die Broschüre enthält eine nach Regierungsbezirken und Landkreisen geordnete Liste von Brennholzdepots und sonstigen Brennholzlieferanten mit Informationen über deren Angebot (Laub-, Nadelholz, ofenfertiges Brennholz). Die Broschüre liegt derzeit in der zweiten Auflage vor. Die Adressen können auch im Internet über die Seite <http://www.brennholz.com>, verwaltet von der Heizungsbaufirma Brunner, abgefragt werden.
- Broschüre "Der Holz-Heiz-Knigge" in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgemeinschaft der deutschen Kachelofenwirtschaft (AdK): Sie

informiert über die Vorteile des Energieträgers Holz, technische Fragen und über die Fehler, die beim Heizen mit Holz vermieden werden sollen. Die Broschüre war vergriffen, wurde inzwischen in veränderter Form von der AdK wieder herausgegeben.

- Infoblatt "Heizen mit Holz" in Zusammenarbeit mit dem Verein "Energie aus Holz" und der Firma Ulrich Brunner GmbH: Es stellt die Vorteile vom Heizen mit einheimischem Holz dar und propagiert das Herkunftszeichen "Bayerisches Brennholz".
- Papier-Tragetasche mit den Logos "Bayerisches Brennholz" und "Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft", gefördert vom Holzabsatzfonds: Die Tasche kann z.B. gefüllt mit einigen Scheiten Brennholz auf Messen und bei Informationsveranstaltungen verteilt werden.

Einerseits begrenzen die geringen finanziellen Mittel die Aktivitäten des Waldbesitzerverbandes. Andererseits wird die Trägheit der Waldbesitzer, die über den Eigenbedarf hinaus nur wenig Brennholz produzieren und die Wertschöpfungspotentiale der Brennholzvermarktung nicht erkennen, beklagt. Der Waldbesitzerverband arbeitet daher auch intensiv an der Weiterbildung seiner Mitglieder.

6.4.2 "Brennholz - eine zündende Idee": Vermarktungsinitiative der Landesforstverwaltung Rheinland-Pfalz

Die zuständige Staatsministerin stellte im Oktober 1996 zusammen mit den Kooperationspartnern (Waldbesitzerverband, Gemeinde- und Städtebund) das oben genannte Konzept vor. Ziel war es, den Brennholzabsatz zu verdoppeln.

Als Maßnahmen waren vorgesehen [Martini 1996]:

- Verstärkung der Öffentlichkeitsarbeit (z.B. Brennholzfibel)
- Organisation von Brennholztagen im Rahmen des Treffpunkts Wald
- Kooperation mit Firmen aus dem Bereich Ofenbau und Solarthermik
- Installation eines durchgängigen Angebots für alle Kundengruppen (Selbstwerber, Abholer, Anlieferer)
- Aufbau mindestens eines örtlichen Unternehmens, das Brennholz ofenfertig anliefert
- Entwicklung von einigen überregionalen Unternehmen, die Großvermarkter (z.B. Baumärkte, Raiffeisengenossenschaften, Einkaufscenter) mit ofenfertigem Brennholz beliefern.

Die Abteilung Kommunikation und Marketing (KOMMA) der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz koordiniert die landesweite Arbeit. Dafür werden ca. 20% der Arbeitszeit eines Mitarbeiters veranschlagt. Die zentrale Position haben aber die Forstämter inne, die meist eine örtliche Zusammenarbeit der Brennholzproduzenten und die Öffentlichkeitsarbeit initiieren. KOMMA unterstützt daher die Forstämter mit entsprechenden Leitfäden (Entscheidungshilfe Brennholzmarketing, Intensivierung der Brennholzvermarktung: Hinweise zur Produkt-PR und Brennholzwerbung), Informationsmaterial (Faltblätter, Heiz-Holz-Knigge (s. Kap. 6.4.1)) und bei Bedarf mit persönlicher Beratung. Positive regionale Vermarktungsideen und wissenschaftliche Forschungsergebnisse werden in der Mitarbeiterzeitschrift der Landesforstverwaltung regelmäßig beschrieben, um die Mitarbeiter vor Ort zu informieren und zu motivieren.

Das wirtschaftliche Ziel der Landesforstverwaltung ist es, die Absatzmenge an Brennholzsortimenten zu erhöhen. Dabei wird ein Deckungsbeitrag von 20,- DM/fm bzw. 14,- DM/rm angestrebt. Aufgrund zu hoher Bereitstellungskosten für das Endprodukt "ofenfertiges Brennholz" stellt die Landesforstverwaltung nur das Ausgangsmaterial in Form von Selbstwerberholz, Industrieholz oder Fixlängen bereit. Die Verbesserung des Brennholzmarketings liegt im Interesse der Forstverwaltung, da bei einem größeren Brennholzabsatz die Brennholzhändler zur Deckung ihres Rohstoffbedarfs vermehrt auf das staatliche Holzangebot zurückgreifen.

Die Vermarktungsstrategie ist erfolgreich: 1998 wurden 366.000 fm Brennholz verkauft. Der Brennholzabsatz stieg um 11% gegenüber dem Vorjahr [Anonymus 1999]. Derzeit ist geplant, Holzheizungen in Kombination mit Solaranlagen in Forstämter bzw. Forstdienststellen einzubauen. Damit können der Bevölkerung die technischen Möglichkeiten beim Einsatz regenerativer Energien demonstriert werden.

6.4.3 Energieholzmarketing in Österreich

In Österreich wird ebenfalls verstärkt Werbung für den Energieträger Holz betrieben. Der Österreichische Biomasse-Verband startete im Herbst 1999 in Zusammenarbeit mit der Holzvermarktungsstelle "Pro Holz" eine Kampagne, um das weitgehende Monopol der fossilen Energieträger zu durchbrechen. Das Ansehen des Brennstoffes Holz soll verbessert und der Wissensstand über Holz-Heizsysteme erhöht werden. Die zentrale Werbebotschaft stellt dabei die "Bequeme Wärme aus Holz" dar. Verbreitet wird diese von Familie Holzner, die schon seit mehreren Jahren mit dem Slogan "Stolz auf Holz" die Werbebotschaften der Forst- und Holzwirtschaft transportiert. Geplant sind u.a. Informationsbeilagen in den Tageszeitungen Krone, Kurier und regionalen Blättern sowie Beiträge in einschlägigen Printmedien [Larndorfer 1999].

6.5 Vorschlag für ein bayernweites Energieholz-Marketing

Die vielfältigen örtlichen Initiativen sollten mit einer bayernweiten Kommunikationspolitik unterstützt werden. Eine Zusammenarbeit von Staatsforstverwaltung, Vertretern des kommunalen und privaten Waldbesitzes, C.A.R.M.E.N. e.V., Energieversorgungsunternehmen, dem Bayerischen Waldbesitzerverband, dem Verein Energie aus Holz, der Arbeitsgemeinschaft der deutschen Kachelofenwirtschaft und Vertretern von Umweltschutzverbänden erscheint geeignet, die Marketingbotschaft möglichst weit zu streuen.

Die staatlichen bayerischen Forstämter nehmen teilweise eine sehr aktive Stellung im Bereich der Förderung der energetischen Verwertung von Waldholz ein. Vor allem Forstämter mit großer Privatwaldfläche engagieren sich stark in dieser Frage. Die ausgeführten Tätigkeiten können in drei Bereiche zusammengefasst werden:

- Beratung der Privatwaldbesitzer und der Waldbesitzervereinigungen in Bezug auf wirtschaftliche Arbeitsverfahren, notwendige technische Ausrüstung und mögliche finanzielle Unterstützungen
- Öffentlichkeitsarbeit: Hier sollen nur einige Beispiele genannt werden. Mehrere Forstämter setzen die von der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft entworfene Ausstellung "Holz. Energierohstoff mit Zukunft" auf Messen ein. Die staatlichen Forstämter Landau und Freyung installierten jeweils eine Hackschnitzelheizung im Forstamtsgebäude. Diese Anlagen können als Demonstrationsobjekte genutzt werden, um neue Interessenten zu gewinnen.
- Politische Arbeit zur Förderung des Energieholzeinsatzes: Eine wichtige Stellung haben die Forstämter häufig bei der Projektierung von Biomasseheiz(kraft)werken inne. Sie übernehmen eine Vermittlerfunktion zwischen den Werksbetreibern und den möglichen Lieferanten und helfen den Waldbesitzern bei der Entwicklung einer Versorgungslogistik.

Eine zentrale Aufgabe müssten neben den staatlichen Forstämtern die Waldbesitzervereinigungen übernehmen. Die bessere Ausschöpfung des Energieholzpotentials im Privatwald hängt von ihnen ab. Die Einrichtung von regionalen Brennholz-Depots und von Biomassehöfen im Bereich der Ballungszentren sollte unterstützt werden. Zentrale Anlaufstelle und Koordinator der Maßnahmen könnte ähnlich wie in Rheinland-Pfalz ein von der Staatsforstverwaltung gestellter Energieholzbeauftragter sein. Er könnte in Anlehnung an bestehende Modelle individuelle Vermarktungskonzepte zusammen mit den Interessenten entwickeln.

7 Zusammenfassung der Forschungsarbeit

Ziel der vorliegenden Studie war es, Angebot und Nachfrage auf dem Energieholzmarkt in Bayern darzustellen, verschiedene Vermarktungsmöglichkeiten von Waldenergieholz aufzuzeigen und daraus ein Konzept für ein bayernweites Energieholz-Marketing zu entwickeln.

Angebot an Energieholz

Aufgabe der Studie war es, herzuleiten, welche Holzmenge sich aus theoretischer, technischer und wirtschaftlicher Sicht zur Energiegewinnung eignet. Der Terminus "Energieholz" umfasst sowohl Waldenergieholz als auch sonstige Energieholzsortimente (Industrierest-, Alt-, Flur- und Schwemmholz). Das **Waldenergieholzpotential** wird auf der Basis der Ergebnisse der Bundeswaldinventur bzw. der derzeitigen Einschlagszahlen ermittelt und nach Baumarten bzw. Regierungsbezirken getrennt dargestellt. Das technische Potential enthält die Sortimente Schwachholz, Brennholz, Kronenholz (Kronenderholz, Reisig), nicht verwertbares Derbholz (NH) und Rinde. Bezogen auf den nachhaltig möglichen Einschlag von 18 Mio. fm/a in Bayern [Nüsslein 1996] errechnet sich ein Wert von 5,49 Mio. t_{atro}/a bzw. flächenbezogen von 2,31 $t_{atro}/(ha^*a)$. Das theoretische Potential berücksichtigt zusätzlich Stockholz, Blätter bzw. Nadeln sowie Blüten und Fruchtstände. Es beträgt 9,32 Mio. t_{atro}/a bzw. 3,92 $t_{atro}/(ha^*a)$. Um das wirtschaftliche Potential zu erfassen, werden die Kosten und Erlöse der Hackschnitzel- und Brennholznutzung analysiert und mit denen der Industrieholznutzung verglichen. Für das wirtschaftliche Potential ergibt sich auf Basis des nachhaltig möglichen Einschlags ein Wert von 2,54 Mio. t_{atro}/a bzw. 1,07 $t_{atro}/(ha^*a)$.

Bezogen auf den derzeitigen Einschlag von 10 Mio. fm/a liegt das wirtschaftliche Waldenergieholzpotential bei 1,12 Mio. t_{atro}/a bzw. 0,47 $t_{atro}/(ha^*a)$, das technische Potential bei 1,42 Mio. t_{atro}/a bzw. 0,6 $t_{atro}/(ha^*a)$.

Derzeit werden 0,76 Mio. t_{atro}/a bzw. 0,32 $t_{atro}/(ha^*a)$ Waldenergieholz genutzt. Dies entspricht je nach Bezugsbasis 29,9% bzw. 67,9% des wirtschaftlichen Potentials. Das Brennholz nimmt mit 0,68 Mio. t_{atro}/a bzw. 0,27 $t_{atro}/(ha^*a)$ den größten Anteil ein. Der Rest entfällt auf Waldhackschnitzel für Heizkraftwerke (Produktion 0,08 Mio. t_{atro}/a bzw. 0,05 $t_{atro}/(ha^*a)$).

Tabelle 41 enthält eine Zusammenstellung aller Energieholzpotentiale nach Quelle und Verfügbarkeit. Die stoffliche Nutzung in der Papier-, Zellstoff- und Holzwerkstoffindustrie in Bayern beschränkt dabei das wirtschaftliche Potential des Industrierest- und Altholzes.

Tab. 41: Potentiale der unterschiedlichen Energieholzsortimente in Mio. t_{atro}/a

Energieholzsortiment	Berechnete Varianten	Theoretisches Potential	Technisches Potential	Wirtschaftliches Potential	Thermische Nutzung
Waldenergieholz	Einschlag 18 Mio. fm/a	9,32	5,49	2,54	0,76
	Einschlag 10 Mio. fm/a	k.A.	1,42	1,12	0,76
Holz aus Energiewäldern		0,23-4,87	nicht ermittelt		0,00
Industrierestholz	Einschlag 18 Mio. fm/a	4,73	4,73	3,65	1,23
	Einschlag 10 Mio. fm/a	2,63	2,63	2,03	1,23
Altholz	Derzeitige Situation	0,99	0,89	0,70	0,29
Flurholz	0,23-4,87	nicht ermittelt	0,21	nicht ermittelt	0,00

Alle Energieholzsortimente zusammen (technisches Potential) könnten kurzfristig, d.h. auf der Basis des derzeitigen Einschlags, 4,2% des Primärenergieverbrauchs in Bayern decken. Langfristig, d.h. bei einem höheren Einschlag, einem verstärkten Anbau schnellwachsender Baumarten (Energiewälder) und einer umfangreicheren Nutzung des Altholzaufkommens, liegt dieser Wert bei 7,5 - 13,1%.

Nachfrage nach Energieholz

In Bayern verbrennen 68 geförderte und ca. 200 nicht geförderte Heiz(kraft)werke, etwa 5.000 Schreinereien und Zimmereien sowie zahlreiche private Kleinverbraucher Energieholz (Stand: Ende 1998). Über 1,7 Mio. Kleinanlagen (Zentralheizungen, Einzel- oder Mehrraumöfen, Allzweck- oder Kachelöfen, offene Kamine) sind in Betrieb. Immer mehr Bürger bauen Kachel- und Kaminöfen in ihre Häuser und Wohnungen ein.

Die Nachfragemengen wurden zum größten Teil aus Literaturdaten hergeleitet (Tab. 41). Die Nachfrage der nicht geförderten Heiz(kraft)werke wurde mittels einer Umfrage erhoben. Die befragten Werke setzen überwiegend Industrierestholz ein. Der Anteil des Waldenergieholzes beträgt 1,7%, der des Altholzes 7,9%.

Die bayerischen Heiz(kraft)werke zahlen zur Zeit durchschnittlich

- für Waldhackschnitzel 90,- DM/t_{30%} (29,- bis 146,- DM/t_{30%})
- für Industrierestholz 34,- DM/t_{30%} (0,- bis 70,- DM/t_{30%})
- für Rinde 19,- DM/t_{30%} (0,- bis 28,- DM/t_{30%})
- für Altholz 2,- DM/t_{30%} (- 20,- bis 30,- DM/t_{30%})
- für Flurholz 27,- DM/t_? (0,- bis 68,- DM/t_{30%})

Marketingkonzepte

Die Vorteile der thermischen Verwertung von Holz sind noch zu wenig anerkannt. Nicht CO₂ ?neutrale Energieträger wie Erdgas gelten im Gegensatz zu Holz als "sauber". Die derzeit existierenden Marketingstrategien reichen nicht aus, um das Ansehen des Holzes als Energieträger zu verbessern. Nach einer Einführung in die Marketingtheorie werden zukunftsweisende regionale Vermarktungskonzepte in Bayern vorgestellt:

- der Biomassehof Kempten
- zwei Brennholzdepots
- eine von einer Waldbesitzervereinigung organisierte Brennholzbörse
- überregionale Hackschnitzelvermarktungskonzepte
- eine Energieholzbörse im Internet.

Am Beispiel von landesweiten Marketingkonzepten (Bayerischer Waldbesitzerverband, Rheinland-Pfalz, Österreich) wird ein Vorschlag für ein bayerisches Energieholz-Marketing entwickelt.

8 Summary

The aim of the study in question was to present supply and demand on the fuel wood market in Bavaria, to demonstrate various marketing possibilities for forest fuel wood, and to develop from this a Bavaria-wide plan for marketing fuel wood.

The supply of fuel wood

The task of the study was to work out what quantity of wood is usable as fuel from the theoretical, technical and economic points of view. The term "fuel wood" includes forest fuel wood and also other sources of fuel wood (wood industry leftovers, used wood, wood from trees outside the forest, alluvial wood). The forest fuel wood potential is based on the results of the State Forest Inventory and current figures for felling volume and is presented separately according to tree species and district within Bavaria. The technical potential contains the categories young wood, fuel logs, crown wood (with diameter >7 cm, and twigs), unusable wood, and bark. If the sustainable possible felling volume of 18 million m³/year (solid volume) in Bavaria [Nüsslein, 1996] is used in the calculation, a value of 5.49 million t_{dry}/year or, in terms of area, 2.31 t_{dry}/(ha*year) can be calculated. The theoretical potential also takes stumps, leaves or needles and blossoms and fruit into account. It amounts to 9.32 million t_{dry}/year or 3.92 t_{dry}/(ha*year) respectively. To give the economic potential, the costs and proceeds from the use of wood chips and fire wood are analysed and compared with those of industrial wood use. For the economic potential, a figure of 2.54 million t_{dry}/year or 1.07 t_{dry}/(ha*year) emerges using the sustainable felling volume as a basis for calculation.

If the actual current felling volume of 10 million m³/year is used, the economic potential of forest fuel wood is 1.12 million t_{dry}/year or 0.47 t_{dry}/(ha*year), and the technical potential is 1.42 million t_{dry}/year or 0.6 t_{dry}/(ha*year).

At the moment, 0.76 million t_{dry}/year or 0.32 t_{dry}/(ha*year) of forest fuel wood is used. This corresponds to 29.9% or 67.9% respectively of the economic potential, depending on the reference unit. Firewood makes up the greatest proportion with 0.68 million t_{dry}/year or 0.27 t_{dry}/(ha*year) respectively. The rest is forest wood chips for heating (power) stations (production: 0.08 million t_{dry}/year or 0.05 t_{dry}/(ha*year)).

Table 41 compiles all fuel wood potentials according to source and availability. The recycling of the material in the paper, cellulose and wooden materials industries in Bavaria limits the economic potential of wood industry leftovers and used wood in this.

All categories of fuel wood put together (technical potential) could in the short term, (that is, on the basis of the current felling volume) cover 4.2 % of primary energy consumption in Bavaria. In the long term, that is with a higher felling volume, increased planting of fast-growing tree species (energy forests) and wider use of the quantity of used wood, this value comes to 7.5 ? 13.1%.

Tab. 42: *Potential of the various fuel wood sources in million t_{dry}/year*

Source of fuel wood	Calculated variants	Theoretical potential	Technical potential	Economic potential	Thermal use
Forest fuel wood	Felling volume 18 M m ³ /a	9.32	5.49	2.54	0.76
	Felling volume 10 M m ³ /a	-	1.42	1.12	0.76
Wood from energy forests		0.23-4.87	not given		0.00
Wood industry leftovers	Felling volume 18 M m ³ /a	4.73	4.73	3.65	1.23
	Felling volume 10 M m ³ /a	2.63	2.63	2.03	1.23
Used wood	Current situation	0.99	0.89	0.70	0.29
Wood from outside forests		not given	0.21	not given	0.00

Demand for fuel wood

In Bavaria fuel wood is burned by 68 subsidised and around 200 non-subsidised heating (power) stations, some 5000 carpenters? and joiners? workshops, and many small private consumers (status at end of 1998). Over 1.7

million small installations (central heating systems, single room stoves or stoves heating several rooms, all-purpose or tiled stoves, open fireplaces) are in operation. More and more people are having tiled and chimney stoves fitted in their houses and flats.

The demand quantities were largely derived from data in literature (see Table 41). Demand from the non-subsidised heating (power) stations was gained by means of a survey. The heating plants surveyed used mainly leftover industrial wood. The proportion of forest fuel wood used was 1.7 %, and that of used wood 7.9 %.

On average at the moment the Bavarian heating (power) stations pay:

- For forest wood chips 90.00 DM/t_{30%} (29.00 to 146.00 DM/t_{30%})
- For wood industry leftovers 34.00 DM/t_{30%} (0.00 to 70.00 DM/t_{30%})
- For bark 19.00 DM/t_{30%} (0.00 to 28.00 DM/t_{30%})
- For used wood 2.00 DM/t_{30%} (-20.00 to 30.00 DM/t_{30%})
- For wood from outside forests 27.00 DM/t_? (0.00 to 68.00 DM/t_{30%})

Marketing concepts

The advantages of the thermal use of wood are still too little recognised. Non CO₂ ? neutral sources of energy such as natural gas are considered to be "clean", in contrast to wood. Existing marketing strategies are not sufficient to improve the image of wood as a source of fuel. After an introduction to marketing theory, forward-looking regional marketing concepts in Bavaria are presented:

- The Kempten biomass plant
- Two fuel wood depots
- A fuel wood exchange organised by an association of forest owners
- Cross-regional wood chip marketing concepts
- A fuel wood exchange in the internet.

A proposal for a Bavarian fuel wood marketing concept based on the example of country-wide marketing concepts (Bavarian Association of Forest Owners, Rhineland-Pfalz, Austria) has been developed.

9 Sonstiges

9.1 Literaturverzeichnis

Anonymus (1992): Umweltrecht. 7. Auflage. München, dtv. 783 S.

Anonymus (1998): Stilllegung: Die Rate steigt wieder. nawaros 7/98, S. 2.

Anonymus (1999): Brennholzmarketing hat in Rheinland-Pfalz gezündet. Holzzentralblatt 115, S. 1541.

Atteslander, P. (1995): Methoden der empirischen Sozialforschung. 8. Auflage. Berlin, New York, Walter de Gruyter. 418 S.

Balkova, J.; Boeschen, U.; Buchs, W. (1998): Entsorgung von Holzabfällen aus Hessen 1993-1997. Umweltspl., Arbeits- u. Umweltschutz, Heft 256. Schriftenr. d. Hess. Landesanst. f. Umwelt, 102 S.

Bartelheimer, P.(1992): Wirtschaft und Holzmarkt. AFZ 23, S. 1246-1251.

Bartelheimer, P.(1994): Wirtschaft und Holzmarkt. AFZ 21, S. 1192-1200.

Bartelheimer, P.(1996): Wirtschaft und Holzmarkt. AFZ 24, S. 1342-1348.

Bartelheimer, P.(1999): Wirtschaft und Holzmarkt. AFZ/Der Wald 6, S. 288-295.

baur, H. (Bayerischer Waldbesitzerverband) (1999): Mündliche Mitteilung.

Becker, G.; Böltz, K.; Müller, A. (1986): Nutzung forstlicher Biomasse durch Hackung: Aufkommen, Bereitstellung und Qualität von Hackschnitzeln. Abschlussber. z. EG-Projekt BOS/002/D(B). Inst. f. Forstbenutzung u. Forstl. Arbeitswissenschaft d. Albert-Ludwigs-Univers. Freiburg. 183 S.

Bemann, A.; Große, W.; Köcher, R.; Kunis, R.; Ißleib, M. (1996): Naturnahe Flächenbewirtschaftung zur energetischen Nutzung von Biomasse aus dem Forst- und Agrarbereich: Schaffung von Referenzobjekten im Regierungsbezirk Chemnitz. Forschungsber. d. Lehrstuhls für Forst- und Holzwirtschaft Osteuropas d. TU Dresden, Tharandt. 161 S.

Berekoven, L.; Eckert, W.; Ellenrieder, P. (1991): Marktforschung: Methodische Grundlagen und praktische Anwendung. 5. Auflage. Wiesbaden, Gabler.

Bielmeier, R. (1999): Vorläufige Ergebnisse einer Diplomarbeit an der FH Weihenstephan.

BlfA (Bayerisches Institut für Abfallforschung) (1999): Markt- und Machbarkeitsstudie zu Aufkommen und Verwertung von Altholz in den Regionen Schrobenhausen und Augsburg. Studie im Auftrag der Firma SOBAG,

Grünwald. 71 S.

Böhler, H. (1992): Marktforschung. 2. Auflage. Stuttgart, Kohlhammer.

Breitenstein, M. (1996): Brennholz rationell bereitstellen. Wald u. Holz 12, S. 8-9.

Brenndörfer, M.; Dreiner, K.; Kaltschmitt, M.; Sauer, N. (1994): Energetische Nutzung von Biomasse. KTBL-Arbeitspapier 199. Münster-Hiltrup, Landw.-verl..

Brusche, R. (1983): Hackschnitzel aus Schwachholz. KTBL-Schrift 290. Münster-Hiltrup, Landw.-verl.

BWV (Bayerischer Waldbesitzerverband); EnaH (Energie aus Holz e.V.) (1997): Bayerisch heizen: Brennholz-Bezugsquellen. 2. Auflage. München.

C.A.R.M.E.N. (Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk) (1999): Schriftliche Mitteilung

C.A.R.M.E.N. (1998): Holz als Brennstoff in Zimmereien und Schreinereien in Bayern 1996. Rimpar.

Corda, D. (1999): Leistungs- und Kostenermittlung bei der Bereitstellung von Waldhackschnitzeln im Kleinprivatwald. Unveröffentl. Diplomarb. a. Lehrst. f. forstl. Arbeitswissensch. u. Informatik d. LMU München. 57 S.

Dauber, E.; Gampe, S.; Kreutzer, K.; Luger, F.; Zenke, B.; Glatz, E. (1979): Potential pflanzlicher Reststoffe zur Rohstoffgewinnung. Teil 1: Waldabfälle. Forschungsbericht T 79-95. Bundesministerium f. Forschung u. Technologie, Bonn. 488 S.

Dinter, S.; Moritz, K. (1987): Untersuchung zur Schnittgutbereitstellung: Teil 1: Erhebung der Schnittgutmengen, der Art der Entsorgung und der Kosten bei den Meistereien des LV Rheinland. Bundesanst. f. Straßenwesen, Bergisch Gladbach. 28 S.

Doedens, H. (1982): Gartenabfälle - ein wenig beachteter Bestandteil des Hausmülls. Müll u. Abfall 9, S. 574-590.

Dreiner, K.; Frühwald, A.; Küppers, J.-G.; Schweinle, J.; Thoro, C. (1994): Holz als umweltfreundlicher Energieträger: Eine Nutzen-Kosten-Untersuchung. Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Reihe A, Heft 432. Münster: Landw.-verl. 192 S.

Ebert, H.-P. (1980): Wann lohnt es sich für den Waldbesitzer, Heizholz aufzuarbeiten? AFZ 47, S. 1348-1350.

Eichelbrönner, M. (1998): Marktuntersuchung Bioenergie. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Forum für Zukunftsenergien e.V.. 31 S.

Euwid (1995-1999): Händlerpreise für Altholz. Europäischer Wirtschaftsdienst Holz.

Feller, S.; Remler, N.; Weixler, H. (1998): Vollmechanisierte Waldhackschnitzel-Bereitstellung: Ergebnisse einer Arbeitsstudie am Hackschnitzel-Harvester. Berichte aus der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Nr. 16, Freising. 76 S.

Fichtner (GmbH & Co. KG) (1999): SchwörerHaus: Mitverbrennung externer Biomassen in einer Kraft-Wärme-Kopplungsanlage. Stuttgart.

Fichtner, A. (1997): Existenz einer mittelständischen Sägeindustrie in Bayern. Brief an den Staatsminister Wiesheu. In: Verband der Bayerischen Säge- und Holzindustrie: Geschäftsbericht, München.

Fischer, U. (1995): Holzpotentiale für die energetische Nutzung. Bericht d. Abt. f. Arbeitswirtschaft u. Forstbenutzung d. Forstl. Versuchs- u. Forschungsanst. Baden-Württemberg, Freiburg. 19 S.

Flaig, H.; Mohr, H. (Hrsg.) (1993): Energie aus Biomasse: Eine Chance für die Landwirtschaft. Berlin u.a.O., Springer. 376 S.

Flaig, H.; Leuchtweis, C.; v. Lüneburg, E.; Ortmaier, E.; Seeger, C. (1998): Biomasse ? nachwachsende Energie. Renningen-Malmsheim: Expert. 209 S.

Franz, F.; Kennel, E. (1973): Bayerische Waldinventur 1970/71. Forschungsberichte der Forstlichen Forschungsanstalt München Bd. 12 und 14, München.

Frühwald, A. (1990): Holzbe- und ?verarbeitung. In: Gesellschaft Energietechnik: Energie aus nachwachsenden Rohstoffen und organischen Reststoffen. VDI-Bericht Nr. 794. VDI, S. 9-21.

Gernhardt, D.; Mohr, M.; Ziolk, A.; Unger, H. (1995): Thermisch verwertbares Restholz der holzbe- und verarbeitenden Betriebe im VEW-Versorgungsgebiet. Bochumer Forschungsberichte z. Berg- u. Energierecht, Nr. 15. Stuttgart u.a. O. Boorberg. 130 S.

Gerster, R. (1999): Hackschnitzelgewinnung mit Forwarderhacker. Unveröffentlichter Stützpunktbericht, Landesforstverwaltung Baden-Württemberg, Stuttgart.

Görisch, U. (1995): Möglichkeiten und Grenzen einer Verwertung von Rest- und Altholz. Handbuch Abfall 1. Landesanst. f. Umweltschutz Baden-Württemberg,

Karlsruhe. 94 S.

Greim (1999) (Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft): Mündliche Mitteilung.

Grimm, R. (1980): Möglichkeiten zur Mechanisierung der Knickpflege. Dissertation, Kiel.

Hammann, P.; Erichson, B. (1990): Marktforschung. 2. Auflage, Stuttgart: UTB Gustav Fischer.

Hartmann, H. (1995): Untersuchungen zu Struktur und Umfang des Absatzes von Biomassefeuerungsanlagen in Deutschland. Abschlussbericht der Bayer. Landesanst. f. Landtechnik der TU München. Rimpf: C.A.R.M.E.N. e.V.. 24 S.

Hartmann, H.; Madeker, U. (1997): Der Handel mit biogenen Brennstoffen. Landtechnik-Bericht, Heft 28. Freising, 65 S.

Hartmann, H.; Strehler, A. (1995): Die Stellung der Biomasse im Vergleich zu anderen erneuerbaren Energieträgern aus ökologischer, ökonomischer und technischer Sicht. Schriftenreihe "Nachwachsende Rohstoffe", Band 3. Münster: Landw.-verl. 425 S.

Haschke, P. (1998): Forstliche Energieholzpotentiale in Deutschland und Aspekte ihrer zukünftigen Nutzung. Holzzentralblatt 53, S. 801, 806.

Haschke, P.; Plath, H.-J.; Storkan, O.; Stüber, H.; Bleske, W.; Vogel, M.; (1993): Nachwachsende Rohstoffe: Eine regenerative Energiequelle für Brandenburg? Landesagentur für Struktur und Arbeit (LASA), Studie Nr. 9, Kleinmachnow. 78 S.

Hercher, W. (1999): Schriftliche Mitteilung über die Ergebnisse des Testbetriebsnetzes bäuerlicher Privatwald in Baden-Württemberg.

Hercher, W.; Löbell, E.; Nain, W. (1997): Betriebswirtschaftliche Untersuchungen im bäuerlichen Privatwald in Baden-Württemberg. Mitt. d. Forstl. Versuchs- u. Forschungsanst. Baden-Württemberg, Heft 201, Freiburg.

Hercher, W.; Löbell, E.; Nain, W.; Wagner, K. (1995): Betriebswirtschaftliche Untersuchungen im bäuerlichen Privatwald in Baden-Württemberg. Mitt. d. Forstl. Versuchs- u. Forschungsanst. Baden-Württemberg, Heft 190, Freiburg.

Holzbörse Rosenheim (1981-1999): Notationen an der Holzbörse Rosenheim. Holzzentralblatt.

Hrubesch, P. (1996): Holzverbrauch in den Haushalten Deutschlands. Gutachten des Deutschen Institutes für Wirtschaftsforschung, Berlin. 68 S.

Jaakko Pöyry (1999): Schriftliche Mitteilung.

Kaltschmitt, M.; Wiese, A. (Hrsg.) (1993): Erneuerbare Energieträger in Deutschland: Potentiale und Kosten. Berlin, Springer. 370 S.

König (Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung) (1999): Schriftliche Mitteilung über die Ergebnisse der 1%-Gebäude- und Wohnungsstichprobe von 1993.

Kramer, H. (1988): Waldwachstumslehre. Berlin: Paul Parey. 374 S.

Krisinger, J. (Forstl. Versuchsanst. Rheinland-Pfalz, Abt. Kommunikation u. Marketing) (1999): Mündliche Mitteilung.

Krüger, S.; Mößmer, R.; Bäumler, A. (1994): Der Wald in Bayern: Ergebnisse der Bundeswaldinventur 1986-1990 (Tabellenband). Berichte aus der Bayer. Landesanst. f. Wald u. Forstwirtschaft, Nr.1, Freising.

LaFoV (Landesforstverwaltung Rheinland-Pfalz) (o.J.): unveröffentlichte Entscheidungshilfe Brennholz-Marketing, Mainz.

Landgraf (Oberste Baubehörde) (1999): Mündliche Mitteilung.

Larndorfer, G. (1999): Familie Holzner setzt auf "Wärme aus Holz". Ökoenergie 36/1999, S. 8.

Lechner, J. (1997): Energie aus Holz: Energieholzpotential Salzburg. Amt der Salzburger Landesregierung, Fachabteilung 4/3, Landesforstdirektion, Salzburg. 127 S.

LfStaD (Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung) (Hrsg.) (1999): Statistisches Jahrbuch 1998. München.

LfStaD (Hrsg.) (1997): Betriebsgrößenstruktur, Bodennutzung und Viehhaltung in der Land- und Forstwirtschaft Bayerns. Beiträge zur Statistik Bayerns, Heft 510. München. 231 S.

LfU (Bayerisches Landesamt für Umweltschutz) (1999): Schriftliche Mitteilung.

LfU (Hrsg.) (1998): Abfallwirtschaft: Hausmüll in Bayern: Bilanzen 1997. München. 97 S.

LIV Bayern (Landesinnungsverband für das bayerische Kaminkehrerhandwerk) (1999 a): Erhebungen des Bayerischen Kaminkehrerhandwerks für 1998. München. 16 S.

LIV Bayern (1999 b): Schriftliche Mitteilung.

Lückge, F.-J.; Weber, H. (1997): Untersuchung der Struktur- und Marktverhältnisse der deutschen Sägeindustrie. Unveröffentlichter Endbericht,

Freiburg.

Martini, K. (1996): Tischvorlage zur Pressekonferenz "Marketingkonzept Brennholz". Pressedienst des Ministeriums für Umwelt und Forsten, Rheinland-Pfalz, Mainz.

Marutzky, R.; Seeger, K. (1999): Energie aus Holz und anderer Biomasse. Leinfelden-Echterdingen: DRW. 352 S.

Mellinghoff, S.; Becker, M. (1998): Distribution des Holzes in der Bundesrepublik Deutschland 1995 (Holz-Distributionsanalyse). Forstabsatzfonds und CMA, Bonn.

Möhle, K. (1976): Die Befestigung der Entwässerungsflächen in einer Großstadt. Korresp. Abwasser 23.

Müller, H.; Becker, M. (1987): Distribution des Holzes in der BR Deutschland 1984. CMA, Bonn.

Müller, U.; Beyer, T.; Carstens, B.; Meyer, S.; Nöldecke, P.; Schöttler, T. (1994): Bundesweite Gewerbeabfalluntersuchung. Forschungsbericht 103 03 224. UBA-Texte 68, Bonn. 1111 S.

Niedermeier, M. (Geschäftsführer der IHB) (1999): Mündliche Mitteilung.

Nieschlag, R.; Dichtl, E.; Hörschgen, H. (1991): Marketing. 16. Auflage. Berlin: Duncker u. Humblot. 1064 S.

Nüsslein, S. (1996): Einschätzung des potentiellen Rohholzaufkommens in Bayern. Berichte aus der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Nr. 7, Freising. 52 S.

Önorm M 7133: Holzhackgut für energetische Zwecke; Anforderungen und Prüfbestimmungen. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.

Ortinger, W.; Weber, T. (1999): Recent developments concerning the energetical use of Biomass in Bavaria: Applications ? Innovations ? Results. In: AgEnergy '99: Energy and Agriculture towards the Third Millennium. Proceedings der Konferenz der AgEnergy '99 vom 2.-5. Juni 1999, Athen, S. 157 ? 162.

Ortmaier, E.; (1994): Ökonomische Probleme beim Einsatz von biogenen Festbrennstoffen in Heizwerken und Heizkraftwerken. In: Kommission für Ökologie: Nachwachsende Rohstoffe. Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Bd. 9, München, S. 49-59.

Ott, A. (1978): Preistheorie: Eine Einführung. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft. 157 S.

Pimpi (Autobahndirektion Südbayern) (1999): Mündliche Mitteilung.

Reichmayer, O. (Bayernwerke-Wasserkraft) (1999): Mündliche Mitteilung.

Remler, N.; Achhammer, M. (1999): Unveröffentlichtes Schreiben der Forstdirektion Unterfranken zur Industrieholzverwertung 1999/2000.

Remler, N.; Feller S.; v. Webenau, B.; Weixler, H.; Krausenboeck, B.; Göldner, A. (1999): Teilmechanisierte Bereitstellung, Lagerung und Logistik von Waldhackschnitzeln. Berichte aus der Bayer. Landesanstalt f. Wald u. Forstwirtschaft, Nr. 21, Freising. 105 S.

Remler, N.; Fischer, M. (1996): Kosten und Leistungen bei der Bereitstellung von Waldhackschnitzeln. Berichte aus der Bayer. Landesanstalt f. Wald u. Forstwirtschaft, Nr. 11, Freising. 68 S.

Remler, N.; Kornell, P. (1997): Aktueller Stand der Holzenergienutzung in Bayern. Holzzentralblatt Nr. 146, S. 2203.

Roffael, E.; Hüster, H. (1996): Zur Verwertung von Industrierestholz in Deutschland. Holzzentralblatt Nr. 100/101, S. 1504-1506.

Rösch, Ch. (1996): Vergleich stofflicher und energetischer Wege zur Verwertung von Bio- und Grünabfällen - unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in Baden-Württemberg. Wissenschaftliche Berichte des Forschungszentrums Karlsruhe, FZKA 5857, Karlsruhe. 269 S.

Schaffner, S. (Lehrstuhl für Forstpolitik der TU München) (1999): Schriftliche Mitteilung über die Ergebnisse einer Befragung der Revierleiter der Bayerischen Staatsforstverwaltung.

Schirmer, R. (1995): Informationen aus dem Bereich schnellwachsende Baumarten: Energiewald. Arbeitskreis "Schnellwachsende Baumarten", Rundschreiben 38, Teisendorf.

Schneider, I.; Aberle, K.; Köllner, E. (1993): Waldhackschnitzelgewinnung im Stadtwald Bräunlingen. Mitt. d. Abt. f. Arbeitswirtschaft u. Forstbenutzung d. Forstl. Versuchs- u. Forschungsanst. Baden-Württemberg, Nr. 12, Freiburg. 12 S.

Schnell, R.; Hill, B.; Esser, E. (1995): Methoden der empirischen Sozialforschung. 5. Auflage. München, Wien: Oldenburg. 506 S.

Schröder, H. (1988): Primärproduktion von Gehölzpflanzen in Wallhecken vom Schlehen-Haseltyp, Bedeutung solcher Hecken für Vögel und Arthropoden sowie einige Pflanzennährstoffbeziehungen zum angrenzenden intensiv bewirtschafteten Feld. Schriftenr. d. Inst. f. Wasserwirtschaft u.

Landesökologie d. Christian-Albrechts-Universität Kiel, Heft 7, Kiel. 192 S.

Schuster, K. (1991): Überbetriebliche Aufbringung und Vermarktung von Brenn hackschnitzeln. Landtechnische Schriftenr. d. Österr. Kuratoriums f. Landtechnik, Heft 179, Wien. 117 S.

StFoV (Bayerische Staatsforstverwaltung) (1999 a): Auswertung der Holzeinschlagsstatistik, mündl. Mitteilung.

StFoV (1981 b-1999 b): Holzpreisstatistik (unveröffentlicht).

StFoV (verschiedene Jahrgänge; c): Jahresbericht. München.

StFoV (verschiedene Jahrgänge; d): Holzeinschlagsanalyse (unveröffentlicht).

Stmelf (Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten) (1998): Wegweiser zu wichtigen agrar- und forstpolitischen Fördermaßnahmen. Beratungsservice. München.

Stmelf (1996): Holz als Energieträger. Lehr- u. Beratungshilfe d. Staatl. FüAk f. Ernährung, Landwirtschaft u. Forsten, München.

StMLU (Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen) (1997): Energetische Verwertung von Altholz. Arbeitspapier, Stand September 1997, München. 14 S.

Sundermann, B.; Spoden, F.; Dohr, R. (1999): Aufkommen und Verwertungswege für Altholz in Deutschland. Müll u. Abfall Nr. 5, S. 269-274.

UZD (Umweltzentrum Dortmund) (1994): Neue Möglichkeiten der Altholz-Verwertung. Dortmund.

VDP (Verband deutscher Papierfabriken) (1999 a): Schriftliche Mitteilung.

VDP (1999 b): Mündliche Mitteilung.

Voß, A. (1998): Aufkommen und Zusammensetzung schutzmittelbehandelter Althölzer und ihre Entsorgung. Mitt. d. Bundesforschungsanst. f. Forst- u. Holzwirtschaft Nr. 188, Wiedebusch. 224 S.

Walter, J. (1996): Untersuchung der Nutzung von Holz und Holzabfällen für den Einsatz in Energiesystemen in Rheinland-Pfalz. Projektbericht. FH d. Landes Rheinland-Pfalz, Bingen. 118 S.

Werder, P. (1999): Stückholz rationeller aufarbeiten. Wald u. Holz 4, S. 43-45.

ZMP (Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten) (1999): Holzverbrauch in der Zellstoff- und Papierindustrie. Holz-Journal

10.2 Restriktoren

Restriktoren für eine Nutzung von Kronenholz nach Dauber et al. [1979]

	Fi/Ta/Dgl	Kie/Lä	Bu/sLbh	Ei
Mittelfranken	0,197	0,437	0,128	0,349
Niederbayern	0,224	0,548	0,206	0,345
Oberbayern	0,362	0,611	0,436	0,505
Oberfranken	0,231	0,566	0,231	0,53
Oberpfalz	0,224	0,548	0,206	0,345
Schwaben	0,226	0,384	0,298	0,211
Unterfranken	0,455	0,501	0,571	0,612

Nr. 23, S. 3.

9.2 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Berücksichtigte Teilmengen zur Herleitung des theoretischen Waldrestholzpotentials *
_

Tab. 2: Ergebnisse der 1%-Gebäude- und Wohnungsstichprobe von 1993, durchgeführt vom Bayerischen Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung [König 1999] *
_

Tab. 3: Ergebnisse der Umfrage bei den nicht geförderten Heiz(kraft)werken *
_

Tab. 4: Anteil unterschiedlicher Holzheizungstypen entsprechend der 1%-Gebäude- und Wohnungsstichprobe von 1993 in Bayern [König 1999], ab 1968 in Dekaden bzw. halben Dekaden. *
_

Tab. 5: Übersicht über die abgesetzten Stückzahlen von Biomassefeuerungsanlagen in der BRD (1994 = 100%) nach Hartmann [1995] *
_

Tab. 6: Vergleich des potentiellen Holzaufkommens nach Nüsslein [1996] mit dem derzeitigen Einschlag in Bayern *
_

Tab. 7: Brennholzeinschlag in Bayern *
_

Tab. 8: Brennholzverbrauch in Bayern *
_

Tab. 9: Sortenklassen beim Schwachholz nach Nüsslein [1996] *
_

Tab. 10: Relativzahlen bezogen auf das Trockengewicht des Derbholzes in Vfm nach Dauber et al. [1979]; die grau unterlegten Flächen wurden vom Autor verändert. *
_

Tab. 11: Grundlegenden Daten für Abbildung 9 *
_

Tab. 12: Mehr- bzw. Minderkosten bei der Gewinnung von Hackschnitzeln in der Altdurchforstung im Vergleich zur Jungdurchforstung *
_

Tab. 13: Kosten der Aufarbeitung von Fi(Kie)-Kronen in der Altdurchforstung bzw. Endnutzung *
_

Tab. 14: Berechnung des Deckungsbeitrags einer Nutzung von Industrieholz bzw. von Waldhackschnitzeln¹ *
_

Tab. 15: Mehrausbeute bei der Hackschnitzelgewinnung im Verhältnis zur Erntemenge bei Industrieholzaushaltung *
_

Tab. 16: Erhöhung des Substitutionswertes für Hackschnitzel bei einem Kostenunterschied der Aufarbeitungsvarianten von 1,- DM/fm *
_

Tab. 17: Substitutionswerte für Waldhackschnitzel bei den Industrieholzpreisen von 1998; bei den grau hinterlegten Zahlen ist der Substitutionswert geringer als der durchschnittlich erzielbare Preis für Waldhackschnitzel in Bayern von 129,- DM/t_{atro}. *

Tab. 18: Derzeitige Nutzung von Waldenergieholz *

Tab. 19: Annuitäten von Energiewäldern in DM/ha nach Dreiner et al. [1994] *

Tab. 20: Potential für Energieholzgewinnung mittels schnellwachsender Baumarten in Bayern *

Tab. 21: Sortenverteilung von Sägerestholz nach Gernhardt et al. [1995] *

Tab. 22: Herleitung des Sägerestholzaufkommens in Bayern *

Tab. 23: Industrierestholzaufkommen und ?nutzung in Deutschland und Bayern; die Prozentangaben beziehen sich auf das jeweils aufgeführte Gesamtaufkommen bzw. den -verbrauch. *

Tab. 24: Holzverbrauch in der Holzwerkstoffindustrie; die Prozentangaben beziehen sich auf den gesamten Holzverbrauch im entsprechenden Jahr. *

Tab. 25: Export aus der und Import in die BRD von Industrierestholz und Altholz in Tsd. m³ [Bartelheimer 1992 - 1999 nach Statistischem Bundesamt] *

Tab. 26: Immissionsschutzrechtliche Situation zum Einsatz von Altholz *

Tab. 27: Altholzaufkommen pro Einwohner in kg/(E*a) *

Tab. 28: Altholzfraktionen im Sperr- und hausmüllähnlichen Gewerbemüll [1997] *

Tab. 29: Energetische Verwertung von Altholz derzeit und ihr Potential nach BIfA [1999] und eigenen Erhebungen *

Tab. 30: Altholzaufkommen und seine Verwertung in Bayern *

Tab. 31: Jährlicher Zuwachs und mögliche Nutzung von Hecken *

Tab. 32: Kennzahlen zur Herleitung des Aufkommens von Gehölzschnitt aus land- und forstwirtschaftlichen Sonderkulturen *

Tab. 33: Kennzahlen zur Herleitung des Anfalls von Gehölzschnitt aus Städten und Gemeinden *

Tab. 34: Schnittgutmengen bei der Pflege von Straßenbegleitgehölzen nach Dinter und Moritz [1987] *

–
Tab. 35: Erwartete Bereitstellungskosten im Dauerbetrieb nach Fichtner [1999] *
_

Tab. 36: Zusammenstellung der Energieholzpotentiale und der derzeitigen Nutzung in Mio. t_{atro}/a und % des Primärenergieverbrauchs 1996 in Bayern *
_

Tab. 37: Zusammenstellung der Waldenergieholzpotentiale und der derzeitigen Nutzung in $t_{atro}/(ha*a)$ *
_

Tab. 38: Waldenergieholzpotentiale (Basis: Einschlag 18 Mio. fm/a), getrennt nach Baumartengruppen in $t_{atro}/(ha*a)$ in Bayern *
_

Tab. 39: Potentielles Rohholzaufkommen und Zuwachs in Bayern, getrennt nach Baumartengruppen in $t_{atro}/(ha*a)$ *
_

Tab. 40: Preise für Brennholz am Biomassehof Kempten entsprechend der Preisliste vom Herbst 1999 *
_

Tab. 41: Potentiale der unterschiedlichen Energieholzsortimente in Mio. t_{atro}/a *
_

Tab. 42: Potential of the various fuel wood sources in million $t_{dry}/year$*
_

9.3 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Arten von Energieholz [*](#)

Abb. 2: Geförderte Heiz(kraft)werke in Bayern (Stand: 31.12.1998) [*](#)

Abb. 3: Messungen nach der 1. Bundesimmissionsschutzverordnung an Festbrennstofffeuerungsanlagen in Bayern nach LIV Bayern (1999 a/b); wegen einer Computerumstellung sind die Daten für das Jahr 1995 nicht verfügbar; 1993 und 1994 wurde eine Trennung in wiederkehrende und Erstmessungen nicht dokumentiert. [*](#)

Abb. 4: Theoretisches Waldenergieholzpotential in Bayern in Mio. t_{atro}/a [*](#)

Abb. 5: Prozentuale Verteilung der Biomasse sowie der Nährstoffelemente (N, P, K, Ca, Mg) auf die oberirdischen Baumkomponenten in einem 40-jährigen Fichtenbestand [Kramer 1988] 19

Abb. 6: Waldenergieholzpotentiale auf der Basis des nachhaltig möglichen Einschlags von 18 Mio. fm/a und die derzeitige Nutzung, gegliedert nach Regierungsbezirken und Baumarten [*](#)

Abb. 7: Technisches Potential für Waldenergieholz, bezogen auf den derzeitigen Rohholzeinschlag [*](#)

Abb. 8: Kosten der Bereitstellung von ungespaltenem Meterholz [*](#)

Abb. 9: Kosten bei der Hackschnitzelaufarbeitung [*](#)

Abb. 10: Preise für Brennholz (frei Haushalt) nach Hartmann u. Madeker [1997] [*](#)

Abb. 11: Preise für Waldhackschnitzel (frei Werk) nach Remler et al. [1999], Hartmann u. Madeker [1997] und eigenen Erhebungen [*](#)

Abb. 13: Preisentwicklung von Brennholz 1985-1998 nach Hercher [1999], Hercher et al. [1995; 1997] und Österreichische Forstzeitung [1986-1995]; das Bezugsjahr ist 1989. Basispreise: Bäuerlicher Privatwald Baden-Württemberg Weichholz: 55,- DM/fm, Hartholz: 96,- DM/fm; Österreich Hartholz: 80,- DM/fm [*](#)

Abb. 14: Entwicklung der Industrieholzpreise der Bayerischen Staatsforstverwaltung 1980-1998 (StFoV 1981-1999 b) [*](#)

Abb. 15: Substitutionswerte für Hackschnitzel im Vergleich zu Industrieholzpreisen bei unterschiedlich hohen Mehrausbeuten der Hackschnitzelnutzung. Die roten Linien verdeutlichen den Ableseweg für diese Graphiken am Beispiel der Industrieholzpreise, die die Bayerische Staatsforstverwaltung 1998 erzielte [StFoV 1998 b]. [*](#)

Abb. 16: Rohholzeinsatz in der Papier- und Zellstoffindustrie (ZMP 1999 nach Angaben des vdp) * _

Abb. 17: Standorte der Papier-, Zellstoff- und Holzwerkstoffindustrie in Bayern; Höhe der Industrie(rest)holznachfrage getrennt nach Nord- und Südbayern sowie des Zellstoffwerks Rosenthal/Thüringen * _

Abb. 18: Entwicklung der Industrierestholzpreise entsprechend den Notierungen bei der Holzbörse Rosenheim [1981-1999] im Februar und September. Die Maximal- und Minimalwerte sind jeweils gemittelt. * _

Abb. 19: Theoretisches Altholzpotalential in den Regierungsbezirken und Standorte der Altholzverbrennungsanlagen * _

Abb. 20: Preise für nicht zerkleinertes Altholz nach Euwid [1995-1998]. Bei größeren Mengen verstehen sich die Preise frei Verwerter. * _

Abb. 21: Technisches Flurholzpotential, getrennt nach Regierungsbezirken * _

Abb. 22: Von Heiz(kraft)werken bezahlte Preise für unterschiedliche Biomassesortimente; die Säulen geben den Mittelwert, die schwarzen Balken den Minimal- bzw. Maximalwert und die Zahlen in den Klammern die Anzahl der Nennungen an. * _

9.4 Abkürzungsverzeichnis

Baumarten			
Bu	Buche	Kie	Kiefer
Dgl	Douglasie	Lä	Lärche
Ei	Eiche	Li	Linde
Fi	Fichte	sLbh	sonstiges Laubholz
Hbu	Hainbuche	Ta	Tanne
Holz			
fm	Festmeter (1 fm = 1,43 rm = 2,43 Srm)		
rm	Raummeter (1 rm = 0,7 fm = 1,7 Srm)		
Srm	Schüttraummeter (1 Srm = 0,41 fm = 0,59 rm)		
Vfm	Vorratsfestmeter		
tatro	Tonne Holz mit Wassergehalt 0% (absolut trocken)		
tlutro	Tonne Holz mit einen Wassergehalt von ca. 20 % (lufttrocken)		
t _{30%}	Tonne Holz mit Angabe des Wassergehaltes (hier: 30%)		
t _{var.}	Es ist keine Angabe des Wassergehalts möglich (variabel).		
t?	Aus der zitierten Quelle geht nicht hervor, welcher Wassergehalt zu Grunde gelegt wurde.		
BHD	Brusthöhendurchmesser (der Durchmesser eines stehenden Stammes wird in 1,3 m Höhe gemessen)		
NH	Nicht verwertetes Holz		
HKS	Gesetz über gesetzliche Handelsklassen für Rohholz (Handelsklassensortierung)		
Energie			
kWh	Kilowattstunde (1 kWh = 3,6 MJ)		
MWh	Megawattstunde (1 MWh = 1000 kWh)		
MJ	Megajoule (1 MJ = 0,278 kWh)		
TJ	Terajoule (1 TJ = 10 ⁶ MJ = 10 ¹² Joule)		
kW	Kilowatt		
MW	Megawatt (1 MW = 10 ³ kW = 10 ⁶ Watt)		
Sonstige			
a	Jahr		
h	Stunde		
ha	Hektar		
EST	Erweiterter Sortentarif		
WBV	Waldbesitzervereinigung		
BlmschV	Bundesimmissionsschutzverordnung		

9.5 Begriffsbestimmungen

Altholz	Holz, das seine ursprüngliche Nutzung beendet hat.
Deckungsbeitrag	Direkt zurechenbare Erlöse minus die direkt zurechenbaren Kosten einer Maßnahme
Energieholz	Holz, das für eine energetische Nutzung vorgesehen ist; hier als Oberbegriff verwendet.
Energiewald	Ein aus schnellwachsenden Baumarten bestehender Wald, der im Kurzumtrieb mit dem Ziel einer energetischen Nutzung bewirtschaftet wird.
EST	Der erweiterte Sortentarif ist in der Forstwirtschaft zur Entlohnung der Waldarbeiter gebräuchlich.
Flurholz	Flurholz ist das Holz, das bei der Pflege von Hecken, Feldgehölzen, Baumschulen, Gewässern, Gärten und kommunalen Anlagen anfällt.
Hartholz	Ursprünglich zolltechnischer Begriff für Hölzer mit einer Rohdichte $> 0,55 \text{ g/cm}^3$
Heiz(kraft)werk	Anlage zur Erzeugung von Heizwärme und/oder elektrischem Strom; im Heizwerk wird nur Wärme, im Kraftwerk ausschließlich Strom und im Heizkraftwerk werden beide Energiearten erzeugt.
holzbearbeitende Industrie	Dazu gehören die Säge-, Spanplatten- und Faserplattenindustrie, die Hersteller von Schwellen und Masten sowie die Sperrholz- und Furnierwerke.
holzverarbeitende Industrie	Darunter werden die Zellstoff-, Papier- und die Möbelindustrie, das Baugewerbe sowie das Handwerk verstanden.
Industrieholz	Waldholz, das chemisch oder mechanisch aufgeschlossen in der Zellstoff- oder Holzwerkstoffindustrie eingesetzt wird.
Industrierestholz	Holzreste der Be- und Verarbeitung von Holz
produktive Waldfläche	Nicht auf der gesamten statistisch ausgewiesenen Waldfläche wird Holz produziert. Es müssen z.B. forstliche Betriebsgebäude, Freiflächen, Pflanzgärten und Wälder mit einer nachhaltigen Holzproduktion von weniger als 1 fm/a abgezogen werden.
Raumdichte	Gewicht des absolut trockenen Holzes im Verhältnis zum Volumen des feuchten und damit gequollenen Holzes
Rohdichte	Gewicht des absolut trockenen Holzes im Verhältnis zum Volumen des trockenen Holzes
Rotation	In Energiewäldern werden die Bäume in einem Zeitraum von 3-10 Jahren einmal genutzt. Ein solcher Nutzungszeitraum wird Rotation genannt.
Schwachholz	hat einen Mittendurchmesser von $< 20 \text{ cm}$
Schwemholz	Holz, das an Wasserkraftwerken angeschwemmt wird.
Substitutionswert Hackschnitzel	Theoretischer Preis, der erzielt werden muss, um denselben Deckungsbeitrag wie bei einer alternativen Nutzung von Industrieholz bzw. dieselben Kosten wie bei einem alternativen Einsatz von fossilen Energieträgern zu erzielen. Dabei werden auch die unterschiedlichen Anlagen- oder Handhabungskosten berücksichtigt.
waldfrische Hackschnitzel	Die Hackschnitzel wurden nicht gelagert, sie weisen einen durchschnittlichen Wassergehalt von 40-50% auf.
Wassergehalt	ist definiert als das Gewicht des Wassers geteilt durch das Gewicht des feuchten Holzes. Der Wert wird in Prozent angegeben.
Weichholz	Ursprünglich zolltechnischer Begriff für Bäume mit einer Rohdichte $< 0,55 \text{ g/cm}^3$; heute werden darunter alle Nadelhölzer sowie die Baumarten Weide, Pappel, Erle, Linde und Roßkastanie verstanden.

10 Anhang

10.1 Fragebogen

An die

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft

Sachgebiet IV - Bereich Holzenergie, z. Hd. Herrn Wagner

Am Hochanger 11, 85354 Freising

1. Wie hoch ist die installierte Leistung bei Ihrem Heiz(kraft)werk? Welche thermische bzw. elektrische Energie wurde 1998 erzeugt?

	Biomassekessel	Gesamtleistung/-energie
- Installierte Leistung:		.(kW)
- thermische Energie:		(MWh)
- elektrische Energie:		(MWh)

2. Wie hoch war der Biomassebedarf Ihres Heiz(kraft)werkes 1998?

in **Schüttraummetern** (Srm): Srm

bzw. in **Tonnen:**

absolut trocken (atro)

lufttrocken (lutro) t

3. Davon entfallen auf:

- Industrierestholz (z. B. Sägespäne; Hackschnitzel; Schwarten...) %
- Rinde %
- Waldhackschnitzel %
- Altholz %
- Sonstige Biomasse z. B.: %

4. Haben Sie 1998 Biomasse für Ihr Heiz(kraft)werk zugekauft?

? ja Bitte beantworten Sie noch die Fragen 5-7.

? nein Bitte beantworten Sie noch die Fragen 6-7.

5. Von welchen Anbietern beziehen Sie wieviel Biomasse? Welche Preise zahlen Sie derzeit für die eingesetzte Biomasse?

	Anbieter	Srm	Tonnen	Preis
Industrierestholz	Eigene Produktion *			
	Sägewerke			
	Handelsunternehmen			

	Sonstige: _ _ _ _ _			
Rinde	Eigene Produktion *			
	Sägewerke			
	Holz/Brennholzhandel			
	Sonstige: _ _ _ _ _			
Waldhackschnitzel	Eigene Produktion *			
	Örtliche Forstbetriebgemeinschaft/ Waldbesitzervereinigung			
	Einzelne Privatwaldbesitzer			
	Sonstige: _ _ _ _ _			
Altholz	Eigene Produktion *			
	Örtliches Müllentsorgungsunternehmen			
	Altholzhandel			
	Sonstige: _ _ _ _ _			
Sonstige Biomasse	Eigene Produktion *			
	Landwirte			
	Gartenämter			
	Sonstige: _ _ _ _ _			

*: Die Biomasse fällt im eigenen Werk an.

Die Preise sind: ? inklusive Mehrwertsteuer ? exklusive Mehrwertsteuer angegeben.

6. In welchem Regierungsbezirk befindet sich Ihr Heiz(kraft)werk?

.....

7. Wünschen Sie die Zusendung der Ergebnisse der Studie "Energieholzmarkt in Bayern?"

? ja

? nein

Falls Sie die Zusendung der Ergebnisse wünschen, geben Sie bitte hier Ihre Adresse an:

.....
.....

Haben Sie herzlichen Dank für Ihre Mitarbeit!

Die von Ihnen angegebenen Daten werden selbstverständlich vertraulich behandelt!

Veröffentlicht werden lediglich Mittelwerte bezogen auf die Regierungsbezirke!

Rückschlüsse auf Ihr Heiz(kraft)werk werden daraus nicht möglich sein!

10.2 Restriktoren

Restriktoren für eine Nutzung von Kronenholz nach Dauber et al. [1979]

	Fi/Ta/Dgl	Kie/Lä	Bu/sLbh	Ei
Mittelfranken	0,197	0,437	0,128	0,349
Niederbayern	0,224	0,548	0,206	0,345
Oberbayern	0,362	0,611	0,436	0,505
Oberfranken	0,231	0,566	0,231	0,53
Oberpfalz	0,224	0,548	0,206	0,345
Schwaben	0,226	0,384	0,298	0,211
Unterfranken	0,455	0,501	0,571	0,612

10.3 Formel zur Berechnung des Substitutionswertes

Es gilt folgende Gleichung:

Deckungsbeitrag Hackschnitzel = Deckungsbeitrag Industrieholz

$$[p(Hs) - k(Hs)] \times m(Hs) = [p(IH) - k(IH)] \times m(IH) \text{ Formel [1]}$$

Formel [2] definiert den Begriff "Mehrausbeute":

$$1 + ma = \frac{m(Hs)}{m(IH)} \quad \text{Formel [2]}$$

$p(Hs)$ = Erlös für Hackschnitzel in DM/t_{atro} bzw. in DM/fm

$p(IH)$ = Erlös für Industrieholz in DM/t_{atro} bzw. in DM/fm

$k(Hs/IH)$ = Kosten für die Produktion von Hackschnitzeln/Industrieholz in DM/t_{atro} bzw. in DM/fm

$m(Hs/IH)$ = Erntemenge der Hackschnitzel/des Industrieholzes in t_{atro} bzw. in fm

ma = Mehrausbeute bei der Produktion von Hackschnitzeln im Verhältnis zur Aushaltung von Industrieholz

Kombiniert man Formel [1] und [2] und löst nach $p(Hs)$ auf, so erhält man den Substitutionswert:

$$p(Hs) = \frac{p(IH) - k(IH)}{1 + ma} + k(Hs) = \text{Substitutionswert}$$