

Technische Universität München-Weihenstephan
Studienfakultät Agrar- und Gartenbauwissenschaften
Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaus

Diplomarbeit

Zur Erlangung des Grades eines „Diplom-Agraringenieurs Univ.“

„Holz als Energieträger – ein Beitrag zur Diversifizierung der Einkommensstrukturen in der Landwirtschaft sowie zur Steigerung der regionalen Wertschöpfung im ländlichen Raum?“

Erstprüfer: Professor Dr. Helmut Hoffmann, Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaus

Zweitprüfer: Dr. Hubert Pahl

Joachim Weber
Ludwigstraße 3
97769 Bad Brückenau

Matrikel-Nr.: 2118544
Abgabetermin: 28. November 2004

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Diplomarbeit mit dem Titel
**„Holz als Energieträger – ein Beitrag zur Diversifizierung der
Einkommensstrukturen in der Landwirtschaft sowie zur Steigerung der
regionalen Wertschöpfung im ländlichen Raum?“**

selbständig verfasst und hierzu keine anderen als die gegebenen Hilfsmittel verwendet habe. Alle Stellen der Arbeit, die wörtlich oder sinngemäß aus fremden Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form in keinem anderen Studiengang als Prüfungsleistung vorgelegt oder an anderer Stelle veröffentlicht.

Ich bin mir bewusst, dass eine falsche Erklärung rechtliche Folgen haben wird.

Ort, Datum

Unterschrift

Inhalt

INHALTSVERZEICHNIS.....	II
TABELLENVERZEICHNIS.....	VII
ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	IX
1 EINFÜHRUNG.....	1
1.1 Gegenstand der Untersuchung: Energieholz.....	3
1.2 Untersuchungsziel.....	5
1.3 Erläuterung der Forschungsmethodik.....	7
2 POLITISCHE UND WIRTSCHAFTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN.....	9
2.1 Politische Ziele und deren Förderung.....	9
2.1.1 Ziel der nachhaltige Raumentwicklung.....	9
2.1.2 Ziel der Reduktion der CO ₂ -Emissionen.....	10
2.1.3 Ziel der Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien in der deutschen Energieversorgung.....	11
2.1.4 Agrarpolitik und Politik für den ländlichen Raum.....	12
2.1.5 Förderprogramme für erneuerbare Energien.....	12
2.2 Der Ölpreis.....	13
2.3 Gesteigerte Nachfrage nach Holzheizungssystemen.....	15
2.4 Zusammenfassung.....	17

3	HOLZARTIGE BIOMASSE ALS NACHWACHSENDER ENERGIETRÄGER	18
3.1	Energieholzarten	18
3.1.1	Durchforstungs- und Waldrestholz	19
3.1.2	Landschaftspflegeholz	20
3.1.3	Industrierestholz	21
3.1.4	Altholz	21
3.1.5	Zusammenfassung	21
3.2	Eigenschaften von Holz	23
3.2.1	Chemische Zusammensetzung	23
3.2.2	Heizwert	24
3.2.3	Aschegehalt	25
3.2.4	Emissionsverhalten	26
3.3	Vorteile holzartiger Biomasse gegenüber fossilen Energieträgern	28
3.3.1	Ausgeglichene CO ₂ -Bilanz	28
3.3.2	Nachwachsender Rohstoff	29
3.3.3	Positive Energiebilanz	29
3.3.4	Sonstige Vorteile	30
3.4	Hemmnisse und ökologische Nachteile der Energieholznutzung	30
4	ENERGIEHOLZPOTENTIAL UND -VERBRAUCH	32
4.1	Energiewirtschaftliche Grundbegriffe	32
4.2	Begriffsbestimmung Potentiale	33
4.2.1	Das theoretische Potential	33
4.2.2	Das technische Potential	33
4.2.3	Das wirtschaftliche Potential	34
4.2.4	Das erschließbare Potential	34
4.2.5	Zusammenfassung	34
4.3	Energieholzpotential und –verbrauch in Deutschland	35
4.4	Energieholzpotential und –verbrauch in Bayern	37

5	ENERGIEHOLZ IN DEN LANDKREISEN BAD KISSINGEN UND RHÖN-GRABFELD	40
5.1	Charakteristik des Untersuchungsraumes	40
5.2	Energieholzpotentiale	45
5.2.1	Waldenergieholzpotential.....	46
5.2.2	Industrierestholzpotential	48
5.2.3	Potential an Landschaftspflegeholz.....	48
5.2.4	Zusammenfassung der Energienholzpotentiale.....	52
5.3	Energieverbrauchsstrukturen	53
5.3.1	Aktuelle Energiebedarfsdeckung durch holzartige Biomasse	53
5.3.2	Steigende Nachfrage nach Energieholz.....	57
5.4	Grobanalyse der Anbieterstrukturen	58
5.5	Regionaler Marktpreis „Scheitholz“	59
5.6	Potentiale und Hemmnisse der Energieholznutzung.....	60
6	MODELLKALKULATION „SCHEITHOLZWERBUNG UND –VERTRIEB“ FÜR EINEN LANDWIRTSCHAFTLICHEN MODELLBETRIEB.....	62
6.1	Aufbereitungsverfahren	62
6.2	Kalkulationsgrundlagen.....	64
6.3	Technik und Ausrüstung zur Scheitholzgewinnung.....	68
6.3.1	Sägen	68
6.3.2	Schneidspalter	70
6.3.3	Spalter.....	72
6.3.4	Handwerkszeug	73
6.3.5	Transport	74

6.4	Herstellungskosten bis zum Lager	74
6.4.1	Variante 1	75
6.4.1.1	<i>Leistung der Arbeitsschritte</i>	<i>76</i>
6.4.1.2	<i>Kosten der Arbeitsschritte</i>	<i>78</i>
6.4.2	Variante 2	80
6.4.2.1	<i>Leistung der Arbeitsschritte</i>	<i>81</i>
6.4.2.2	<i>Kosten der Arbeitsschritte</i>	<i>83</i>
6.4.3	Variante 3	87
6.4.3.1	<i>Leistung der Arbeitsschritte</i>	<i>89</i>
6.4.3.2	<i>Kosten der Arbeitsschritte</i>	<i>90</i>
6.5	Zusammenschau und Gegenüberstellung der drei Varianten.....	92
6.5.1	Herstellkosten.....	92
6.5.2	Gesamtleistung an Scheitholz	93
6.5.3	Selbstkosten, Gewinn und Gesamtertrag	94
6.5.4	Sensitivitätsanalyse	97
6.6	Schlussfolgerung	99
6.6.1	Vor- und Nachteile der vorgestellten Varianten.....	100
6.6.2	Wann lohnt sich die Scheitholzwerbung für die Landwirtschaft?.....	101
6.6.3	Empfehlungen zur Vermarktung	103
7	EFFEKTE UND RESULTATE DER ENERGIEHOLZNUTZUNG FÜR DIE REGION „BAYERISCHE RHÖN“	107
7.1	Ökonomische Auswirkungen auf die Region	107
7.2	Sozialpolitische Aspekte	109
7.3	Ökologische Aspekte.....	110
7.4	Zusammenfassung	111

8	SYNTHESE UND AUSBLICK	112
8.1	Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse	112
8.2	Perspektiven	116
	LITERATURVERZEICHNIS	118
	ANHANG	124
A.	Abkürzungsverzeichnis	125
B.	Umrechnungsfaktoren und Datengrundlagen	126

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Technische Energieholzpotentiale in Deutschland.....	35
Tabelle 2: Technische und wirtschaftliche Energieholzpotentiale und derzeitige Nutzung in Mio. t_{atro} und PJ/a sowie % des Primärenergieverbrauchs Bayern (1996).....	38
Tabelle 3: Grundlagendaten der Landkreise Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld	41
Tabelle 4: Waldenergieholzpotentiale (Basis: Einschlag 18 Mio. fm/a) getrennt nach Baumartengruppen in $t_{atro}/(ha*a)$	46
Tabelle 5: Waldenergieholzpotentiale der Landkreise Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld in t_{atro}/a (Basis 7,7 fm/(ha*a)).....	47
Tabelle 6: Technisches und wirtschaftliches Waldenergieholzpotential in TJ/a bei Verbrennung mit einem Wassergehalt von 20 %.....	47
Tabelle 7: Industrierestholzpotentiale in t_{atro} und Heizwert bei der Verbrennung mit 20 % Wassergehalt.....	48
Tabelle 8: Ermittlung der Flächen von Landschaftspflegeholz im Biosphärenreservat Rhön (in ha)	50
Tabelle 9: Landschaftspflegeholzpotential in den Landkreisen Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld in t_{atro}/a	51
Tabelle 10: Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Energieholzpotentiale in den Landkreisen Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld in TJ/a bei Verbrennung von 20 % Wassergehalt.....	52
Tabelle 11: Einteilung der betreuten Kaminklassen nach Einsatzzeit und Leistung.....	55
Tabelle 12: Zahl der Kamine nach Klasse und Brennstoff (2004).....	56
Tabelle 13: Energieholzverbrauch der privaten Haushalte in den Landkreisen Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld in GWh/a	56
Tabelle 14: Übersicht über die behandelten Verfahren	64
Tabelle 15: Maschinenkosten Schlepper und Transportgerät.....	66
Tabelle 16: Kosten der Maschinen zur Scheitholzaufbereitung	67
Tabelle 17: Verfügbare Arbeitszeit im landwirtschaftlichen Modellbetrieb.....	68
Tabelle 18: Übersicht über Systemkosten, Systemleistung sowie der Material- und Fertigungskosten der Variante 1.....	79
Tabelle 19: Herstellkosten in €/rm in Abhängigkeit von Scheitlänge und einfacher Transportentfernung	80
Tabelle 20: Übersicht über Systemkosten, Systemleistung und Material- und Fertigungskosten von Variante 2 (Schlagabraum).....	84
Tabelle 21: Herstellkosten in €/rm in Abhängigkeit von Scheitlänge und einfacher Transportentfernung (Schlagabraum).....	85
Tabelle 22: Übersicht über Systemkosten, Systemleistung und Material- und Fertigungskosten von Variante 2 (Industrieholz).....	86
Tabelle 23: Herstellkosten in €/rm in Abhängigkeit von Scheitlänge und einfacher Transportentfernung (Industrieholz).....	87

VIII

Tabelle 24: Übersicht über Systemkosten, Systemleistung und Material- und Fertigungskosten von Variante 3 ...	91
Tabelle 25: Herstellkosten in €/rm in Abhängigkeit der Scheitlänge ¹	92
Tabelle 26: Übersicht über die eingesetzte Arbeitszeit und Leistung der Varianten	94
Tabelle 27: Stückselbstkosten, Stückgewinn und Arbeitsertrag pro Raummeter	95
Tabelle 28: Gewinn, Gesamtarbeitsertrag und theoretischer Stundenlohn	96
Tabelle 29: Gewinn, Gesamtarbeitsertrag und theoretischer Stundenlohn bei einem durchschnittlichen Marktpreis von 57 €/rm (inklusive MwSt.) in Bayern	96
Tabelle 30: Vor- und Nachteile der vorgestellten Varianten	100

Tabellenverzeichnis Anhang

Tab. 1: Heizwerte von Laub- und Nadelholz in Abhängigkeit vom Wassergehalt	127
Tab. 2: Zusammenhang zwischen Volumen, Gewicht und Wassergehalt	127
Tab. 3: Waldflächenzusammensetzung in den Landkreisen Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld in ha und %. 128	
Tab. 4: Berechnung des Industrierestholzpotentials der Landkreise Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld in t_{atro}/a	128
Tab. 5: Primärenergieverbrauch (ohne Kraftstoffe) in den Landkreisen Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld nach Energieträgern und Verbrauchergruppen in MWh/a	129

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Arten von Energieholz.....	4
Abbildung 2: Weltmarktpreis für Öl in Dollar pro Barrel (159 l).....	13
Abbildung 3: Zahl der verkauften handbeschickten Heizungsanlagen über 15 kW.....	16
Abbildung 4: Zahl der verkauften mechanisch beschickten Anlagen (Hackgutfeuerungen).....	16
Abbildung 5: Zahl der verkauften Pelletsheizungen.....	17
Abbildung 6: Herkunft von Energieholzbrennstoffen und Wege vom Wald bis zum Endverbraucher.....	22
Abbildung 7: Heizwert von Holz in Abhängigkeit vom Wassergehalt (in %).....	24
Abbildung 8: Emissionsvergleich fossiler und holzartiger Energieträger.....	27
Abbildung 9: Geschlossene Stoffkreisläufe im Bioenergiesystem.....	29
Abbildung 10: Gegenüberstellung von technischem Energieholzpotential und Energieholzverbrauch in Deutschland in Mio. $t_{15\%/a}$	36
Abbildung 11: Gegenüberstellung der Energieholzpotentiale Bayerns und der derzeitigen Nutzung in Mio. $t_{atro/a}$ (1996).....	39
Abbildung 12: Gegenüberstellung der Gewinne von Haupterwerbsbetrieben in Bayern und dem Agrargebiet Rhön/Spessart.....	44
Abbildung 13: Anteile der einzelnen Baumarten in den Landkreisen Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld in %.....	45
Abbildung 14: Regionaler Marktpreis für die einzelnen Scheitholzsortimente, inklusiv Lieferung (ausschließlich Hartholz).....	59
Abbildung 15: Wippkreissäge.....	69
Abbildung 16: Sägegestell (hier an Radlader montiert).....	70
Abbildung 17: Schneidspalter mit Dreipunktaufhängung.....	71
Abbildung 18: Bauarten hydraulischer Holzspalter.....	72
Abbildung 19: Tragbares Einmann-Spaltgerät.....	73
Abbildung 20: Sappi mit axtlangem Stiel.....	73
Abbildung 21: Verfahrenskette Variante 1.....	76
Abbildung 22: Zwei Verfahrensketten zu Variante 2.....	81
Abbildung 23: Verfahrensketten Variante 3.....	88
Abbildung 24: Gegenüberstellung der Herstellkosten der vorgestellten Varianten.....	93
Abbildung 25: Sensitivitätsanalyse – Auswirkungen der Änderung ausgewählter Faktoren auf den Gesamtar- beitssertrag.....	97
Abbildung 26: Substitutionswert von Energieholz zu Heizöl und geschätzte regionale Wertschöpfung in Mio. € in Abhängigkeit vom Heizölpreis.....	108
Abbildung 27: Perspektiven einer verstärkten Energieholznutzung.....	116

1 Einführung

„Jedes Jahrzehnt hat wissenschaftliche Leitbegriffe. Die wichtigsten von ihnen sind mehr als bloße Modewörter, sie stehen für besonders einprägsame Entwicklungen und Denkweisen eines längeren Zeitraumes.“ (Diller 2002, S. 15) Neben den beiden wichtigsten Kernbegriffen der vergangenen Jahre – der „Globalisierung“ und der „Nachhaltigkeit“ – hat vor allem auch ein weiteres Begriffsfeld Konjunktur, das eng mit letztgenanntem in Zusammenhang steht: „nachwachsende Rohstoffe, erneuerbare Energien, Biomasse oder Bioenergie“.

Erneuerbare Energien – dazu zählen Energien aus Sonne, Wind, Wasser, Biomasse und Geothermie – gelten als Hoffnungsträger, wenn es um eine zukünftig umwelt- und klimaverträgliche Energieversorgung geht. Der Einsatz regenerativer Energien wird deshalb auch in vielen internationalen und nationalen Zielvorgaben gefordert. So verpflichtet sich die internationale Staatengemeinschaft im Kyoto-Protokoll zur Reduktion der Treibhausgasemissionen. Die Bundesregierung will den Anteil der erneuerbaren Energien bei der Primärenergie von 2,1 % im Jahr 2000 auf 4,2 % im Jahr 2010 sowie den Anteil an der Stromproduktion von 6,25 % in 2000 auf 12,5 % 2010 verdoppeln. (vgl. BMU; <http://www.bmu.de>; Zugriff am 12.08.2004) Darüber hinaus verlangen die Abhängigkeit des Ölmarktes von politischen Krisenregionen wie dem Nahen Osten und die Endlichkeit fossiler Energieträger nach Alternativen im Bereich regenerativer Energien.

Die Inflation der genannten Begrifflichkeiten spiegelt aber nicht nur die politischen Ziele wieder, sondern ebenso das gesteigerte Interesse der Industrie, des Gewerbes und des Endverbrauchers an der Produktion, Vermarktung und dem Einsatz der Renewables. Bereits jetzt sind in der Bundesrepublik im Bereich regenerative Energien bis zu 120.000 Arbeitsplätzen entstanden. Das jährliche Umsatzvolumen in der Branche beträgt in Deutschland ca. 10 Milliarden Euro. Das volkswirtschaftliche Potential erneuerbarer Energien ist demzufolge beträchtlich. (vgl. BMU 2004, Pressemitteilung 231/04 vom 30.07.2004)

Regenerative Energien bieten gerade für den ländlichen Raum und im Besonderen für die Landwirtschaft neue Erwerbs- und Einkommensquellen. (vgl. BMVEL 2003, S. 7) Denn die Landwirtschaft steht vor gravierenden Herausforderungen: Überproduktion und eine zunehmende Bindung an den Weltmarkt üben einen enormen Druck aus. (vgl. Biosphärenreservat Rhön 2000, Broschüre) Grenzertragsregionen, in denen die natürlichen und strukturellen Bedingungen keine marktfähige Produktion ermöglichen – wie zum Beispiel die Untersuchungsregion „Bayerische Rhön“ –, bekommen dies doppelt zu spüren. Die Schaffung zusätzlicher Einkommen ist unbedingt vonnöten. Im Bereich erneuerbare Energien ist dabei in erster Linie an die Biomasseproduktion und –verwertung zu denken.

Weil insbesondere der Energierohstoff Holz in Deutschland flächendeckend und nachhaltig verfügbar ist, interessiert in dieser Diplomarbeit insbesondere, inwieweit speziell die Produktion und Vermarktung von Scheitholz die Einkommenssituation bäuerlicher Betriebe verbessern kann und welche Produktionsverfahren zur Scheitholzgewinnung für einen landwirtschaftlichen Modellbetrieb zu empfehlen sind. Darüber hinaus sollen die eng damit zusammenhängenden ökonomischen, ökologischen und sozialen Effekte einer verstärkten Nutzung vorhandener Energieholzpotentiale auf eine strukturschwache ländliche Region aufgezeigt werden.

Dazu werden nach der Erläuterung des Untersuchungsgegenstandes, des Untersuchungsziels und der angewandten Forschungsmethodik (Kapitel 1) zunächst bedeutende politische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen (Kapitel 2) sowie wesentliche Kenngrößen und Hintergrundinformationen zur Thematik holzartiger Biomasse (Kapitel 3 und 4) dargelegt. Anschließend werden in der einzelwirtschaftlichen Analyse anhand des regionalen Fallbeispiels der beiden Rhön-Landkreise Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld (Bayern) die Forschungsfragen analysiert (Kapitel 5 und 6). Und schließlich werden die eng damit in Zusammenhang stehenden Auswirkungen auf die regionale Wirtschaft und Umwelt der Untersuchungsregion aufgezeigt.

1.1 Gegenstand der Untersuchung: Energieholz

Die vorliegende Untersuchung konzentriert sich auf holzartige Biomasse bzw. auf das engere Brennstoffsortiment „Scheitholz“. Diese Eingrenzung der Themenstellung ist notwendig, da der übergeordnete Energierohstoff Biomasse sehr vielfältige Aspekte und Anwendungsvarianten bietet. Auch der technologische Entwicklungsstand der verschiedenen Gewinnungs- und Nutzungstechnologien ist sehr unterschiedlich.

Zur eindeutigen Erfassung des Untersuchungsgegenstandes werden nachfolgend zunächst die wesentlichen Begrifflichkeiten definiert und die holzartige Biomasse in das Gesamtgefüge der erneuerbaren Energien eingeordnet.

Erneuerbare Energien, auch regenerative Energien oder Renewables genannt, bezeichnen die Bereitstellung von Energie aus nachhaltig genutzten Quellen, die entweder nachwachsen oder nach menschlichen Maßstäben unerschöpflich sind. (vgl. <http://www.lexikon.de>, Zugriff am 15.08.2004) Nach § 3 Abs. 1 EEG zählen dazu Wasserkraft einschließlich der Wellen-, Gezeiten-, Salzgradienten- und Strömungsenergie, Windenergie, solare Strahlungsenergie, Geothermie, Energie aus Biomasse einschließlich Biogas, Deponiegas und Klärgas sowie aus dem biologisch abbaubaren Anteil von Abfällen aus Haushalten und Industrie.

Unter dem Begriff Biomasse versteht man alle Stoffe organischer Herkunft „(d.h. kohlenstoffhaltiger Materie). Biomasse beinhaltet damit

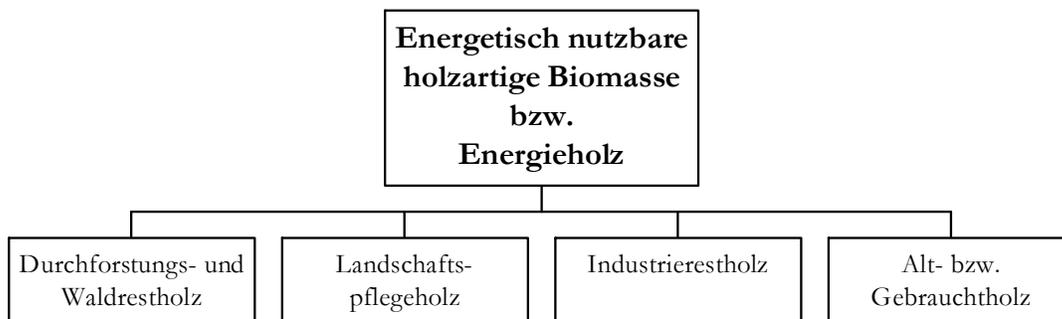
- die in der Natur lebende Phyto- und Zoomasse (Pflanzen und Tiere),
- die daraus resultierenden Rückstände (z.B. tierische Exkremente),
- abgestorbene (aber noch nicht fossile) Phyto- und Zoomasse (z.B. Stroh) und
- im weiteren Sinne alle Stoffe, die beispielsweise durch eine technische Umwandlung und/oder eine stoffliche Nutzung entstanden sind bzw. anfallen (z.B. Schwarzlauge, Papier und Zellstoff, Schlachthofabfälle, organische Hausmüllfraktion, Pflanzenöl, Alkohol).“ (Kaltschmitt/Hartmann 2001, S. 2; vgl. auch BMVEL 2003, S. 12)

„Die Abgrenzung der Biomasse gegenüber den fossilen Energieträgern beginnt beim Torf, dem fossilen Sekundärprodukt der Verrottung.“ (BMVEL 2003, S. 12) Dieser zählt nach der hier angewandten engeren Begriffsbestimmung nicht mehr zur Biomasse.

Die Biomasse kann weiterhin in Primär- und Sekundärprodukte unterteilt werden. Die Primärprodukte entstehen durch direkte photosynthetische Ausnutzung der Sonnenenergie und umfassen damit die gesamte Pflanzenmasse. Dagegen beziehen die Sekundärprodukte ihre Energie nur indirekt von der Sonne. Sie entwickeln sich vielmehr durch Ab- oder Umbau organischer Substanz zu höheren Organismen weiter und umfassen die gesamte Zoomasse und deren Exkreme (z.B. Gülle und Festmist). (vgl. Kaltschmitt/Hartmann 2001, S. 2 f.)

Hier interessiert die Gruppe der Primärprodukte, die holzartige- und halmgutartige Biomasse umfasst, und davon wiederum nur die energetisch verwertbare holzartige Biomasse. Diese fällt in vielen Stationen bei der stofflichen Verwertung von Holz für die Industrie (z.B. Möbel-, Bauholz-, Spanplatten- oder Papierindustrie) als Rückstand und/oder Nebenprodukt oder als Abfall an. „Je nach Hauptnutzungsprozess und Anfallort wird zwischen Durchforstungs- und Waldrestholz, Landschaftspflegeholz, Industrierestholz und Gebraucht- bzw. Altholz unterschieden.“ (Kaltschmitt/Hartmann 2001, S. 95) Alternativ für den Begriff der energetisch verwertbaren holzartigen Biomasse wird im Folgenden auch der Terminus „Energieholz“ verwendet.

Abbildung 1. Arten von Energieholz



(Quelle: modifiziert übernommen aus Kaltschmitt/Hartmann 2001, S. 96 ff.; Wagner/Wittkopf 2001, S. 4)

Nicht in der Definition enthalten und auch in dieser Arbeit nicht berücksichtigt sind eigens zur energetischen Nutzung angebaute Energiewälder. Darüber hinaus sollte beachtet werden, dass teilweise auch Industrieholz für die Energieholzgewinnung verwendet werden kann. Wegen der oft höheren Wertschöpfung in der stofflichen bzw. industriellen Nutzung, stehen für die energetische Verwertung in der Regel aber nur die geringwertigeren Zwischenprodukte, Nebenprodukte, Rückstände oder Abfälle zur Verfügung. (vgl. Kaltschmitt/Hartmann 2001, S. 95)

Eine detaillierte Darstellung zu den Energieholzarten, den Eigenschaften und Vorteilen holzartiger Biomasse sowie zu deren theoretischen, technischen und wirtschaftlichen Potentialen erfolgt in den Kapiteln 3 und 4.

1.2 Untersuchungsziel

Die Analyse der untersuchungsleitenden Fragestellungen ist zweigeteilt in eine einzelbetriebliche und eine regionalwirtschaftliche Analyse.

Prämissen und Leitfragen der einzelbetrieblichen Analyse

Vor dem Hintergrund des noch immer anhaltenden Strukturwandels in der Landwirtschaft stehen vor allem Grenzertragsregionen vor großen Herausforderungen – auch die beiden Rhön-Landkreise Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld (Untersuchungsregion). Man muss nach weiteren Standbeinen für die Landwirtschaft suchen. Neben dem Fremdenverkehr und der Direktvermarktung landwirtschaftlicher Produkte stellt die Energieproduktion ein solches Standbein dar. Zu denken ist dabei u. a. an den Bau von Windrädern, Photovoltaik-Anlagen oder an den Bau von Biogasanlagen, deren Strom mit Einspeisung in das Stromnetz vergütet wird, sowie an die Produktion von Energiepflanzen. Das Augenmerk in dieser Abhandlung liegt speziell auf der Gewinnung und Vermarktung des Brennstoffsortiments „Scheitholz“ als alternative Einkommensquelle für die Landwirtschaft.

Die Gründe für die Konzentration auf den Energieträger Scheitholz sind:

- Für die Landwirtschaft ist die Scheitholzproduktion relativ einfach realisierbar, da notwendige Maschinen und Geräte oftmals vorhanden sind;
- nicht wenige Landwirte sind zudem auch Waldbauern;
- der Energieträger Scheitholz ist im Vergleich zu Heizöl relativ günstig,
- die Nachfrage nach Scheitholz ist gestiegen,
- die Scheitholzwerbung erfolgt in der Regel in der arbeitsärmeren Winterzeit,
- Scheitholz gilt als krisensicher, CO₂-neutral und damit umweltfreundlich und
- nicht zuletzt ist Scheitholz Energie aus der Region (Nachhaltigkeit).

In der einzelbetrieblichen Analyse werden folgende Leitfragen beantwortet:

- Wie gestaltet sich der Scheitholzmarkt in den Landkreisen Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld?

Grundlage bildet die Analyse des Energieholzpotentials in der Untersuchungsregion. Anschließend werden die Energieverbrauchsstrukturen und insbesondere die von Scheitholz untersucht. Da die vorhandenen regionalen Datengrundlagen lediglich die Wärmedeckung durch Energieholz ausweisen, aber nicht zwischen der Nutzung von Scheitholz, Hackschnitzeln und Pellets differenzieren, werden zur Analyse der Scheitholznachfrage in der Region Rückschlüsse aus den Daten der Bezirkskaminkehrermeister zu den betreuten Feuerstätten privater Haushalte gezogen. Denn die privaten Haushalte gelten als Hauptnutzer von Scheitholz und somit als der relevante Kundenstamm für den Scheitholzvertrieb. Weiterhin werden die Anbieterstrukturen analysiert.

- Wie ist der momentane Marktpreis für Scheitholz in der Untersuchungsregion? Wie wird sich der Marktpreis für Scheitholz in Zukunft entwickeln?
- Welche Hemmnisse stehen der Scheitholzgewinnung und –vermarktung im Weg?
- Mit welchen Kosten muss man bei der Scheitholzbereitstellung rechnen?

Anhand eines Modellbetriebes werden drei alternative Produktionsverfahren verglichen. Die Darstellung der Techniken konzentriert sich auf heute marktgängige und praxisreife Verfahren, die direkt und mit vergleichsweise hoher Betriebssicherheit umgesetzt werden können.

- Zusammenfassend interessiert, ob die Gewinnung und der Vertrieb von Scheitholz für einen landwirtschaftlichen Modellbetrieb in einer Grenzertragsregion ein wirtschaftliches, alternatives Standbein darstellen kann und welches der drei Produktionsverfahren zu bevorzugen ist.

Leitfragen der regionalwirtschaftlichen und -ökologischen Analyse

Da von einer verstärkten Nutzung vorhandener Energieholzpotentiale nicht nur die Land- und Forstwirtschaft profitiert, werden nach dem einzelwirtschaftlichen Schwerpunkt der Diplomarbeit auch der Beitrag der Energieholzverwertung zur Steigerung der regionalen Wertschöpfung und weitere Auswirkungen auf die Region aufgezeigt.

1.3 Erläuterung der Forschungsmethodik

Grundlage der Untersuchung ist zunächst eine umfassende Literatur- und Dokumentenanalyse im Hinblick auf den Wissens- und Forschungsstand zum Thema Energieholz allgemein sowie zur Untersuchungsregion.

Zusätzlich zur Literaturanalyse werden folgende sekundärstatistische Quellen analysiert:

- Daten der Bezirkskaminkehrermeister zu den betreuten Feuerstätten privater Haushalte,
- eine Luftbildinterpretation des Biosphärenreservat Rhön von 1993/1994 zur Ermittlung des Landschaftspflegeholzpotentials im bayerischen Teil des Biosphärenreservates Rhön,
- statistisches Material der beiden Landkreise Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld bzw. des Biosphärenreservates Bayerische Rhön und des Regierungsbezirks Unterfranken sowie
- statistisches Material aus dem „Energiekonzept Bayerische Rhön“ (2000).

Für den Energieträger Scheitholz ist in der Untersuchungsregion noch wenig sekundärstatistisches Material vorhanden. Es werden zur Vertiefung und Ergänzung der Daten weiterhin in mündlichen, nicht-standardisierten Kurzinterviews folgende Experten befragt:

- ein Bezirkskaminkehrermeister,
- zwei Forstamtsdirektoren,
- der Geschäftsführer der Maschinenring GmbH Rhön-Spessart-Main GmbH sowie
- eine telefonische Befragung von 14 Brennholz anbietern über Annoncen in den regionalen Zeitungen.

Der Untersuchung liegen demzufolge die Methoden Literaturanalyse, sekundärstatistischer Analyse und nicht-standardisierte Kurzinterviews zugrunde. Zur Gegenüberstellung der drei unterschiedlichen Scheitholzwerbungsverfahren werden schließlich vom Verfasser dieser Arbeit noch Zeitstudien durchgeführt.

2 Politische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Zum Verständnis der Aktualität des Themas „Erneuerbare Energien“, zu dem bekanntlich der hier relevante Energieträger „Energieholz“ zählt, ist es zunächst erforderlich, bedeutende politische Ziele und wirtschaftliche Hintergründe zu skizzieren, die zum Bedeutungsgewinn der regenerativen Energien beitragen.

2.1 Politische Ziele und deren Förderung

Zu den vor diesem Hintergrund bedeutsamen Zielen zählen die Verpflichtungen der internationalen Staatengemeinschaft zu einer nachhaltigen Entwicklung sowie zur Reduktion der CO₂-Emissionen. Eng damit in Zusammenhang steht das Ziel der Bundesregierung, den Anteil erneuerbarer Energien am Gesamtenergieverbrauch bis 2050 um 50 % zu erhöhen. Bedeutende Schritte zur Realisierung dieser „Energiewende“ (Trittin 2004, S. I) stellen das am 1. April 2000 in Kraft getretene Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), die im Juni 2001 in Kraft getretene zugehörige Biomasseverordnung (BiomasseV) sowie zahlreiche Förderprogramme für den Einsatz erneuerbarer Energien dar. (vgl. BMU 2002, S. 1) Im Anschluss werden die genannten Aspekte in Kürze dargelegt.

2.1.1 Ziel der nachhaltige Raumentwicklung

Auf der Konferenz für Umwelt und Entwicklung der Vereinten Nationen in Rio de Janeiro 1992 verpflichtete sich die internationale Staatengemeinschaft in dem „Aktionsprogramm für das 21. Jahrhundert“ dem Leitbild der nachhaltigen Entwicklung. Da sich der Nachhaltigkeitsgedanke seitdem zu einem allumfassenden Leitbild, auch in Deutschland, entwickelt hat und mit diesem Ziel ebenfalls die Förderung regenerativer Energien verbunden ist, soll dieses Konzept der nachhaltigen Raum- und Regionalentwicklung kurz erläutert werden. (vgl. Kistenmacher/Mangels 2000, S. 89) Grundkonsens ist die Definition der nachhaltigen Entwicklung aus dem Brundtland-Bericht von 1987: Demnach ist eine nachhaltige Entwicklung „ein Prozess ständigen Wandels, dessen Ziel darin besteht, die Ausbeutung der Ressourcen, den Investitionsfluss, die Ausrichtung der technologischen Entwicklung und die institutionellen Veränderungen mit künftigen und gegenwärtigen Bedürfnissen in Einklang zu bringen.“

Oder etwas verkürzt: „eine Entwicklung, in der die Bedürfnisse heutiger Generationen befriedigt werden sollen, ohne die Bedürfnisse kommender Generationen zu gefährden.“ (Kistenmacher/Mangels 2000, S. 90) Wesentlich ist die Gleichwertigkeit einer ökonomischen (möglichst optimale Nutzung aller Ressourcen, effizientes Wirtschaften), sozialen (Partizipation, ausgeglichene Verteilung aller Ressourcen) und der ökologischen Komponente der Nachhaltigkeit (Festlegung von Obergrenzen des Verbrauches aller nichterneuerbaren Ressourcen). (vgl. Kistenmacher/Mangels 2000, S. 90)

Auch das Erneuerbare-Energien-Gesetz verpflichtet sich explizit der nachhaltigen Entwicklung der Energieversorgung. Dort heißt es in § 1 Abs.1: „Zweck dieses Gesetzes ist es, insbesondere im Interesse des Klima-, Natur- und Umweltschutzes eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung zu ermöglichen, die volkswirtschaftlichen Kosten der Energieversorgung auch durch die Einbeziehung langfristiger externer Effekte zu verringern, Natur und Umwelt zu schützen, einen Beitrag zur Vermeidung von Konflikten um fossile Energieressourcen zu leisten und die Weiterentwicklung von Technologien zur Erzeugung von Strom aus Erneuerbaren Energien zu fördern.“ (vgl. § 1 Abs. 1 EEG) Fossile Energien und Atomenergie erfüllen die genannten Kriterien nicht. (vgl. BMU 2002, S. 1) Für die Aufgaben der nachhaltigen Entwicklung der Energieversorgung und des Umweltschutzes ist deshalb der verstärkte Einsatz regenerativer Energien unverzichtbar. Gleichzeitig tragen die regenerativen Energien zur Schaffung von neuen Arbeitsplätzen (z. B. in den Bereichen Bauwirtschaft und Handwerk, Forschung und Entwicklung, Planung und Information oder Beratung und Schulung) sowie zur Diversifizierung der Einkommen in der Landwirtschaft und damit zur Steigerung der Wertschöpfung in strukturschwachen ländlichen Räumen bei. (vgl. BMU 2002, S. 1)

2.1.2 Ziel der Reduktion der CO₂-Emissionen

Mit dem Inkrafttreten des Kyoto-Protokolls am 16. Februar 2005 kommt eine weitere Herausforderung verbindlich hinzu: das internationale Dokument für den Klimaschutz verpflichtet die Industrieländer (128 Unterzeichner-Länder) insgesamt, ihren Treibhausgas-Ausstoß im Zeitraum 2008 bis 2012 um 5 % gegenüber 1990 zu reduzieren. Deutschland hat sich innerhalb der EU dazu verpflichtet, seine Emissionen in diesem Zeitraum um 21 % zu

senken. 19 Prozentpunkte sind bereits erreicht. Mittelfristig möchte man nach Aussage von Jürgen Trittin die deutschen Treibhausgasemissionen um 40 % reduzieren, vorausgesetzt die EU verständigt sich auf ein Minderungsziel von 30 %. (vgl. BMU, <http://www.bmu.de>; Pressemitteilung Nr. 332/04 vom 18.11.2004) Als ein Werkzeug zur Reduktion der Emissionen gilt die Bundes-Immissionsschutz-Verordnung (BimSchV). Das bedeutet vor allem, dass Heizungsanlagen, die vorgegebene Grenzwerte nicht einhalten, ausgetauscht werden müssen.

2.1.3 Ziel der Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien in der deutschen Energieversorgung

Eine bedeutende Rolle spielt neben der Energieeinsparung durch den Einsatz energiesparender Technologien vor allem die von der Bundesregierung angestrebte „Energiewende“, d.h. die Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien in der Energieversorgung der Bundesrepublik.

Die Bundesregierung setzt sich konkret folgende Ziele:

- Kurzfristig: Verdopplung des Anteils erneuerbarer Energien bis 2010, d.h. eine Steigerung auf 12,5 % Anteil am Stromverbrauch und 4,2 % Anteil am gesamten Primärenergieverbrauch;
- Mittelfristig: 20 % Anteil am Stromverbrauch und 10 % Anteil am Primärenergieverbrauch;
- Langfristig: mindestens 50 % Anteil der erneuerbaren Energien an der gesamten Energieversorgung bis zum Jahr 2050. (vgl. § 1 Abs. 2 EEG; BMU, www.erneuerbare-energien.de; Pressemitteilung Nr. 231/04 vom 30.07.2004; BMU 2002, S. 1)

Auch die Europäische Union strebt die Verdopplung des Anteils erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch bis 2010 an (von 6 % auf 12 %), „wobei die Biomasse den weitaus größten Einzelbeitrag leisten soll, da sie sich gegenüber dem Stand von 2000 sogar verdreifachen soll.“ (BMVEL 2003, S. 8)

2.1.4 Agrarpolitik und Politik für den ländlichen Raum

Die Schwierigkeiten, vor denen die deutsche Landwirtschaft momentan steht, wurden bereits genannt (u. a. Überproduktion, Bindung an den Weltmarkt). Um diese Herausforderungen zu meistern, verfolgt die bundesdeutsche Agrar- und Energiepolitik das Ziel der Schaffung von Einkommensalternativen „außerhalb der Nahrungsmittelerzeugung im Rahmen einer multifunktionalen Landwirtschaft und die Stärkung von Wertschöpfung und Beschäftigung insbesondere im ländlichen Raum.“ (BMVEL 2004, S. 9) Dazu kann, wie bisher deutlich wurde, die Erzeugung und Vergütung regenerativer Energien beitragen.

2.1.5 Förderprogramme für erneuerbare Energien

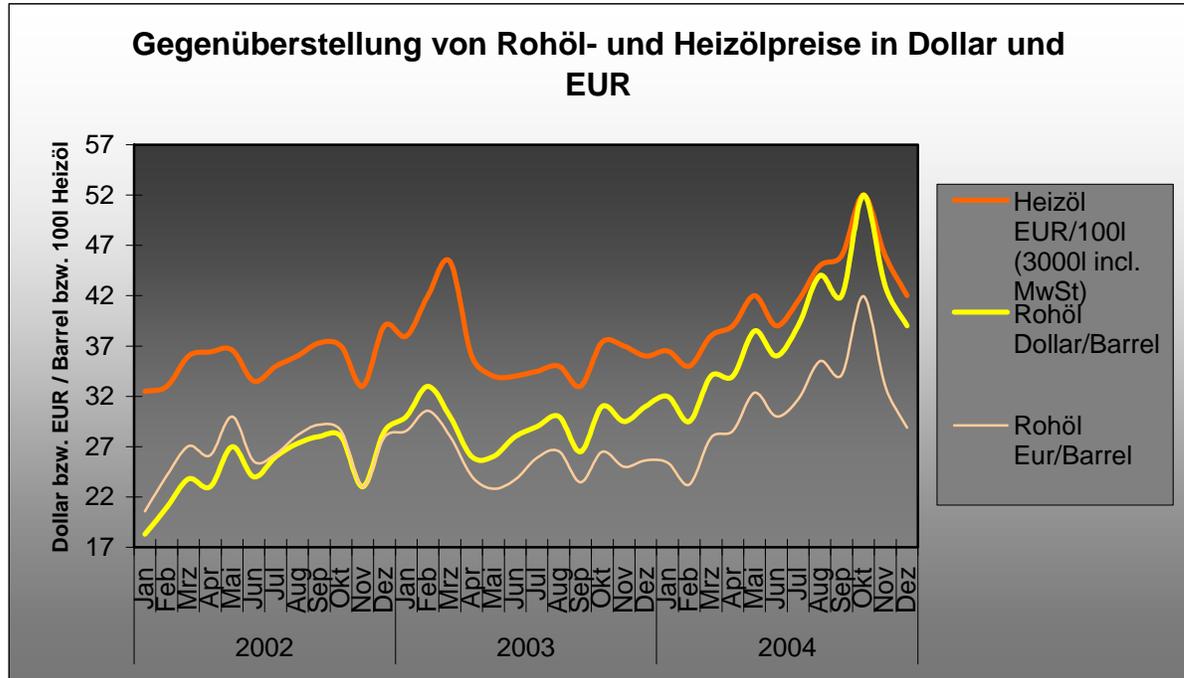
Zur Realisierung der genannten Vorgaben gibt es diverse Förderprogramme seitens der EU, des Bundes und der Länder. (vgl. FNR 2002, S. 92 ff.) Im Rahmen des Marktanreizprogramms „Erneuerbare Energien“ (MAP) fördert der Bund beispielsweise den stärkeren Einsatz erneuerbarer Energien durch Zuschüsse, Teilschulderlasse oder zinsgünstigen Darlehen für Privatpersonen, Kommunen, kleine bis mittlere private gewerbliche Unternehmen sowie Körperschaften und Zweckverbände. Das Programm läuft noch bis Ende 2006. (vgl. Bafa; <http://www.bafa.de/1/de/aufgaben/energie.htm>; Zugriff am 13.07.2004; FNR 2002, S. 92) Im Jahr 2004 wurde außerdem die Förderung von Hackschnitzel- und Pelletsfeuerungen von 55 €/kW auf 60 €/kW Heizleistung angehoben und der Fördersatz von 50 €/kW bei manuell beschickten Stückgutkesseln wiedereingeführt. Auch Kommunen können erstmalig mit einer Bundesförderung rechnen. (vgl. Bafa, www.bafa.de; Zugriff am 10.10.2004) Darüber hinaus gibt es noch das Bundesförderprogramm „Nachwachsende Rohstoffe“, das ähnliche Ziele verfolgt. Man möchte damit:

- einen Beitrag für eine nachhaltige Rohstoff- und Energiebereitstellung leisten,
- die Umwelt durch Ressourcenschutz, besonders umweltverträgliche Produkte und CO₂-Emissionsverminderung entlasten und
- die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Land- und Forstwirtschaft sowie der vor- und nachgelagerten Bereiche stärken. (vgl. FNR 2002, S. 95)

2.2 Der Ölpreis

Regenerative Energien stehen nach wie vor in Konkurrenz zu den fossilen Energieträgern. Eine dominierende Rolle nimmt dabei das Erdöl ein, das Ausgangsstoff von herkömmlichen Treib- und Schmierstoffen und Heizöl sowie Grundbaustein vielfältigster Produkte ist. Ein steigender Rohölpreis führt tendenziell zu steigenden Investitionen in ressourceneffizientere Technologien und regenerative Energien sowie zu einer steigenden Nachfrage nach Alternativen zu Öl seitens der Verbraucher. Daher kann die Entwicklung des Ölpreises in dieser Abhandlung nicht gänzlich außer Acht gelassen werden. Insbesondere da der Preis für Rohöl in diesem Jahr (2004) neue Rekordhöhen von über 50 US-Dollar/Barrel (159 l) erreichte. (vgl. Abbildung 2). (vgl. Stiftung Wissenschaft und Politik, <http://www.swp-berlin.org>, Zugriff am 04.12.2004, S. 1, 6, 8) Im Folgenden wird die Entwicklung des Ölmarktes in Kürze skizziert.

Abbildung 2: Weltmarktpreis für Öl in Dollar pro Barrel (159 l)



(vgl. modifiziert übernommen aus Tecson, <http://www.tecson.de>; Zugriff am 26.11.2004)

Die Ressource Öl und ihr Preis machen in regelmäßigen Abständen Schlagzeilen, geraten aber ebenso wieder für einige Jahre in Vergessenheit. So folgte den turbulenten Jahren 1973-1985 eine Phase bis 1998 mit konstant relativ niedrigem Ölpreisniveau. Seitdem unterliegt der Ölpreis wieder großen Schwankungen, wie folgende Schlagzeilen verdeutlichen: der Ölpreisschock eines historischen Preiseinbruchs 1998 auf 9,50 US-Dollar/Barrel (159 l), das darauf folgende Wiedererstarren der Organisation erdölexportierender Länder (OPEC) und eine Verdreifachung des Ölpreises bis Ende 2000, die Fokussierung auf den Nahen Osten und sein Öl als Folge des 11. September, die Invasion des Iraks sowie die diesjährigen Rekordpreise von über 50 US-Dollar/Barrel. (vgl. Stiftung Wissenschaft und Politik, <http://www.swp-berlin.org>, Zugriff am 04.12.2004, S. 1)

Die Gründe für das hohe Preisniveau im Jahr 2004 sieht man jedoch keinesfalls in der mittelfristigen Endlichkeit der Ressource Öl, sondern im Wesentlichen in den folgenden Parametern:

- im Erreichen von Kapazitätsengpässen in der Produktion bzw. im inzwischen fast vollständigen Verschwinden freier Förderkapazitäten auf weniger als 1 % der Weltproduktion; die Angebotsverknappung führt dabei nicht nur zu einer Preissteigerung, sondern auch zu einer erhöhten Marktsensibilität;
- in fehlenden Investitionen in langfristige Kapazitätserhöhungen (u. a. wegen des in den letzten Jahren zunehmend schwankenden Ölpreises);
- in der unerwartet hohen chinesischen Nachfrage;
- im Putsch und Streik in Venezuela sowie
- in der Invasion und Krise im Irak. (vgl. (vgl. Stiftung Wissenschaft und Politik, <http://www.swp-berlin.org>, Zugriff am 04.12.2004, S. 6 ff.)

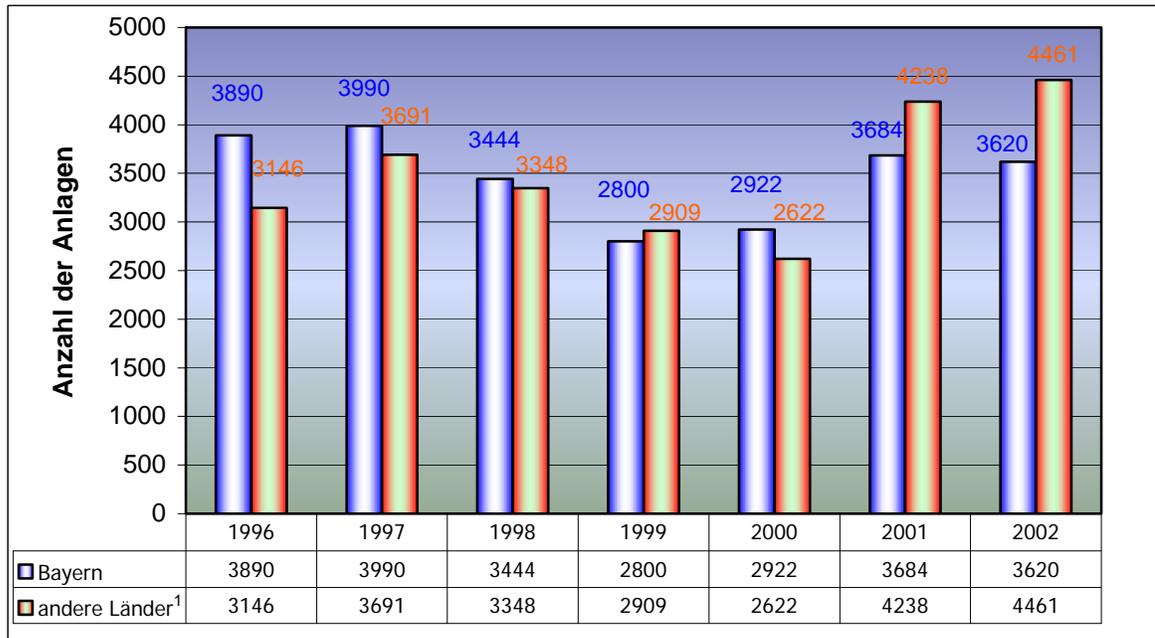
Für das erste Quartal 2005 rechnen Experten jedoch wieder mit einem Abflauen des Höhenfluges beim Ölpreis, da vor allem Nicht-OPEC-Länder ihre Produktion ausweiten wollen. (vgl. Stiftung Wissenschaft und Politik, <http://www.swp-berlin.org>, Zugriff am 04.12.2004) Weiterhin muss man konstatieren, dass die Abhängigkeit der westlichen Industrienationen von der Ressource Öl in den letzten Jahrzehnten abgenommen hat. So reduzierte beispielsweise Deutschland seinen Ölverbrauch von 1973 bis 2003 um 20 %. (vgl. Stiftung Wissen-

schaft und Politik, <http://www.swp-berlin.org>, Zugriff am 04.12.2004, S. 2) Damit dürfte die Reaktion auf Preisschwankungen beim Öl im Sinne einer Ausweitung der Investitionen in alternative Energien weitaus gemäßigter ausfallen, als noch während der Ölkrise der 70er Jahre. Gleichwohl kann ein anhaltend hoher Ölpreis die Wirtschaftlichkeit beispielsweise einer Hackschnitzel- oder Scheitholzheizung gegenüber eine Ölheizung in privaten Haushalten erhöhen. Hinzu kommen die finanzielle Förderung regenerativer Energien seitens des Bundes und der Länder sowie als subjektive Aspekte die Angst der Verbraucher vor steigenden Ölpreisen und die anhaltende Preisunsicherheit wegen der Sprunghaftigkeit auf dem Ölmarkt.

2.3 Gesteigerte Nachfrage nach Holzheizungssystemen

Wie aus den Abbildungen 3-5 ersichtlich wird, stieg der Verkauf holzbeheizter Feuerungen bereits seit dem Jahr 2000 deutlich an. Neben der staatlichen Förderung und dem unsicheren Ölmarkt haben sicherlich die auf breiter Front verbesserten Holzheizsysteme zu diesem Anstieg geführt. Denn insbesondere die Bedienerfreundlichkeit und der Komfort konnten deutlich erhöht und die Abgaswerte beträchtlich reduziert werden. Auffällig ist der hohe Anteil der verkauften Holzfeuerungen in Bayern. Dieses Bundesland stellt somit einen bedeutsamen Absatzmarkt für holzartige Biomasse dar. Es wird zudem ersichtlich, dass die Zahl der verkauften handbeschickten Anlagen nach wie vor die Gesamtheit der holzbefeuerten Systeme dominiert. Mechanisch beschickte Anlagen, vor allem Pelletsheizungen, sind jedoch auf dem Vormarsch.

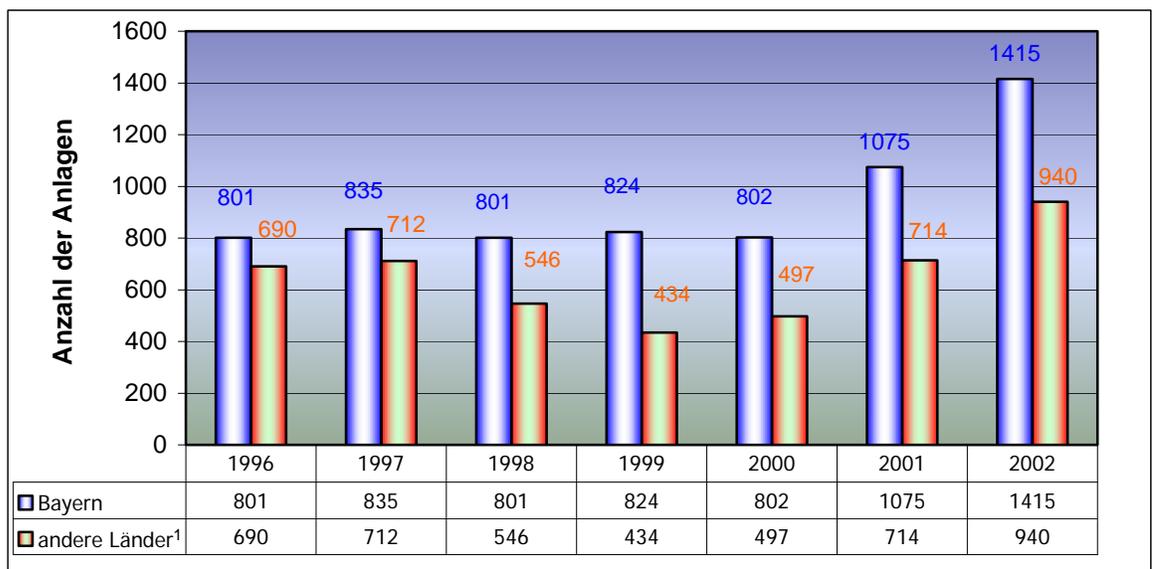
Abbildung 3: Zahl der verkauften handbeschickten Heizungsanlagen über 15 kW



¹ Deutschland ohne Bayern

(Quelle: Wazula 2004)

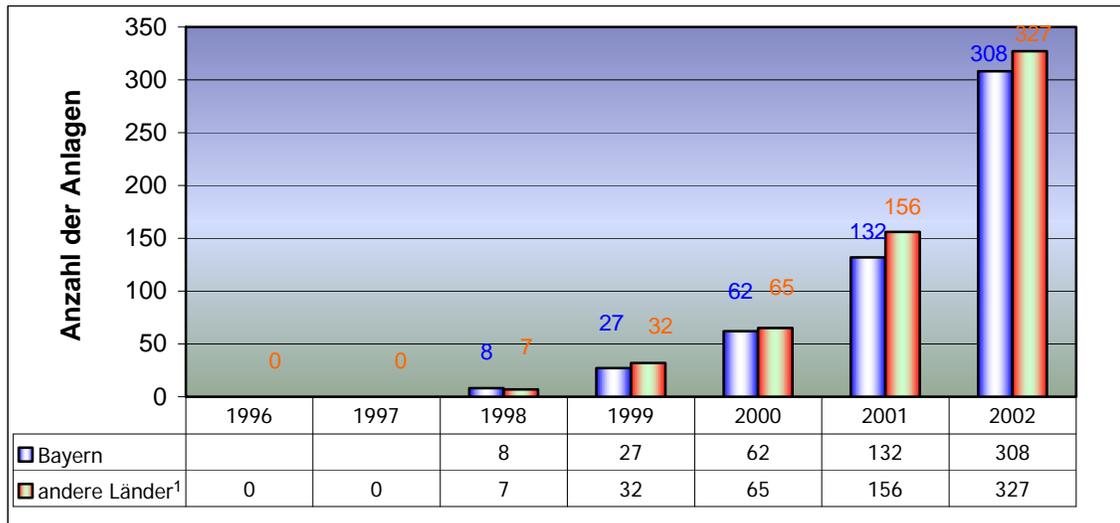
Abbildung 4: Zahl der verkauften mechanisch beschickten Anlagen (Hackgutfeuerungen)



¹ Deutschland ohne Bayern

(Quelle: Wazula 2004)

Abbildung 5: Zahl der verkauften Pelletsheizungen



¹ Deutschland ohne Bayern

(Quelle: Wazula 2004)

2.4 Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der zunehmende Einsatz erneuerbarer Energien und ein steigender Anteil der Regenerativen am Strom- und Primärenergieverbrauch in Deutschland zum einen politisch gewünscht und gefördert wird. Zum anderen kann ein anhaltend hoher Ölpreis die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes alternativer Energien erhöhen sowie ein dauerhaft sprunghafter Ölmarkt auch aufgrund der Planungsunsicherheit der Verbraucher eine steigende Nachfrage nach regenerativen Energien begünstigen. Die Nachfrage nach holzbeheizten Feuerungsanlagen steigt zudem bereits seit dem Jahr 2000 deutschlandweit an.

3 Holzartige Biomasse als nachwachsender Energieträger

Die Verbrennung von Holz ist die älteste und einfachste Form der Wärmeengewinnung. Auch heute kommt dem Holz unter den Biomasse-Energieträgern die größte Bedeutung zu: im Jahr 2003 stammten 50 % der erzeugten regenerativen Energien aus Holz. (vgl. BMVEL 2004, S. 6 f.) Genutzt wird es noch überwiegend zur Wärmeengewinnung (vorzugsweise aus Scheitholz), die Stromerzeugung aus Holz spielt dagegen noch eine untergeordnete Rolle. (vgl. BMU 2002, S. 61) Obwohl heute eine Versorgung von Nah- und Fernwärmenetzen mit Holzwärme grundsätzlich möglich ist, erfolgt die Nutzung holzartiger Biomasse überwiegend in Kleinst- (< 15 kW) und Kleinanlagen (< 100 kW). Dort konnten aber zumindest der Bedienungskomfort erhöht (u. a. durch mechanische Beschickung oder Pufferspeicher) sowie die Wirkungsgrade und Emissionswerte erheblich verbessert werden. (vgl. BMU 2002, S. 61)

Im Folgenden werden zunächst die einzelnen Energieholzquellen näher vorgestellt (Kapitel 3.1). Anschließend werden wesentliche Eigenschaften von Holz (Kapitel 3.2) sowie die Vorteile der energetischen Nutzung holzartiger Biomasse gegenüber den fossilen Energieträgern (Kapitel 3.3) aufgezeigt. Schließlich werden dabei auch bedeutende Hemmnisse, die einer stärkeren Nutzung von Holzenergie bisher im Wege standen sowie ökologische Nachteile der Holzgewinnung und –nutzung angesprochen (Kapitel 3.4).

3.1 Energieholzarten

Der wichtigste Abnehmer für Waldholz ist die Sägeindustrie. Hinzu kommt die Verarbeitung des Rohstoffes Holz in der Papier-, Zellstoff-, Holzwoollen- oder Span- und Faserplattenindustrie. Das Hauptprodukt der Forstwirtschaft ist dabei das Stammholz, das entsprechend hochwertig und teuer ist. Industrieholz ist dagegen das Holz, das den Anforderungen an Stammholz nicht genügt. (vgl. Kaltschmitt/Hartmann 2001, S. 96 f.) Bei der Gewinnung von Stamm- und Industrieholz sowie bei Durchforstungsarbeiten, die in Zyklen von mindestens zehn Jahren durchgeführt werden, fallen Nebenprodukte, Rückstände und Abfälle an, die für die energetische Nutzung zur Verfügung stehen (Durchforstungs- und Waldrestholz). Auch bei der weiteren stofflichen Verwertung von Holz in der Industrie fallen Nebenprodukte und Abfälle an, die energetisch genutzt werden können (Industrierestholz). Darüber hinaus bieten

das Landschaftspflegeholz sowie das aus der Nutzung ausscheidende Altholz energetisches Potential. Nachfolgend werden diese Energieholzarten vorgestellt. (vgl. Kaltschmitt/Hartmann 2001, S. 96 ff.)

3.1.1 Durchforstungs- und Waldrestholz

Das Durchforstungsholz fällt bei den Durchforstungsarbeiten an. Diese dienen dazu, den Holzzuwachs auf wüchsige und qualitativ hochwertige Bäume zu konzentrieren, „indem konkurrierende, kranke und/oder minderwertige Bäume entfernt werden“. (Kaltschmitt/Hartmann 2001, S. 97) Derartige Maßnahmen liefern als Schwachholz bezeichnetes Holz mit einem Brusthöhendurchmesser (BHD) von 7 bis 20 cm. Da die Durchforstung junger Bestände vergleichsweise teuer ist, können je nach Alter und Brusthöhendurchmesser die Erlöse aus dem Verkauf als Industrieholz die Kosten kaum vollständig decken. Schwachholz kann deshalb häufig kostengünstiger „durch eine Vollbaumnutzung mit einer vollmechanisierten Ernte (z.B. Harvestereinsatz) zu einem Energierohstoff (z.B. Hackschnitzel) aufbereitet werden.“ (Kaltschmitt/Hartmann 2001, S. 97)

Der Schlagabraum ist schließlich das gesamte, nach der Endnutzung und Durchforstung im Bestand verbleibende Holz. Wird diese holzartige Biomasse nicht zu Brennholz (Hackschnitzeln oder Scheitholz) aufgearbeitet, bezeichnet man sie als Waldrestholz. (vgl. Kaltschmitt/Hartmann 2001, S. 97 ff.; Wagner/Wittkopf 2001, S. 16)

Der Schlagabraum- bzw. das Waldrestholz besteht nach Kaltschmitt/Hartmann (2001, S. 97 ff.) und Wagner/Wittkopf (2001, S. 16) aus folgenden Bestandteilen:

- Kronenderbholz (Durchmesser > 7 cm)
Bei Nadelholz fallen darunter die vom Stamm abgetrennten starken Äste sowie ein Teil der Krone, beim Laubholz die Starkäste, die wegen ihrer Krümmung und des hohen Entastungsaufwandes nicht industriell genutzt werden.
- Stammabschnitte
Zu kurze, fehlerhafte oder qualitativ minderwertige Stammabschnitte werden nicht industriell genutzt, sondern verbleiben im Wald.

- **Derbholz aus der Jungbestandspflege und Jungdurchforstung**
Derbholz stellt die gesamte oberirdische Holzmasse (einschließlich Astholz und Rinde) dar. Die bei der Pflege von Jungbeständen anfallenden Bäume können wegen der hohen Astigkeit und der geringen Stärke nicht industriell verarbeitet werden.
- **Stock**
Der Stock umfasst sowohl die unterirdischen Teile des Baumes (Wurzel), als auch das oberirdische Stammstück, das nach dem Schlagen von Stamm-, Industrie- oder Schwachholz im Wald verbleibt. Der Stock kommt jedoch als Energieträger nicht in Betracht, da dessen Verfügbarmachung mit einem erheblichen technischen Aufwand und schweren Eingriffen in den Waldboden verbunden wäre.
- **Reisholz (Durchmesser < 7 cm)**
Zum Reisholz zählt die Gesamtheit der dünnen Äste, einschließlich der Blätter und Nadeln.
- **Rinde**
Die Rinde fällt bei der Stammholzproduktion an und verbleibt entweder im Wald oder im verarbeitenden Betrieb. Für die thermische Verwendung ist sie weniger geeignet. Sie wird statt dessen oft über den Landschafts- und Gartenbau verwertet.

3.1.2 Landschaftspflegeholz

Landschaftspflegeholz - zum Teil auch als Flurholz bezeichnet - fällt bei Pflegearbeiten, Baumschnittaktivitäten in der Land- und Gartenbauwirtschaft (z.B. Obstbäume, Weinberge, Hecken) und sonstigen landschaftspflegerischen oder gärtnerischen Maßnahmen an. Je nach Anfallort finden sich verschiedene untergeordnete Bezeichnungen, wie zum Beispiel Straßenbegleitholz, Gehölze in der freien Landschaft (u. a. Feldgehölze, Hecken), Baumschnitt aus Parks, Anlagen und Friedhöfen, Baumschnitt aus Obstplantagen, Streuobstwiesen und Rebflächen oder Schwemmholz. (vgl. Kaltschmitt/Hartmann 2001, S. 100 ff.) Im Weiteren findet wieder nur die holzartige Materie Berücksichtigung (d.h. z.B. kein Grasschnitt).

3.1.3 Industrierestholz

Bei den Nebenprodukten, Rückständen und Abfällen aus der industriellen Verarbeitung von Holz, die für eine energetische Nutzung zur Verfügung stehen können, „handelt es sich meist um Holz in Form von Hackschnitzeln, Abschnitten, Schwarten, Spreißeln, Rindenstücken (nur bei Werksentrindung)“ oder Staub. „Diese Industrierestholzsortimente können am gesamten verarbeiteten Stammholz einen Anteil von bis zu 50 % und mehr einnehmen.“ (Kaltschmitt/Hartmann 2001, S. 104 f.) Zum Teil stellen diese Produkte jedoch nach wie vor hochwertige Rohstoffe für die Zellstoff-, Span- und Faserplatten- oder Papierindustrie dar. Die energetische Verwertung holzartiger Biomasse steht somit immer in Konkurrenz zur industriellen Verwertung. (vgl. Kaltschmitt/Hartmann 2001, S. 105)

3.1.4 Altholz

Alt- bzw. Gebrauchtholz ist Holz, das aus dem Nutzungsprozess ausscheidet. Je nach Art der Nutzung kann dieses Holz mit unterschiedlichen Schadstoffen belastet sein. Man unterscheidet deshalb zwischen unbehandeltem bzw. naturbelassenem Holz (z.B. Paletten, ausgelebte Weihnachtsbäume), Abfällen von behandeltem Holz ohne schädliche Verunreinigungen (z.B. Möbel, Innentüren) und Holzabfällen aus erheblich belasteten Holz (z.B. Bahnschwellen, Zäune, Fenster, Außentüren). (vgl. Kaltschmitt/Hartmann 2001, S. 105 ff.)

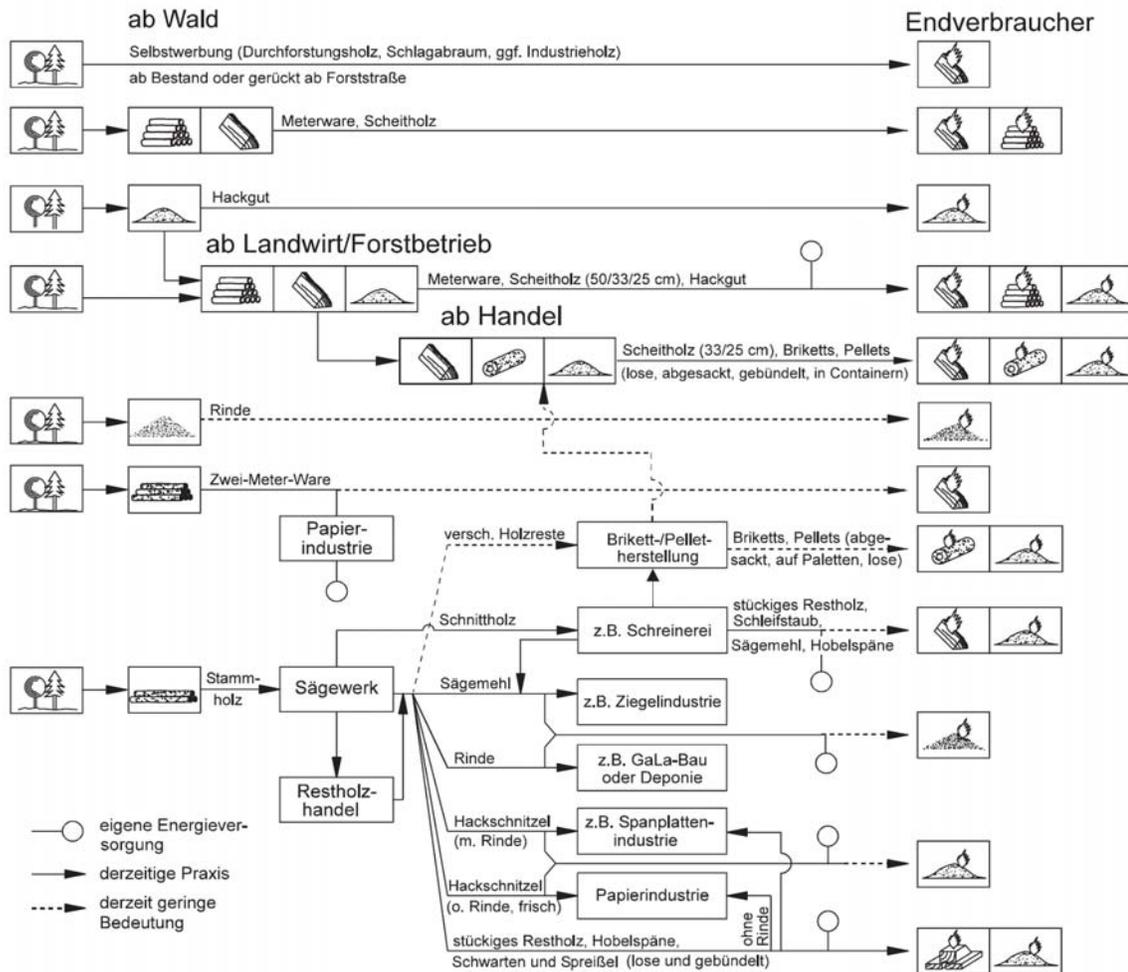
3.1.5 Zusammenfassung

Energieholz (in Form von Scheitholz, Hackschnitzeln und Pellets) wird aus Durchforstungs- und Waldrestholz, minderwertigem Industrieholz, Landschaftspflegeholz sowie unbelastetem Altholz gewonnen. (vgl. Kaltschmitt/Hartmann 2001, S. 95 ff.) Die zusätzlich im Wald anfallende Biomasse (u. a. dünne Zweige, Laub, Fruchtstände) ist hingegen energetisch nicht sinnvoll verwertbar und sollte zur Erhaltung des Humus- und Nährstoffkreislaufs im Wald verbleiben. (vgl. FNR 2000, S. 25)

Abbildung 6 gibt nochmals exemplarisch verschiedene Bereitstellungsketten der Energieholzarten sowie der damit konkurrierenden Stamm- und Industrieholzer wieder. Die Bereitstellungsketten für Energieholz, die den gesamten Lebensweg des Holzes von der Verfügbar-

machung bis zum Endverbraucher beschreibt, ist im Vergleich zu denjenigen für die stoffliche Verwertung und denjenigen anderer Energieträger unkompliziert: Nach der Werbung wird das Holz entweder zu Stückgut- (Stückholz oder Scheitholz) oder zu Schüttgutbrennstoffen (Hackschnitzeln, Pellets) aufbereitet und direkt in einer Feuerungsanlage verbrannt. (vgl. FNR 2000, S. 18) Die einzelnen Arbeitsschritte werden als Grundlage der Modellkalkulation in Kapitel 6 näher besprochen.

Abbildung 6: Herkunft von Energieholz-brennstoffen und Wege vom Wald bis zum Endverbraucher



(Quelle: Kaltschmitt/Hartmann 2001, S. 124)

3.2 Eigenschaften von Holz

Die wichtigsten Eigenschaften von Holz ergeben sich aus den folgenden Parametern:

- chemische Zusammensetzung,
- Heizwert
- Wasser- und Feuchtegehalt,
- Aschegehalt,
- Emissionsverhalten. (vgl. Holzabsatzfonds 2003, S. 46 ff.; FNR 2002, S. 22)

3.2.1 Chemische Zusammensetzung

Holz besteht aus einer Vielzahl einzelner Zellen. Das, was man gemeinhin als Holz bezeichnet, ist im Wesentlichen die Zellwandsubstanz. Diese besteht zu etwa 40-50 % aus Zellulose, 20-30 % aus Lignin sowie aus Holzpolyosen. Außerdem enthält Holz geringe Mengen an sogenannten Extraktstoffen (Harze, Fette, Stärke, Gerbstoffe u. a.) sowie Mineralstoffe. Die Hauptbestandteile des Holzes sind Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff. Ein weiterer Bestandteil, der Schwefel, wird bei der Verbrennung zum großen Teil in der Asche gebunden. Schwefeldioxid wird deshalb nur in geringen Mengen emittiert. Dagegen führt der im Holz enthaltene Stickstoff zur Bildung von Stickoxiden, die als Schadstoffe an die Umwelt abgegeben werden. (vgl. LWF, <http://www.lwf.bayern.de/>; Zugriff am 08.09.2004; Holzabsatzfonds 2003, S. 47; FNR 2002, S. 23)

Für die Verbrennung ist von Bedeutung, dass der Hauptteil der Holzsubstanz bei der Erwärmung in flüchtige Bestandteile aufgespalten wird. Rund 82 % der Holzmasse werden vor der Oxidation zu Gasen, nur 18 % verbrennen als Holzkohle und 0,5 - 1 % bleiben als Asche zurück. Es verbrennt also nicht in erster Linie das Holz selbst, sondern die bei der Pyrolyse freigesetzten Gase. (vgl. LWF, <http://www.lwf.bayern.de/>; Zugriff am 08.09.2004)

3.2.2 Heizwert

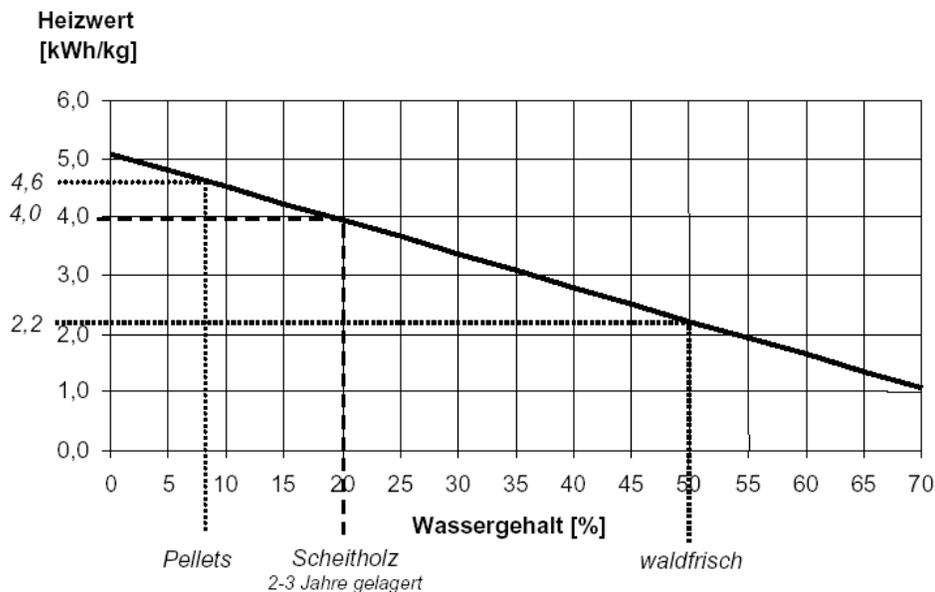
„Der Heizwert wird als die Wärmeenergie, die bei der Verbrennung von 1 Kilogramm Brennstoff unter bestimmten Randbedingungen frei wird, definiert. Er gibt die Verbrennungsenergie abzüglich der Kondensationswärme an.“ (FNR 2002, S. 23)

Der Heizwert ist abhängig von:

- Wassergehalt des Holzes (in %) und
- Dichte (kg/m^3) des Holzes. Diese wiederum ist baumartenabhängig.

Der Wassergehalt des Holzes ist definiert als die im Holz enthaltene Menge Wasser geteilt durch das messbare Gewicht des feuchten Holzes. Dagegen bezieht sich die Wassermenge bei der Holzfeuchte auf das absolut trockene Gewicht der holzartigen Biomasse. (vgl. Holzabsatzfonds 2003, S. 46; FNR 2002, S. 25) Abbildung 7 zeigt die Abhängigkeit des Heizwertes (in kWh/kg) vom Wassergehalt (in %).

Abbildung 7: Heizwert von Holz in Abhängigkeit vom Wassergehalt (in %)



(Quelle: http://www.solarmix.de/HmH_Brennstoff_Holz.pdf, Zugriff am 12.07.2004; LWF, <http://www.lwf.bayern.de/lwfbericht/38/kap10.htm>, Zugriff am 14.09.2004)

Aus Abbildung 7 wird ersichtlich, dass frisch eingeschlagenes Holz („waldfrisch“), das zu 50 % aus Wasser besteht, einen wesentlich geringeren Heizwert hat, als Holz, das bereits ein bis zwei Jahre gelagert und luftgetrocknet wurde und deshalb nur noch einen Wassergehalt von ca. 20 % besitzt. Heizt man mit frischem Holz, benötigt man folglich zur Deckung desselben Energiebedarfs die doppelte Menge an Heizmaterial, als bei 2-3 Jahre gelagertem Holz. (vgl. Holzabsatzfonds 2003, S. 47 f.; FNR 2002, S. 23 f.)

Der Heizwert von Holz wird, wie oben angesprochen, neben dem Wassergehalt auch von der Dichte beeinflusst. Diese hängt von der Holzfeuchte, der Struktur und den Wachstumsbedingungen ab. Die Struktur ist abhängig von der Baumart. Je höher der Lignin-Gehalt der Baumart ist, desto höher ist die Dichte und desto höher ist, bei gleicher Feuchte, der spezifische Energiegehalt je Volumeneinheit. In der Regel weisen deshalb Nadelhölzer eine geringere Dichte und damit einen geringeren Energiegehalt auf als Laubhölzer, wobei der Wert für Nadelbäume in absolut trockenem Zustand mit 5,2 kWh/kg geringfügig über dem durchschnittlichen Wert von 4,9 kWh/kg bei Laubbäumen liegt. (vgl. LWF <http://www.lwf.bayern.de>, Zugriff am 14.09.2004; Holzabsatzfonds 2003, S. 47; FNR 2002, S. 23; Hartmann 2002, S. 131) Trotz des geringeren Energiegehaltes kann das Nadelholz mit der leichteren Mechanisierbarkeit einen Vorteil aufweisen. Hinzu kommt, dass sich insbesondere der private Waldbesitz durch einen hohen Nadelholzanteil auszeichnet. Problematisch ist aber dennoch der geringere Marktwert von Nadelholz als Scheitholz. Bei Aufarbeitung zu Hack-schnitzeln ist dieser Unterschied weniger bedeutend.

3.2.3 Aschegehalt

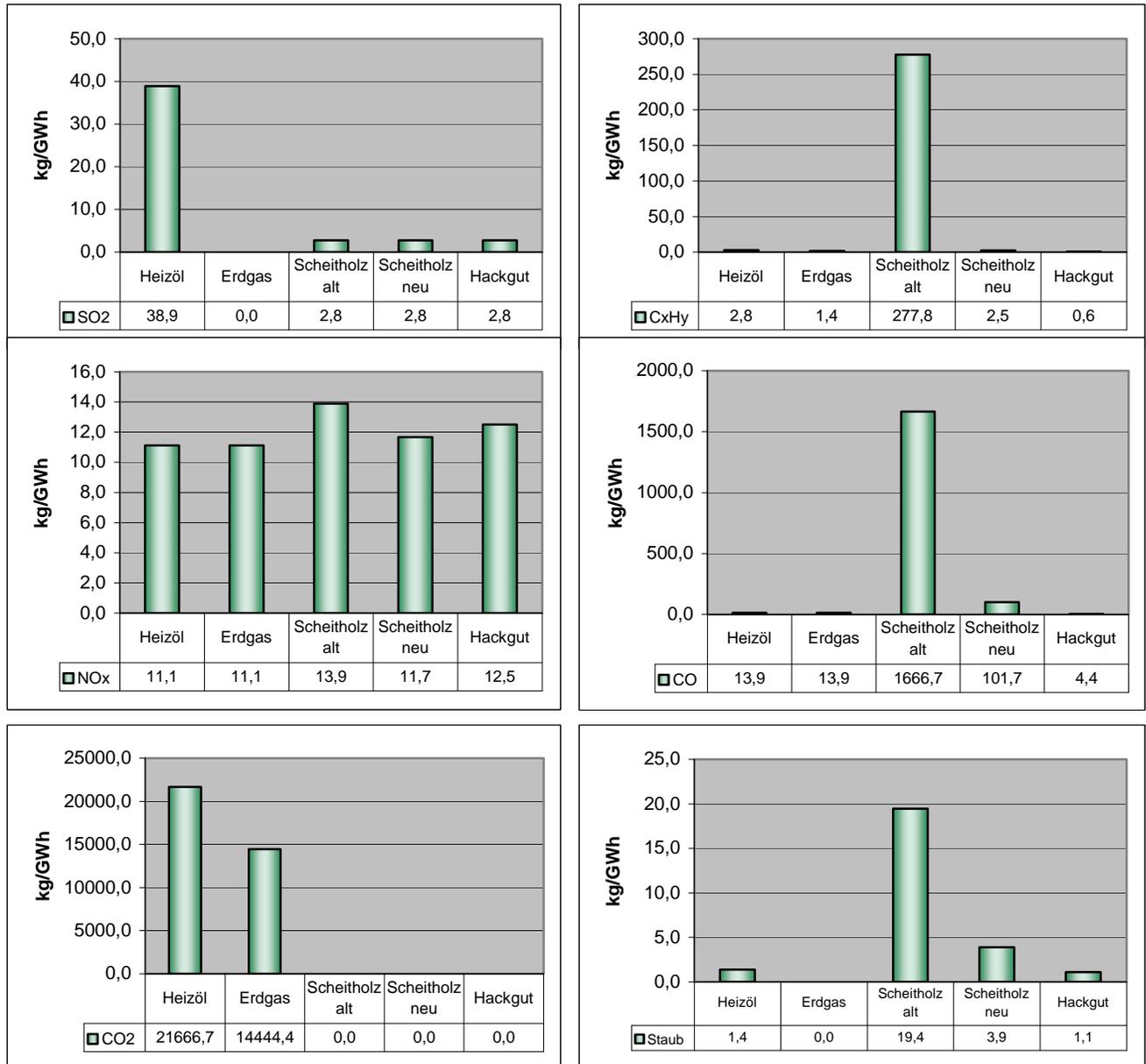
Der mineralische Anteil, der nach der Verbrennung als Asche übrig bleibt, beträgt bei Holz weniger als 0,5 % und besteht vor allem aus Kalzium (Ca), Silizium (Si), Magnesium (Mg), Kalium (K), Phosphor (P) und Natrium (Na). Da diese Elemente überwiegend in der Rinde enthalten sind, schwankt der Aschegehalt je nach Rindenanteil sowie in Abhängigkeit von dem Holz äußerlich anhaftenden Verschmutzungen sehr stark. Teilweise verbleiben nach der Verbrennung auch organische Bestandteile in der Asche zurück (z.B. unvollständig verbranntes Holz in Form von Holzkohle, Ruß oder schwerflüchtige organische Verbindungen). (vgl. FNR 2002, S. 26)

3.2.4 Emissionsverhalten

Frisches Holz enthält abgesehen von Stickstoff, Schwefel und Chlor kaum Umweltschadstoffe. Stickstoff, Schwefel und Chlor, die sich unter anderem in Stickstoffdioxid, Schwefeldioxid und Chlorwasserstoff bzw. Salzsäure umwandeln können, sind außerdem nur in sehr geringen Mengen enthalten.

Dennoch entfalten Schwefeldioxid (SO_2) ebenso wie Stickoxidemissionen (z.B. Stickstoffdioxid - NO_2), Chlorwasserstoff oder Kohlenmonoxid negative Auswirkungen auf das gesamte Umwelt- und Ökosystem (z.B. Bildung von saurem Regen). Teilweise sind auch toxische Wirkungen für den Menschen nachweisbar. Insbesondere den Kohlenwasserstoffen (C_xH_y) wird eine cancerogene Eigenschaft attestiert. Kohlendioxid (CO_2) und Stickoxide (NO_x) tragen darüber hinaus zum Treibhauseffekt bei. (vgl. FNR 2002, S. 27 f) Kohlendioxid unterscheidet sich dabei grundsätzlich von den anderen Schadstoffen. Denn während Kohlendioxid das Verbrennungsprodukt jeder (sauberen) Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Brennstoffen ist, sind die anderen aufgeführten Schadstoffe durch feuerungstechnische Maßnahmen im Prinzip vermeidbar, wie auch der Unterschied alter und neuer Heiztechnik bei Scheitholz in Abbildung 8 verdeutlicht. Diese Abbildung stellt die Emissionswerte der fossilen Energieträger Heizöl und Erdgas in Zentralheizungen den Emissionswerten von veralteten Naturzug-Kesseln (Scheitholz), modernen computergesteuerten Scheitholzvergaserkesseln und Hackgutfeuerungen (Hackschnitzel) gegenüber. Berücksichtigt werden neben den genannten Schadstoffen auch Staub und ähnliche Partikel.

Abbildung 8: Emissionsvergleich fossiler und holzartiger Energieträger



(Quelle: Bundesanstalt für Landtechnik Wieselburg, 1990, zit. nach Bayerische Landesanstalt für Landtechnik 2002, S. 140)

In Abbildung 8 wird ersichtlich, dass die holzartige Biomasse (Scheitholz- und Hackschnitzelheizungen) sowohl bei den Kohlendioxid (CO₂)- als auch bei den Schwefeldioxid (SO₂)-Emissionen deutlich im Vorteil gegenüber denen der fossilen Energieträger ist. (vgl. auch FNR 2002, S. 31) Beim Ausstoß von Stickoxiden (NO_x) befinden sich dagegen alle untersuchten Energieträger auf einem ähnlichen Niveau; der Wert von Scheitholz liegt sogar darü-

ber. Die Kohlenmonoxid (CO)- und Kohlenwasserstoff (C_xH_y) -Emissionen sowie die Ausscheidung von Staubpartikeln fallen vor allem bei den Scheitholzheizungen alter Technologie noch sehr hoch aus, wohingegen sich die modernen Scheitholz- und Hackschnitzelheizungen durchweg als vergleichsweise schadstoffarm auszeichnen.

Moderne Holzheizungstechnik ermöglicht demzufolge eine schadstoffarme Verbrennung und leistet einen wesentlichen Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz. Auch das Negative-Image (u. a. umweltbelastend) der Holzverbrennung ist dadurch objektiv widerlegt. (vgl. BMVEL 2003, S. 8; FNR 2000, S. 36) Allerdings entscheidet auch die Betreuung, Wartung und Pflege der Anlagen über den Schadstoffausstoß.

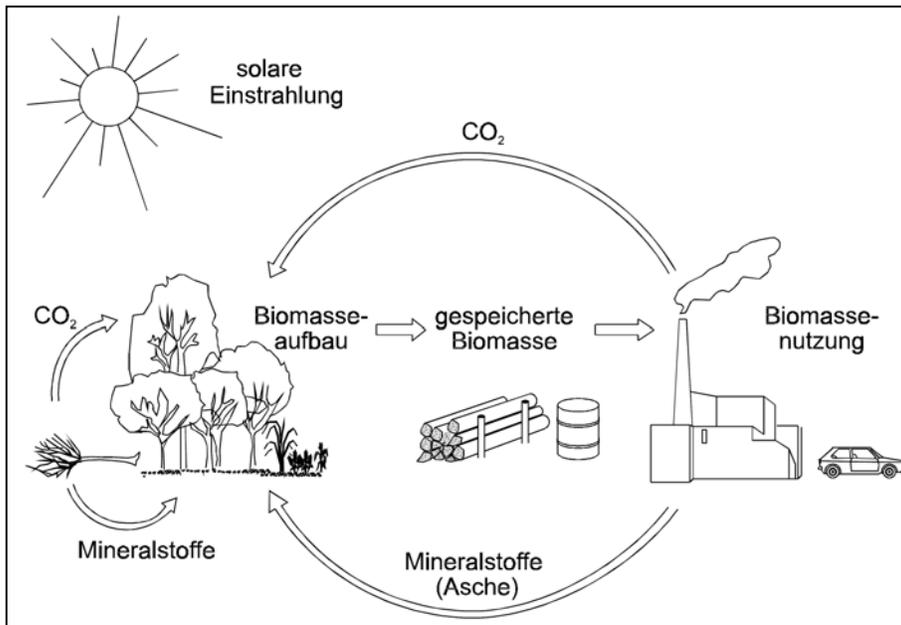
3.3 Vorteile holzartiger Biomasse gegenüber fossilen Energieträgern

Die niedrigen Schwefeldioxidemissionen sind ein wesentlicher Vorteil der holzartigen Biomasse gegenüber den fossilen Energieträgern. Weitere Vorzüge werden im Anschluss aufgezeigt.

3.3.1 Ausgeglichene CO₂-Bilanz

Holz gehört zu den nachwachsenden Rohstoffen. Bei seinem Wachstum nimmt es durch Photosynthese die gleiche Menge CO₂ auf, die später bei der Verrottung oder Verbrennung wieder freigesetzt wird. (vgl. Aachener Stiftung, <http://www.aachener-stiftung.de>, Zugriff am 09.08.2004; FNR 2002, S. 29) Die Nutzung und Verbrennung von Holz führt deshalb kaum zur Erhöhung der Konzentration an CO₂ und sonstigen klimawirksamen Gasen in der Erdatmosphäre. Holzartige Biomasse gilt im Gegensatz zu den fossilen Energieträgern als CO₂-neutral und klimaschonend. Allerdings werden zur Gewinnung, Umwandlung und Nutzung der Biomasse zum Teil fossile Energieträger benötigt (z.B. für die Produktion von Düngemitteln, bei Ernte und Transport), so dass auch Biomasse nicht vollkommen CO₂-neutral ist. (vgl. BMVEL 2003, S. 11)

Abbildung 9: Geschlossene Stoffkreisläufe im Bioenergiesystem



(Quelle: BMVEL 2003, S. 11)

3.3.2 Nachwachsender Rohstoff

Im Gegensatz zu den fossilen Energieträgern ist Biomasse zudem als „gespeicherte Sonnenenergie“ eine unerschöpfliche Energiequelle. Voraussetzung ist jedoch, dass sie nachhaltig erzeugt wird, d.h. dass nur soviel genutzt wird, wie wieder nachwächst, sowie, dass die Produktivität der Aufwuchsflächen langfristig erhalten bleibt. Durch eine verstärkte Nutzung nachwachsender Rohstoffe werden außerdem die endlichen fossilen Energieträger geschont. (vgl. BMVEL 2003, S. 11 f.; FNR 2000, S. 41)

3.3.3 Positive Energiebilanz

Betrachtet man den gesamten energetischen Aufwand, der zur Aufbereitung und Bereitstellung der einzelnen Energieträger aufgebracht werden muss, so schneidet holzartige Biomasse in der Energiebilanz insgesamt am Besten ab: Der Energieaufwand, der nötig ist, um Holz in eine nutzbare Form zu überführen, beträgt nur ein Drittel von dem beim Heizöl. (vgl. LWF, <http://www.lwf.bayern.de/>; Zugriff am 08.09.2004)

3.3.4 Sonstige Vorteile

Neben den geringen SO₂-Emissionen, der ausgeglichenen CO₂-Bilanz, der Unerschöpflichkeit sowie der vergleichsweise positiven Energiebilanz bei der Bereitstellung kann holzartige Biomasse noch einige weitere Vorteile auf sich vereinen: negative Umweltauswirkungen der fossilen Energieträger (u. a. Emissionen) werden durch einen vermehrten Einsatz von Energieholz vermindert. (vgl. FNR 2002, S. 30) Holzartige Biomasse kann zudem vor Ort erzeugt und genutzt werden. Dadurch reduzieren sich unnötige Transportwege sowie Risiken (z.B. beim Gefahrguttransport, bei Öllecks in Pipelines). Gleichzeitig bleibt die Wertschöpfung in der Region, es können neue regionale Arbeitsplätze entstehen und somit der ländliche Raum insgesamt gestärkt werden. (vgl. LWF, <http://www.lwf.bayern.de>; Zugriff am 08.09.2004; FNR 2000, S. 38 ff.) Darüber hinaus fließen die finanziellen Mittel für die Holzenergie nicht für den Import von Öl ab, die Abhängigkeit von externen Energiequellen und dem krisenanfälligen Ölmarkt sinkt. (vgl. Ministerium Ländlicher Raum, <http://www.bioenergie.inaro.de>, Zugriff am 09.08.2004; FNR 2000, S. 42) Und schließlich liegt noch ein weiterer Vorteil der holzartigen Biomasse in ihrer biologischen Verträglichkeit. Denn die Verbrennungsrückstände (Aschen) sind grundsätzlich als Düngemittel geeignet. (vgl. FNR 2002, S. 31.)

3.4 Hemmnisse und ökologische Nachteile der Energieholznutzung

Obwohl die Nutzung holzartiger Biomasse überzeugende Vorteile bietet, stehen der steigenden Nutzung nach wie vor einige Hemmnisse im Weg. Neben ökonomischen (u. a. Konkurrenznutzung, Ölpreis) und technischen Restriktionen (u. a. Hangneigung, Stand der Technik) handelt es sich dabei vor allem um mangelnde Kenntnisse über die Chancen und Möglichkeiten, die sich mit der Nutzung dieser Energieressourcen bieten. „Das trifft in besonderem Maße bei den Kleinanlagen für häusliche oder kleingewerbliche Anwendungen zu. Umfragen unter Technikanbietern zeigen, dass mangelnde Information in diesem Bereich sogar die am häufigsten genannte Hemmnisursache darstellt. Der Beratung und Schulung kommt somit eine wesentliche Bedeutung für die Beseitigung dieser Defizite zu. Darüber hinaus führt ein verbessertes Informationsangebot auch zur Überwindung weiterer ebenfalls häufig genannter Hemmnisse.“ (BMVEL 2003, S. 8)

Hierzu zählen das ‚schlechte Image‘ des Brennstoffes Holz (unmodern, unkomfortabel, umweltbelastend und teuer), das ‚geringe Vertrauen in die Funktionsfähigkeit der Anlagen‘ und die ‚schwierige Brennstoffbeschaffung‘. (vgl. BMVEL 2003, S. 8; FNR 2000, S. 36)

Die ökologischen Nachteile von Biomasse hängen sehr stark von Art und Intensität der Produktion ab. Nutzt man Energieholz in Form von Nebenprodukten und Rückständen bei der stofflichen Verwertung von Wald- und Landschaftspflegeholz, so dürften die oft angeführten ökologischen Nachteile der Flächennutzungskonkurrenz zur Landwirtschaft (v. a. bei gezielter Energiepflanzenproduktion) und der Verringerung der Artenvielfalt nicht gelten. Denn zum einen fallen die Nebenprodukte und Rückstände bei der Holzgewinnung in schon bestehenden Wäldern an. (vgl. FNR 2002, S. 31 f.; FNR 2000, S. 39) Der Landwirtschaft werden somit keine Flächen entzogen. Auf diesen Flächen können vielmehr neben der Nahrungsmittelproduktion weitere nachwachsende Rohstoffe angebaut werden (z.B. Industriepflanzen zur Produktion von Fetten und Ölen, Stärke oder Proteinen). Zum anderen wird auch die Artenvielfalt im Ökosystem Wald bei einer sachgemäßen und Boden schonenden Holzwirtschaft kaum beeinträchtigt. (vgl. FNR 2002, S. 31 f.; FNR 2000, S. 39) Abgesehen von der zu vermeidenden Verdichtung des Bodens durch schweres Transportgerät sollte aber auf den Verbleib von Wurzel-, Laub- und Nadelmasse sowie von Blüten- und Fruchtständen auf den Flächen geachtet werden, um die Bodenfruchtbarkeit und die Nährstoffkreisläufe im Wald zu erhalten. Dies ist jedoch ohnehin die Regel. (vgl. FNR 2000, S. 40)

4 Energieholzpotential und -verbrauch

Der mögliche Einsatz erneuerbarer Energien und damit auch derjenige von Energieholz wird maßgeblich von den vorhandenen Potentialen bestimmt. Bevor die Energieholzpotentiale sowie der Holzverbrauch von Deutschland und Bayern aufgezeigt werden, werden zunächst noch wesentliche energiewirtschaftliche Grundbegriffe sowie die entsprechenden Potentialbegriffe definiert.

4.1 Energiewirtschaftliche Grundbegriffe

Der Primärenergieverbrauch (PEV), gibt an, wie viel Energie in einer Volkswirtschaft eingesetzt wurde, um alle Energiedienstleistungen (z.B. Produzieren, Heizen, Fortbewegung, elektronische Datenverarbeitung, Telekommunikation oder Beleuchten) zu nutzen. Es ist folglich die gesamte einer Volkswirtschaft zugeführte Energie, d.h. die Summe der inländischen Gewinnung von Energieträgern, der Differenz zwischen Energiebezügen und -lieferungen über die Landesgrenzen sowie den Bestandsveränderungen. Der Primärenergieverbrauch wird für einen bestimmten Zeitraum in Steinkohleeinheiten (SKE), Öleinheiten (ÖE) oder Joule angegeben. Im Folgenden wird mit der Einheit Joule und ihren Vielfachen gearbeitet. (vgl. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, <http://www.bayern.de/lfu/> Zugriff am 08.08.2004; <http://primaerenergieverbrauch.adlexikon.de/>; Zugriff am 08.08.2004)

An dieser Stelle soll außerdem noch der Terminus „Energieträger“ und dessen Untergliederungen definiert werden. Ein Energieträger ist demnach ein Stoff, „aus dem direkt oder durch eine oder mehrere Umwandlungen Nutzenergie gewonnen werden kann.“ (BMVEL 2003, S. 12) Energieträger lassen sich daher weiter unterteilen in Primär-, Sekundär- sowie Endenergieträger. Die einzelnen Begriffe werden folgendermaßen definiert:

- Primärenergie
Dabei handelt es sich um Energieformen oder Energieträger, die noch keiner technischen Umwandlung unterworfen wurden (z.B. Roherdöl, Windkraft, Rohbraunkohle).
- Sekundärenergie
Sekundärenergieträger werden mit Umwandlungs- und Verteilungsverlusten in technischen Anlagen aus Primär- oder anderen Sekundärenergieträgern hergestellt (z.B. Steinkohlebriketts, Benzin, Heizöl, elektrische Energie).

- Endenergie

Die Endenergie ist diejenige Energie, die der Endverbraucher konsumiert (z.B. Heizöl, Scheitholz, Hackschnitzel oder elektrische Energie).

- Nutzenergie

Die Nutzenergie stellt schließlich die Energie dar, die nach der Umwandlung in den Gebrauchsgeräten der Verbraucher (z.B. Beleuchtung, Raumtemperierung, Nahrungszubereitung) zur Verfügung steht. „Sie wird gewonnen aus Endenergieträgern bzw. der Endenergie, vermindert um die Verluste dieser letzten Umwandlung (z.B. Verluste infolge der Wärmeabgabe einer Glühbirne für die Erzeugung von Licht“). (BMVEL 2003, S. 12; vgl. auch Hartmann/Kaltschmitt 2002, S. 16 ff.; FNR 2000, S. 16 f.)

4.2 Begriffsbestimmung Potentiale

Bei den Potentialbegriffen unterscheidet man grundsätzlich zwischen einem theoretischen, technischen, wirtschaftlichen und erschließbaren Energieholzpotential.

4.2.1 Das theoretische Potential

Im Falle von Energieholz stellt das theoretische Potential das gesamte Angebot an holzartiger Biomasse in einem gegebenen Raum dar. Aufgrund von technischen, ökonomischen, ökologischen, strukturellen oder administrativen Einschränkungen kann das theoretische Potential in der Regel nie vollständig erschlossen werden und ist deshalb zur Beurteilung des tatsächlich nutzbaren Energieholzpotentials nicht relevant. (vgl. BMU, <http://www.bmu.de>; Zugriff am 12.08.2004, S. 9; Hartmann/Kaltschmitt 2002, S. 564 f.)

4.2.2 Das technische Potential

Das technische Energieholzpotential stellt denjenigen Anteil am theoretischen Potential dar, „der unter Berücksichtigung der derzeitigen technischen Möglichkeiten nutzbar ist.“ (BMU, <http://www.bmu.de>; Zugriff am 12.08.2004, S. 9) Berücksichtigt werden u. a. die verfügbaren Nutzungstechniken, die Verfügbarkeit von Standorten zum Beispiel hinsichtlich konkurrierender Nutzungen, strukturelle oder ökologische Hemmnisse (z.B. Kernzonen im Bios-

phärenreservat Rhön) und weitere nicht-technische Restriktionen. (vgl. BMU, <http://www.bmu.de>; Zugriff am 12.08.2004, S. 9 f.; Hartmann/Kaltschmitt 2002, S. 564 f.)

4.2.3 Das wirtschaftliche Potential

Das wirtschaftliche Energieholzpotential bildet den Anteil des technischen Potentials, der „im Kontext der gegebenen energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen wirtschaftlich genutzt werden kann.“ Insbesondere die Konkurrenz anderer Energiebereitstellungssysteme sowie die Energieträgerpreise bestimmen maßgeblich die Wirtschaftlichkeit. (BMU, <http://www.bmu.de>; Zugriff am 12.08.2004, S. 9; Hartmann/Kaltschmitt 2002, S. 564 f.)

4.2.4 Das erschließbare Potential

Zum Teil wird in der Literatur noch gesondert das erschließbare oder ausschöpfbare Energieholzpotential ausgewiesen. Dies beschreibt den zu erwartenden tatsächlichen Beitrag einer Nutzung regenerativer Energien. In der Regel liegt das erschließbare Potential unter dem wirtschaftlichen, da dieses zum Beispiel aufgrund begrenzter Herstellungskapazitäten oder mangelnder Information nicht sofort vollständig erschlossen wird. Subventionen können hier einen Beitrag leisten. (vgl. BMU, <http://www.bmu.de>; Zugriff am 12.08.2004, S. 10; Hartmann/Kaltschmitt 2002, S. 564 f.; FNR 2000, S. 22)

4.2.5 Zusammenfassung

Zusammenfassend beschreibt das theoretische Potential das gesamte Energieaufkommen, das technische Potential den technisch-, das wirtschaftliche Potential den wirtschaftlich nutzbaren sowie das erschließbare Potential den letztendlich zu erwartenden Anteil. (vgl. Hartmann/Kaltschmitt 2002, S. 565) Grundsätzlich können sich jedoch mit Ausnahme des theoretischen Potentials die anderen Werte mit dem technischen Fortschritt sowie veränderten, wirtschaftlichen (z.B. Ölpreis) und energiepolitischen Rahmenbedingungen im Zeitablauf ändern. Da vor allem Aussagen zum wirtschaftlichen und erschließbaren Potential großen Unsicherheiten bezüglich der zukünftigen Entwicklung der Primärenergieträgerpreise und staatlicher Lenkungsmechanismen unterliegen, beschränkt sich die vorliegende Darstellung auf das technische Potential. (Hartmann/Kaltschmitt 2002, S. 566)

4.3 Energieholzpotential und –verbrauch in Deutschland

10,7 Millionen ha der Gesamtfläche Deutschlands sind bewaldet. Davon entfallen 66 % auf Nadel- und ca. 34 % auf Laubwald. Die theoretisch nutzbare Menge an Rückständen, Nebenprodukten und Abfällen, die bei der stofflichen Verwertung von Holz anfallen, ist direkt von der bewaldeten Fläche abhängig. Innerhalb Deutschlands gibt es somit je nach Waldbesatz große regionale Unterschiede. Außerdem können sich Daten zur anfallenden Holzmenge auch von Jahr zu Jahr stark unterscheiden (z.B. marktbedingt oder als Folge eines Sturmes oder Borkenkäferbefalls). (Hartmann/Kaltschmitt 2002, S. 574)

Tabelle 1 gibt eine ungefähre Größenordnung der jeweiligen technischen Energieholzpotentiale für Deutschland wieder. Das Potential wird jeweils in Petajoule (PJ)/a und in Mio. $t_{15\%/a}$ angegeben. Da sich Gewicht und Energiegehalt des Holzes bei unterschiedlichem Wassergehalt ändern, muss bei der Gewichtsangabe grundsätzlich der zugrunde gelegte Wassergehalt des Holzes angegeben werden. Bei einem Wassergehalt von 0 % ist die Bezeichnung t_{atro} üblich. (vgl. Wagner/Wittkopf 2001, S. 3) Im Folgenden wird in Anlehnung an Hartmann/Kaltschmitt (2002, S. 582) ein durchschnittlicher Wassergehalt von 15 % angenommen ($t_{15\%}$).

Tabelle 1: Technische Energieholzpotentiale in Deutschland

Fraktionen	Menge ¹ (Mio. $t_{15\%/a}$)	Energiegehalt (PJ/a)
Schwachholz (BHD ² = 8 - < 16 cm)	7,1	110
Waldrestholz	9,74	151 ³
Zusätzlich erschließbares Waldholz	7,68	119
Industrierestholz	2,71	42
Landschaftspflegematerial u. a.	0,19	3
Alt/Gebrauchtholz	5,16 (7,23)	80 (- 112) ⁴
Energieholzpotential Gesamt	32,58	505

¹ Heizwert von Holz mit einem Wassergehalt von 15 %, $H_u = 15,5 \text{ MJ/kg}$

² Brusthöhendurchmesser

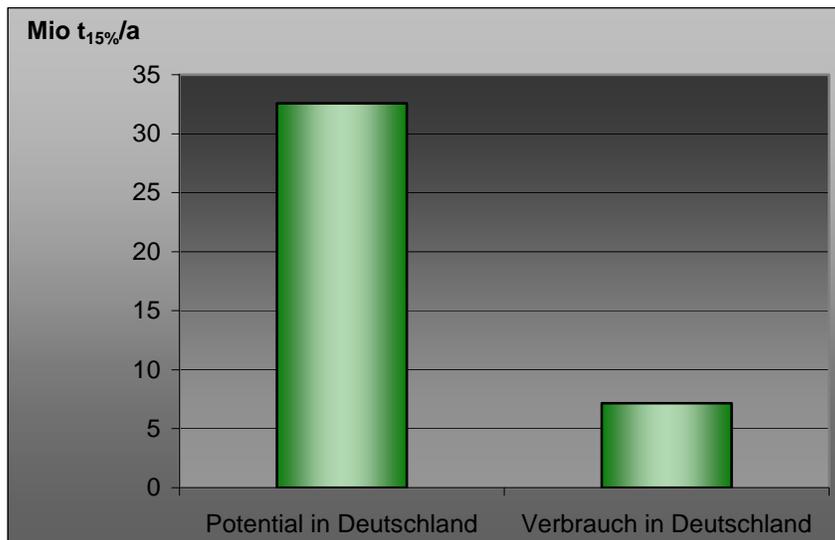
³ 178 PJ/a theoretisches Potential

⁴ Theoretisches Potential

(Quelle: modifiziert übernommen aus Hartmann/Kaltschmitt 2002, S. 572 ff., 600)

Der Primärenergieverbrauch in Deutschland 2003 betrug insgesamt 14.343 PJ/a (inkl. Verkehr) bzw. 11.739 PJ/a (ohne Verkehr). (vgl. AGEB, <http://www.ag-energiebilanzen.de>, Zugriff am 20.10.2004) Damit kann das technische Energieholzpotential (505 PJ) 4,3 % des Primärenergieverbrauchs (ohne Verkehr) in Deutschland decken. Die tatsächlich genutzte Menge ist ebenso wie das technische Potential nur schwer abschätzbar. Die LWF (<http://www.lwf.bayern.de>, Zugriff am 13.10.2004) weist in Anlehnung an Kaltschmitt (1996) für Deutschland einen geschätzten Beitrag holzartiger Biomasse zur Energieversorgung von 111 PJ/a bzw. 7,16 Mio. $t_{15\%}/a$ aus. Damit liegt der Anteil des jährlichen Energieholzverbrauchs am gesamten Primärenergieverbrauch (ohne Verkehr) momentan bei ca. 0,95 %. Das vorhandene Potential ist bei weitem nicht ausgeschöpft. Größere Mengen als bisher könnten in Deutschland der energetischen Nutzung zugeführt werden.

Abbildung 10: Gegenüberstellung von technischem Energieholzpotential und Energieholzverbrauch in Deutschland in Mio. $t_{15\%}/a$



(Quelle: modifiziert übernommen aus Hartmann/Kaltschmitt 2002, S. 572 ff., 600; AGEB, http://www.ag-energiebilanzen.de/daten/struktur_ev.pdf, Zugriff am 20.10.2004; LWF, <http://www.lwf.bayern.de>, Zugriff am 13.10.2004)

4.4 Energieholzpotential und –verbrauch in Bayern

Mit ca. 2,39 Millionen Hektar ist Bayern das walddreichste Bundesland Deutschlands. Rund ein Drittel der Landesfläche ist bewaldet. Davon entfallen 75 % auf Nadel- und 25 % auf Laubwald. (vgl. Wagner/Wittkopf 2001, S. 13; Wald und Holz 1996, S.1)

Momentan werden in Bayern ca. 4,4 Efm/(ha*a) eingeschlagen, das potentiell nutzbare Holzaufkommen wird für Bayern auf 7,7 Efm / (ha*a) veranschlagt. (vgl. Wagner/Wittkopf 2001, S. 13) Hochgerechnet auf die gesamte Waldfläche Bayerns ergibt sich damit ein Gesamteinschlag von 10 Mio. fm/a bzw. ein potentieller Gesamteinschlag von 18 Mio. fm/a. Tabelle 2 gibt eine Übersicht über das technische und wirtschaftliche Energieholzpotential in Bayern, über die derzeitige Nutzung sowie über die prozentualen Anteile am Primärenergieverbrauch (PEV) in Bayern. Die energetisch nutzbaren Potentiale werden jeweils in Mio. t_{atro} /a sowie in PJ/a angegeben. Da ein Heizwert für Mio. t_{atro} einen unrealistisch hohen Energiegehalt liefern würde, wurde unterstellt, dass die Energieholzsortimente mit einem realitätsnahen durchschnittlichen Wassergehalt von 20 % verbrannt werden. Der Heizwert für eine t_{atro} beträgt damit 17,82 GJ/ t_{atro} .

Rechenweg:

$$1 t_{atro} = 1,25 t_{20\%};$$

Waldzusammensetzung Bayerns: 75% Nadelwald, 25 % Laubwald;

$$\text{Energiegehalt Nadelholz} = 14,47 \text{ GJ}/t_{20\%} - \text{Energiegehalt Laubholz} = 13,61 \text{ GJ}/t_{20\%}$$

Heizwert einer t_{atro} bei der Verbrennung mit einem Wassergehalt von 20 %:

$$1,25 t_{20\%} * 14,26 \text{ GJ}/t_{20\%} = \mathbf{17,82 \text{ GJ}/t_{atro}}$$

Der im Folgenden verwendete Begriff Waldenergieholz geht insofern über das reine Durchforstungs- und Waldrestholz hinaus, als unter Umständen auch geringwertiges Industrieholz einer thermischen Verwertung zugeführt werden kann.

Tabelle 2: Technische und wirtschaftliche Energieholzpotentiale und derzeitige Nutzung in Mio. t_{atro} und PJ/a sowie % des Primärenergieverbrauchs Bayern (1996)

Fraktionen		Technisches Potential		Wirtschaftliches Potential		Derzeitige Nutzung	
		Mio. t _{atro}	PJ/a	Mio. t _{atro}	PJ/a	Mio. t _{atro}	PJ/a
Waldenergieholz ¹	Einschlag 18 Mio. fm/a	5,49	97,83	2,54	45,26		
	Einschlag 10 Mio. fm/a	1,42	25,30	1,12	19,96	0,76	13,54
Industrierestholz	Einschlag 18 Mio. fm/a	4,73	84,29	3,65	65,04		
	Einschlag 10 Mio. fm/a	2,63	46,87	2,03	36,17	1,23	21,92
Altholz		0,89	15,86			0,29	5,17
Landschaftspflegeholz		0,21	3,74				
Summe	Einschlag 18 Mio. fm/a	11,32	201,72	6,19	110,31		
Summe	Einschlag 10 Mio. fm/a	5,15	91,77	3,15	56,13	2,28	40,63
Anteil am PEV¹ (ohne Verkehr) in %	Einschlag 18 Mio. fm/a		12,28 %		6,72 %		
	Einschlag 10 Mio. fm/a		5,59 %		3,42 %		2,47 %

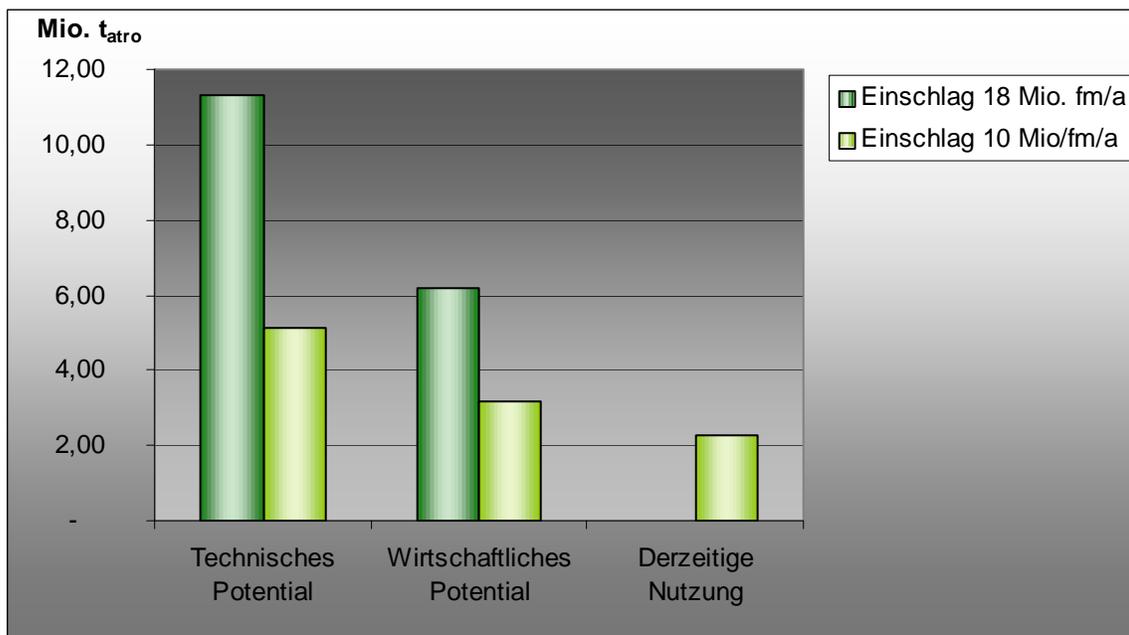
¹ PEV = Primärenergieverbrauch

(Quelle: modifiziert übernommen aus StMWIVT, <http://www.stmwivt.bayern.de>, Zugriff am 14.11.2004; Wagner/Wittkopf 2001, S. 62)

In Tabelle 2 fällt zunächst auf, dass die derzeitige Nutzung von Energieholz in Bayern mit 2,47 % Anteil am Primärenergieverbrauch deutlich höher ist als in Deutschland mit nur 0,95 % (siehe Kapitel 4.3). Eine Ausweitung der Energieholznutzung beim momentanen

Einschlag (10 Mio. fm/a) auf das wirtschaftliche Potential von 3,42 % entspräche bereits einer Steigerung von 38,5 %. Nutzt man das wirtschaftliche Potential des potentiellen Holzaufkommens von 18 Mio. (fm/a), könnte der Anteil an der Primärenergieversorgung Bayerns (ohne Verkehr) 6,72 % betragen. Dies entspräche einer Steigerung des derzeitigen Anteils um 172 %. Der Energieträger Holz kann somit bei Ausweitung seiner energetischen Nutzung einen wertvollen Beitrag zum Energiemix in Bayern wie auch in Deutschland leisten (vgl. auch Abbildung 11).

Abbildung 11: Gegenüberstellung der Energieholzpotentiale Bayerns und der derzeitigen Nutzung in Mio. t_{atro} /a (1996)



(Quelle: modifiziert übernommen aus StMWIVT, <http://www.stmwivt.bayern.de>, Zugriff am 14.11.2004; Wagner/Wittkopf 2001, S. 62)

5 Energieholz in den Landkreisen Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld

Im Jahr 2001 wurde das von den beiden Landkreisen Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld in Auftrag gegebene „Energiekonzept Bayerische Rhön“ fertig gestellt. Dieses Konzept soll zusammen mit der Agenda 21 ein wichtiges Instrument für ein zukunfts- und umweltorientiertes energiepolitisches Handeln der beiden Rhön-Landkreise darstellen. Eines der zentralen Ergebnisse ist, dass die regionale Wertschöpfung insbesondere durch den verstärkten Einsatz von Holz als Energieträger deutlich gesteigert werden kann. (vgl. Landkreise Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld 2001, S. 4) Angedacht wurde deshalb u. a. die Schaffung eines regionalen Energiemarktes für Scheitholz, Hackschnitzel und Pellets. Für dessen Realisierung wurde aktuell ein weiteres Gutachten in Auftrag gegeben.

Gegenstand dieses Kapitels ist zunächst (Kapitel 5.1) eine Charakterisierung des Untersuchungsraumes (Landkreise Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld). Um aussagekräftige Bewertungen zum Nebenverdienst „Scheitholzwerbung“ für die Landwirtschaft treffen zu können, werden im Anschluss sowohl das Energieholzpotential (Kapitel 5.2) als auch die momentanen Angebots- (Kapitel 5.4) und Verbrauchsstrukturen (Kapitel 5.3) für das regionale Fallbeispiel ermittelt und dargelegt. Daraus wiederum kann der aktuelle Marktpreis für Scheitholz in der Region gewonnen werden (Kapitel 5.5.).

5.1 Charakteristik des Untersuchungsraumes

Die Landkreise Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld (vgl. Grundlagendaten in Tabelle 3) liegen am nordwestlichen Rand von Bayern im Regierungsbezirk Unterfranken. Beide Landkreise werden vom Mittelgebirge Rhön dominiert. Ein Großteil der Rhön wurde 1991 von der UNESCO als Biosphärenreservat anerkannt. Dieses Gebiet reicht weit nach Thüringen und Hessen hinein und umfasst 33 % der Gesamtfläche der beiden bayerischen Landkreise. An das Rhön-Vorland schließt sich im südöstlichen Teil das Grabfeld mit einem Teil der Haßberge an. Der Südwesten wird vom Tal der fränkischen Saale dominiert. (vgl. Landkreis Bad Kissingen und Landkreis Rhön-Grabfeld 2001 (Phase 1), S. 5)

Für das weitere Verständnis der Struktur des Untersuchungsraumes ist es wichtig, zu wissen, dass sich im Süden des Biosphärenreservates Rhön Landkreise anschließen, die (noch) nicht dem Biosphärenreservat angehören, gleichwohl aber dessen strukturelle Charakteristika aufweisen. Momentan wird deshalb angedacht, das Biosphärenreservat räumlich auszuweiten. Diese Anmerkung ist auch deshalb von Bedeutung, weil sich die der Arbeit zugrunde liegenden Daten entweder auf die gesamten Landkreisflächen oder ausschließlich auf das Biosphärenreservat Rhön beziehen.

Tabelle 3: Grundlagendaten der Landkreise Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld

Merkmale	Landkreis Bad Kissingen	Landkreis Rhön-Grabfeld	Gesamt
Einwohner (Stand 2000)	109.328	86.609	195.937
Fläche in km ²	1.113,64	1.021,87	2.135,51
Bevölkerungsdichte EW/km ²	96	85	92
Waldfläche in ha	48.492	37.309	85.801

(Quelle: Landkreise Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld; <http://www.rhoen-saale.net>; Zugriff am 30.06.2004; Regierung von Unterfranken, <http://www.unterfranken-in-zahlen.de>, Zugriff am 30.09.2004)

Charakteristisch für die Region ist weiterhin die jahrzehntlange Randlage an der ehemaligen innerdeutschen Grenze. Heute befinden sich die beiden Landkreise nicht nur im weitläufigen Einzugsbereich der Stadt Würzburg im Süden sowie der Stadt Fulda im Nordwesten, sondern auch im Einzugsbereich der Städte in den neuen Bundesländern, wie Meiningen, Suhl und Erfurt im Norden und Nordosten. Insbesondere letztere werden durch den Bau der A 71 (Schweinfurt-Erfurt) schneller und einfacher erreichbar sein, was neben etwaigen Vorteilen sicherlich die Standortkonkurrenz verschärfen wird. Großräumig liegt die Region im Spannungsfeld der Verdichtungsräume Rhein-Main-Gebiet im Westen, Nürnberg-Fürth-Erlangen im Südosten sowie dem Großraum Halle-Leipzig im Nordosten. Die Landkreise sind verkehrsmäßig an die wichtige Nord-Süd-Verbindung der A7 sowie zukünftig an die im Bau befindliche A 71 gut angeschlossen.

Was die Raum- und Siedlungsstruktur anbelangt, so werden der Landkreis Rhön-Grabfeld und ein Teil des Landkreises Bad Kissingen im Landesentwicklungsprogramm Bayern 2003 (vgl. StMWIVT, <http://www.landesentwicklung.bayern.de>; Zugriff am 07.07.2004, S. 114 ff.) als „ländlicher Teilraum, dessen Entwicklung in besonderem Maße gestärkt werden soll“ sowie der Rest des Landkreises Bad Kissingen als „allgemeiner ländlicher Raum“ kategorisiert. Unter dem ländlichen Raum werden zunächst im Sinne der Negativdefinition diejenigen Gebiete bezeichnet, die außerhalb der Verdichtungsräume liegen. Als allgemeiner ländlicher Raum werden die Gebiete bestimmt, „deren Art und Ausgewogenheit der vorhandenen räumlichen und sozioökonomischen Strukturen keine spezifischen landesplanerischen Ziele erforderlich macht.“ Der ländliche Teilraum, dessen Entwicklung in besonderem Maße gestärkt werden soll, umfasst dagegen die ländlichen Regionen, die vor allem hinsichtlich der Bevölkerungsentwicklung (geringe Bevölkerungsdichte, Abwanderungstendenzen), der Ausstattung mit Arbeitsplätzen und der Höhe der Einkommen sowie der nach wie vor relativ großen Bedeutung der Landwirtschaft als Erwerbsfaktor, den allgemeinen Entwicklungsfortschritt noch nicht voll erreicht haben oder besonderen wirtschaftsstrukturellen Anpassungs-herausforderungen gegenüber stehen. Oberziel der Raumordnung und Landesplanung in Bayern für letztgenannte Gebiete ist die Schaffung von gleichwertigen und gesunden Lebens- und Arbeitsbedingungen unter besonderer Bewahrung der Eigenart und der gewachsenen Struktur dieser Räume. (vgl. StMWIVT, <http://www.landesentwicklung.bayern.de>; Zugriff am 07.07.2004, S. 114 ff.) Die Nutzung vorhandener Energieholzpotentiale kann, wie in den folgenden Kapiteln zu zeigen sein wird, zu diesem Ziel beitragen.

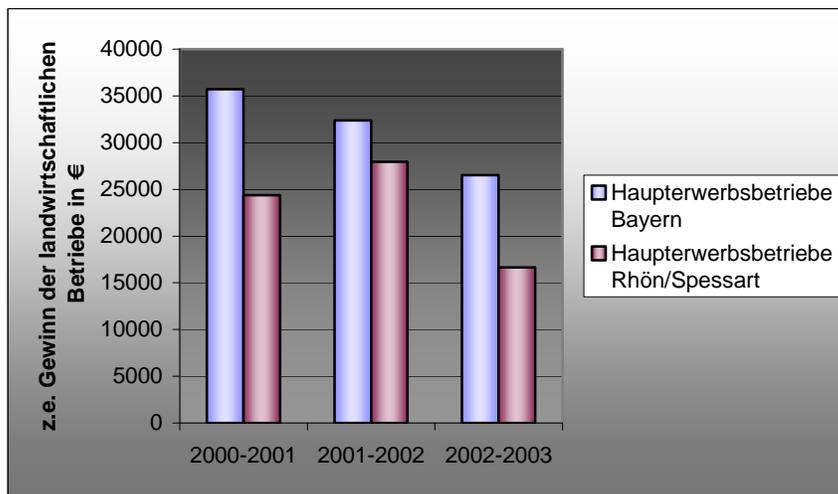
Charakteristisch für die Wirtschaftsstruktur der Region ist neben der immer noch vorhandenen Bedeutung der Landwirtschaft eine im Vergleich zum bayerischen Durchschnitt überdurchschnittliche Bedeutung des produzierenden Sektors und ein unterdurchschnittlicher Besatz an Beschäftigung im tertiären Sektor, v. a. im Landkreis Rhön-Grabfeld. Im Drei-Bäder-Landkreis Bad Kissingen hat dagegen, trotz reformbedingter Einbußen, der Kur- und Gesundheitssektor nach wie vor eine große Bedeutung. In der touristischen Vermarktung bedienen sich beide Landkreise zudem des Alleinstellungsmerkmals des Biosphärenreservates Rhön. Neben dem Fremdenverkehr und dem Gesundheitswesen prägen mittelständische Industrie- und Handwerksbetriebe das wirtschaftliche Bild des Landkreises Bad Kissingen.

Der Schwerpunkt liegt in der Holzverarbeitung, Glaswarenindustrie, im Maschinen-, Fahrzeug- und Metallbau sowie im Nahrungs- und Genussmittelsektor. Im Landkreis Rhön-Grabfeld wird die Wirtschaftsstruktur von leistungsfähigen Industrie- und Handwerksbetrieben charakterisiert. Branchenschwerpunkte liegen hier im Bereich Elektrotechnik, Kunststoffproduktion, Metallverarbeitung und Maschinenbau. (vgl. Landkreis Bad Kissingen, <http://www.rhoen-saale.net>; Zugriff am 30.06.2004)

Die Bayerische Rhön ist somit ein überwiegend ländlich strukturierter Raum, der zum Teil noch immer mit Strukturschwächen zu kämpfen hat und in den Erwerbsmöglichkeiten eine Mischung aus Landwirtschaft, verarbeitendem Gewerbe und Handwerk, Industrie sowie Tourismus und Gesundheitswesen bietet.

Die Agrarstruktur der beiden Landkreise Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld gestaltet sich sehr heterogen. Realteilungsgebiete und Mittelgebirgslagen auf der einen und günstige Ackerbaustandorte auf der anderen Seite machen die große Spannweite der landwirtschaftlichen Betriebe in der Untersuchungsregion deutlich. Das Biosphärenreservat selbst ist von einer Vielzahl von Klein- und Kleinstflächen mit einem enormen Strukturreichtum geprägt, die überwiegend im Nebenerwerb bewirtschaftet werden. „Ungünstige klimatische Bedingungen und Flurzersplitterung führten zu einem starken Rückgang der Rinderhaltung, insbesondere der Milchviehhaltung in den Dörfern. Die Grünlandverwertung ist teilweise über Heuwerbung sowie durch die Förderung durch das Vertragsnaturschutzprogramm und das Bayerische Kulturlandschaftsprogramm (KULAP) gesichert. Flächen mit starker Flurzersplitterung sind zunehmend vom Brachfallen bedroht.“ (vgl. StMLF, <http://www.stmlf-design2.bayern.de>, Zugriff am 30.06.2004) Die Betriebe günstiger Standorte, wie die des Grabfeldes und südlich der Saale, liegen in ihren Buchführungsergebnissen insgesamt leicht über dem bayerischen Durchschnitt. Die Betriebe im Biosphärenreservat Rhön dagegen liegen weit darunter und bilden das Schlusslicht Bayerns (vgl. Abbildung 12).

Abbildung 12: Gegenüberstellung der Gewinne von Haupterwerbsbetrieben in Bayern und dem Agrargebiet Rhön/Spessart



(Quelle: modifiziert übernommen aus StMLF 2001 S. 175; StMLF 2002; StMLF 2003)

Infolgedessen ist der Strukturwandel in der Landwirtschaft der Untersuchungsregion bereits sehr weit fortgeschritten. Folgende Parameter belegen dies:

- Die Betriebsaufgaberrate im Zeitraum von 1991-2001 lag mit 33,4 % beträchtlich über dem bayerischen Durchschnitt von 26,3 %.
- Der Anteil an Nebenerwerbsbetrieben im Landkreis Bad Kissingen liegt mit 82,6 % an der Spitze Bayerns, der Landkreis Rhön-Grabfeld folgt nahe mit 76,6 %.
- Die Hofnachfolge ist nur bei einem Drittel der Betriebe gesichert.
- Nur die Betriebe über 50 ha, die etwa 15 % aller Betrieben darstellen und 60 % der landwirtschaftlichen genutzten Fläche bewirtschaften, wachsen.

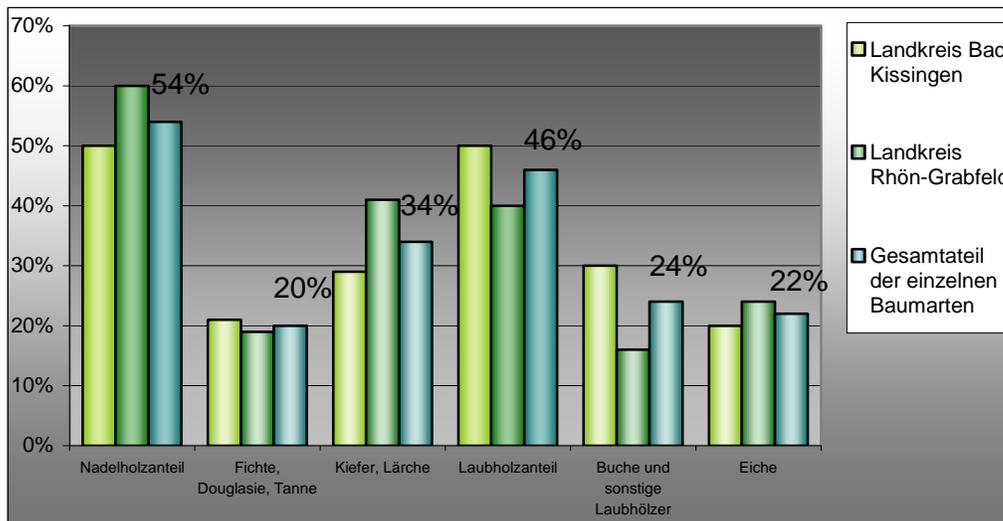
(vgl. StMLF, <http://www.stmlf-design2.bayern.de>, Zugriff am 30.06.2004)

Alles in allem stellt somit ein großer Teil des Untersuchungsraumes eine Grenzertragsregion dar, in der die Schaffung alternativer Einkommen vonnöten ist. Eine Perspektive kann die Scheitholzwerbung und –vermarktung sein.

5.2 Energieholzpotentiale

In den beiden Landkreisen Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld liegen 85.801 ha und damit 40% der Gesamtfläche unter Wald. Die Aufteilung zwischen Laub- und Nadelwald geht aus Abbildung 13 hervor.

Abbildung 13: Anteile der einzelnen Baumarten in den Landkreisen Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld in %



(Quelle: modifiziert übernommen aus Regierung Unterfranken, <http://www.unterfranken-in-zahlen.de>, Zugriff am 30.09.2004)

Der Privatwaldanteil liegt in den beiden Landkreisen mit 29% deutlich unter dem bayerischen Durchschnitt von 55%. (vgl. StMLF 2000, S. 43) Davon wiederum ist ein bedeutender Anteil Großprivatwald. Allein von den 15.500 ha, die das Forstamt Bad Brückenau bewirtschaftet und betreut, sind beispielsweise 4.800 ha Großprivatwald und lediglich 10 % Kleinprivatwald, der zudem sehr kleinparzelliert ist. Privatwälder weisen im Übrigen generell einen höheren Nadelwaldanteil auf. (vgl. StMLF 1989, Broschüre) Der Kommunal- und Körperschaftswald hat in der Untersuchungsregion einen Anteil von 38 %, der Staatswald einen Anteil von 33 %. (vgl. Landkreis Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld 2001 (Phase 2), S. 17)

5.2.1 Waldenergieholzpotential

Das Waldenergieholzpotential der Landkreise Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld wurde auf Basis von Wagner/Wittkopf (2001), die für Bayern einen potentiellen Einschlag von 18 Mio. $\text{fm}_{\text{atro}}/\text{a}$ bzw. von 7,7 $\text{Efm}/(\text{ha}^*\text{a})$ ausgewiesen haben, ermittelt. Momentan werden 4,4 $\text{Efm}/(\text{ha}^*\text{a})$ eingeschlagen. Tabelle 4 gibt die Waldenergieholzpotentiale nach Baumartengruppen getrennt wieder. Beim wirtschaftlichen Potential wurde von Wagner/Wittkopf (2001) die Erlössituation der stofflichen Verwertung gegenüber der energetischen Nutzung berücksichtigt.

Tabelle 4: Waldenergieholzpotentiale (Basis: Einschlag 18 Mio. fm/a) getrennt nach Baumartengruppen in $\text{t}_{\text{atro}}/(\text{ha}^*\text{a})$

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

¹ Fi = Fichte; Ta = Tanne; Dgl = Douglasie; Kie = Kiefer; Lär = Lärche; Ei = Eiche; Bu = Buche; sLbh = sonstige Laubhölzer;

(Quelle: Wagner/Wittkopf 2001, S. 63)

Auffallend sind die hohen Werte bei Buche und sonstigen Laubhölzern. 0,9 bis 1,5 $\text{t}_{\text{atro}}/(\text{ha}^*\text{a})$ mehr als bei den anderen Baumarten können energetisch genutzt werden. Begründet liegt dies zum einen in einem höheren Derbholzzuwachs/ha bei Buche und sonstigen Laubhölzern im Vergleich zu Fichte, Tanne und Douglasie. Zum anderen ist die Stammholzausbeute bei Buche und sonstigem Laubholz deutlich geringer, so dass mehr Baumanteile energetisch genutzt werden können. Die anderen Baumarten liegen in ihren technischen Potentialen sehr nahe beieinander, beim wirtschaftlichen Potential werden die höheren Schwachholzanteile bei Eiche und Buche berücksichtigt. Bei Fichte, Tanne und Douglasie dagegen ist die Nutzung als Stamm- und Industrieholz im Schwachholzbereich wirtschaftlicher als die energetische Verwendung, so dass dieses nicht berücksichtigt ist. Bei Kiefer und Lärche wiederum ist das Industrieholz im wirtschaftlichen Potential enthalten. (vgl. Wagner/Wittkopf 2001, S. 63)

Multipliziert man die einzelnen Hektarwerte mit den entsprechenden Waldenergieholzpotentialen der Baumartengruppen (siehe Anhang Tab. 3), so ergibt sich die in Tabelle 5 dargestellte Menge an technisch sowie wirtschaftlich verwertbarem Holz in den Landkreisen Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld. Die Basis von 7,7 Efm/(ha*a) für Bayern wurde auf das Untersuchungsgebiet übertragen. Zwei Forstamtsdirektoren aus der Region bestätigten diesen Wert.

Tabelle 5: Waldenergieholzpotentiale der Landkreise Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld in t_{atro}/a (Basis 7,7 fm/(ha*a))

	Fi ¹ /Ta/Dgl	Kie/Lär	Ei	Bu/sLbh	Summe
Technisches Potential	34.544	58.719	39.170	71.810	204.243
Wirtschaftliches Potential	13.818	20.552	24.248	45.137	103.755

¹ Fi = Fichte; Ta = Tanne; Dgl = Douglasie; Kie = Kiefer; Lär = Lärche; Ei = Eiche; Bu = Buche; sLbh = sonstige Laubhölzer;

(Quelle: eigene Berechnung)

Für die Berechnung des Heizwertes in Tabelle 6 wird unterstellt, dass die Energieholzsortimente mit einem durchschnittlichen Wassergehalt von 20 % verbrannt werden. Der Rechenweg gestaltet sich analog zu dem in Kapitel 4.4. Es wurde jedoch die regionale Baumartenzusammensetzung zugrunde gelegt (Nadelholz 54 %, Laubholz 46 %). Der Heizwert beträgt somit 17,59 GJ/ t_{atro} .

Tabelle 6: Technisches und wirtschaftliches Waldenergieholzpotential in TJ/a bei Verbrennung mit einem Wassergehalt von 20 %

	Fi/Ta/Dgl	Kie/Lär	Ei	Bu/sLbh	Summe
Technisches Potential	625	1062	666	1221	3.575
Wirtschaftliches Potential	250	372	412	768	1.802

(Quelle: eigene Berechnung)

5.2.2 Industrierestholzpotential

In Holz be- und verarbeitenden Betrieben fallen bekanntlich Nebenprodukte und Abfälle an (u. a. in Form von Stückholz, Hackschnitzeln, Sägespänen oder –mehl), die potentiell zur energetischen Nutzung zur Verfügung stehen (vgl. Landkreis Bad Kissingen und Landkreis Rhön-Grabfeld 2001 (Phase 2), S. 18) Tabelle 7 gibt die Industrierestholzpotentiale in t_{atro} sowie in TJ/t_{atro} bei einem Wassergehalt von 20 % bei der Verbrennung wieder. Dieses Aufkommen resultiert aus einer Befragung der 14 Holz verarbeitenden Betrieben mit mehr als 20 Beschäftigten für das Energiekonzept Bayerische Rhön. Dazu addiert sich das Restholzaufkommen der kleinen Handwerksbetriebe von ca. 564 TJ/a. Das dort anfallende Holz wird jedoch meist unmittelbar in den Betrieben verheizt. (vgl. Landkreis Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld 2001 (Phase 2), S. 18)

Tabelle 7: Industrierestholzpotentiale in t_{atro} und Heizwert bei der Verbrennung mit 20 % Wassergehalt

Fraktionen	Gewicht in t_{atro}	Heizwert
		TJ^1/t_{atro} bei 20 % Wassergehalt im Brenngut
Stückholz	18.453	325
Sägespäne/-mehl	24.120	424
Hackschnitzel	21.609	380
Summe Großgewerbe	64.182	1.129
Kleingewerbe	32.064	564
Summe Gesamt	96.246	1.693

¹ Heizwert: 0,01759 TJ/ t_{atro}

(Quelle: modifiziert übernommen aus Landkreis Bad Kissingen und Landkreis Rhön-Grabfeld 2001 (Phase 2), S. 18)

5.2.3 Potential an Landschaftspflegeholz

Bei der Pflege von Bäumen und Sträuchern, die nicht im Wald anfallen, fällt Landschaftspflegeholz an. Für das Biosphärenreservat Rhön sind die ausgedehnten Heckenlandschaften charakteristisch. Diese werden aus Gründen der Biotoppflege regelmäßig gepflegt, indem die

Hecke im Abstand einiger Jahre „auf den Stock“ gesetzt wird. (vgl. Kaltschmitt/Hartmann 2001, S. 103 f.; Wagner/Wittkopf 2001, S. 55) Die dabei anfallende Biomasse, die nach wie vor überwiegend vor Ort verbrannt oder gehäckselt und dort belassen wird, könnte in Form von Hackschnitzeln durchaus stärker thermisch verwertet werden. Die Feldgehölze wiederum werden in der Regel nur aus Alters- oder Gesundheitsgründen gefällt, so dass derartiges Energieholz unregelmäßig und dezentral anfällt. Teilweise wird dieses Holz auch stofflich verwertet. (vgl. Kaltschmitt/Hartmann 2001, S. 103 f.; Wagner/Wittkopf 2001, S. 55)

Eine Potentialabschätzung erweist sich beim Landschaftspflegeholz aufgrund erheblicher Variationen in der Alterstruktur und Bewuchsdichte sowie in den Klima- und Bodenbedingungen, als schwierig und fehlerbehaftet. Auch für die Untersuchungsregion lagen diesbezüglich noch keine Daten vor. (vgl. Kaltschmitt/Hartmann 2001, S. 103) In Anlehnung an Wagner/Wittkopf (2001), die von einem durchschnittlichen Landschaftspflegeholzpotential in Unterfranken von 0,035 bis 0,04 $t_{\text{atro}}/(\text{ha} * \text{a})$ ausgehen, wird deshalb für die hecken- und strukturreiche Landschaft der bayerischen Rhön die unterfränkische Obergrenze von 0,04 $t_{\text{atro}}/(\text{ha} * \text{a})$ unterstellt. Das führt bei einer Gesamtfläche von 215.844 ha zu einem Potential von über 8.634 t_{atro}/a . Diese Zahl konnte schließlich auf der Basis einer Luftbildinterpretation des Biosphärenreservat Rhön von 1993/1994 nochmals überprüft und auf die Gesamtfläche der beiden Landkreise hochgerechnet werden.

In der Luftbildinterpretation des Biosphärenreservat Rhön wurden alle Flächen von Feldgehölzen, Feldhecken, Baumgruppen und Streuobstbeständen $> 0,1$ ha (Polygon bzw. Flächen-shape) sowie lineare Feldhecken- und Baumreihenelemente (Linienshape) erfasst. Für die Ermittlung der Gesamtfläche in ha werden die Flächen- und Linienshapes zusammengeführt. Den linearen Strukturen wird dabei eine durchschnittliche Breite von 4 m unterstellt (vgl. Tabelle 8).

Tabelle 8: Ermittlung der Flächen von Landschaftspflegeholz im Biosphärenreservat Rhön (in ha)

Fraktionen	Flächen shape (ha)	Linienshape (km)	-Breite der Hecke (m) (für Linien- elemente)	Fläche der Linien- elemente (ha)	Gesamt- fläche (ha)
Feldhecken	28	568,24	4	227,3	255,3
Feldgehölz	853,2				853,2
Baumgruppe/Baumreihen	22,3	234,35	4	93,7	116,0
Streuobstbestand	337				337,0
Summe	1.240,5			321	1.561,5

(Quelle: eigene Berechnung auf Basis der Luftbildinterpretation des Biosphärenreservat Rhön 1994)

Für die Ermittlung des technischen Landschaftspflegeholzpotentials wurde der Energiegehalt von Laubholz angenommen, weil sich die Hecken und Feldgehölze überwiegend aus Laubholz zusammensetzen. Weiterhin wird der Berechnung ein mittlerer Wassergehalt von 30 % bei der Verbrennung zugrunde gelegt. Denn sofern das technische Potential von Landschaftspflegeholz energetisch genutzt wird, geschieht dies vorwiegend in Form von Hack-schnitzeln und diese werden in der Regel bei einem höheren Wassergehalt verbrannt als Scheitholz.

Tabelle 9: Landschaftspflegeholzpotential in den Landkreisen Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld in t_{atro}/a

Fraktionen	Fläche (ha)	Faktor ¹ in $t_{atro}/(ha*a)$	Technisches Potential in t_{atro}/a	Technisches Potential in TJ/t_{atro}^2
Feldhecken	255,3	2,5	638	10,6
Feldgehölz	853,2	2,5	2133	35,4
Baumgruppe/Baumreihen	116,0	4	464	7,7
Streuobstbestand	337,0	2	674	11,2
Summe Biosphären-reservat Rhön³	1.561,5		3.909	64,9
gesamtes Untersuchungsgebiet – gleicher Strukturreichtum			11.783	196
gesamtes Untersuchungsgebiet – 75 % des Strukturreichtums			9.814	163

¹ Die Faktoren wurden modifiziert aus Kaltschmitt/Hartmann 2001, S. 100 ff. übernommen.

² 16,61 GJ/ t_{atro} bei Verbrennung mit einem Wassergehalt von 30 %

³ Das Biosphärenreservat Rhön umfasst 33 % der Gesamtfläche der beiden Landkreise Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld.

(Quelle: eigene Berechnung)

Alles in allem kann das Landschaftspflegeholz trotz des vergleichsweise hohen Strukturanteils in der Untersuchungsregion nur einen geringen Beitrag zum gesamten Energieholzpotential leisten. Die Erwartungen des Verfassers wurden nicht erfüllt.

5.2.4 Zusammenfassung der Energiewaldpotentiale

Tabelle 10: Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Energiewaldpotentiale in den Landkreisen Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld in TJ/a bei Verbrennung von 20 % Wassergehalt

Fraktionen		Technisches Potential	Wirtschaftliches Potential	Derzeitige Nutzung
		TJ/a	TJ/a	TJ/a
Waldenergieholz	Einschlag 7,7 Efm/(ha*a)	3.575	1.802	
	Einschlag 4,4 Efm/(ha*a)	925 ¹	796 ¹	309
Industrierestholz	Einschlag 7,7 Efm/(ha*a)	3.080 ¹	2590 ¹	
	Einschlag 4,4 Efm/(ha*a)	1713 ¹	1.693	1.055
Landschaftspflegeholz		163 (-196)		
Summe	Einschlag 7,7 Efm/(ha*a)	6.818	4.392	
Summe	Einschlag 4,4 Efm/(ha*a)	2.801	2.489	1364
Anteil am PEV¹ (ohne Verkehr) in %	Einschlag 7,7 Efm/(ha*a)	33	22	
	Einschlag 4,4 Efm/(ha*a)	14	12	6,7

¹Diese Potentiale wurden analog zu dem bayerischen Verhältnis zwischen den Ausgangsgrößen von Waldenergieholz und Industrierestholz aus Wagner/Wittkopf (2001, S. 63) berechnet, vgl. Tabelle 2.

Der Primärenergieverbrauch (ohne Kraftstoffe) beträgt 20.376 TJ/a.

(Quelle: eigene Berechnung)

Das momentane wirtschaftliche Potential von 796 TJ/a bei Waldenergieholz entspricht der Nutzung von rund 1 fm/(ha*a). Diese Zahl wird in der Regel auch von Experten für die Berechnung des wirtschaftlichen Potentials zugrunde gelegt.

Zusammenfassend wird aus Tabelle 10 ersichtlich, dass das technische Energieholzpotential in der Untersuchungsregion bei der Ausweitung des momentanen Einschlags (4,4 Efm/(ha*a)) auf 7,7 Efm/(ha*a) beträchtlich ist. Dieses Potential könnte 33 % des regionalen Primärenergieverbrauchs (PEV) decken. Momentan werden bekanntlich 6,7 % des derzeitigen regionalen PEV durch Holzenergie gedeckt. Im Vergleich zu Deutschland (0,95 %) und Bayern (2,47 %) ist bereits dieser Anteil beachtlich.

5.3 Energieverbrauchsstrukturen

Das vorhandene Energieholzpotential wird nur bei entsprechender Nachfrage genutzt. Entscheidend für den Landwirt, der einen Scheitholzvertrieb als Nebeneinkommen aufbauen möchte, ist deshalb zunächst die Größe der Nachfrage. Nachfolgend werden der aktuelle Holzenergieverbrauch und dessen zukünftig zu erwartende Entwicklung im Untersuchungsgebiet aufgezeigt. Basis für die Einschätzung der zukünftigen Entwicklung war ein Expertengespräch mit einem Bezirkskaminkehrermeister.

5.3.1 Aktuelle Energiebedarfsdeckung durch holzartige Biomasse

Die gesamte Energiebedarfsdeckung mit Energieholz im Untersuchungsraum betrug 1997 378,6 GWh/a (1360 TJ/a) (vgl. Anhang Tabelle 5). Die privaten Haushalte verbrauchten davon 80,1 GWh/a; dies entspricht 21 % des Gesamtverbrauchs an Holz. Da Privathaushalte den überwiegenden Kundenstamm für den Scheitholzabsatz darstellen, konzentrieren sich nachfolgende Darstellungen auf diese Verbrauchergruppe.

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurde eine zweite Verbrauchsabschätzung der privaten Haushalte durchgeführt. Zum einen, weil aus den 80,1 GWh/a (288 TJ/a) Holzverbrauch der privaten Haushalte nicht die Zusammensetzung nach den verschiedenen holzartigen Energieträgern (Scheitholz, Hackschnitzel, Pellets) hervorgeht. Zum anderen, weil in dieser Datenquelle nicht alle Feuerstätten erfasst wurden. Mit der Erhebung sollte in erster Linie der reine Scheitholzkonsum privater Haushalte erfasst werden. Gleichzeitig konnte damit jedoch auch die Zahl der Hackschnitzel- und Pelletsheizungen in der Region gewonnen sowie ein ungefährender Konsum abgeleitet werden. Der Verbrauchsabschätzung liegt eine Befragung

aller Bezirkskaminkehrermeister nach den betreuten privaten Feuerstätten zugrunde. Die Innung und die einzelnen Kaminkehrer waren dabei sehr kooperativ. Lediglich von zweien der 25 Kehrbezirke der Landkreise Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld fehlen die Angaben. Im Einzelnen gaben die Bezirkskaminkehrermeister Auskunft über die Anzahl der von ihnen betreuten Festbrennstoffkamine. Diese sind nach Kamin-Festbrennstoff-Einzelfeuerstätte (KFE) und nach Kamin-Festbrennstoff-Zentralfeuerstätten (KFZ) sowie nach der Kkehrhäufigkeit eingeteilt. Durch die Kkehrhäufigkeit kann eine Aussage über die Nutzungshäufigkeit der jeweiligen Kaminklasse gemacht werden.

Die Aussage „Einzelfeuerstättenkamin“ oder „Zentralfeuerstättenkamin“ gibt Informationen über die Heizleistung. Im Expertengespräch mit Bezirkskaminkehrermeister Herrn Rüttiger wurden die einzelnen Kaminklassen in ihrer Nutzungshäufigkeit und angeschlossenen Leistung klassifiziert (vgl. Tabelle 11). Alle Daten wurden im Übrigen aus datenschutzrechtlichen Gründen anonymisiert, so dass keine Rückschlüsse auf die einzelnen Kkehrbezirke geschlossen werden können.

Tabelle 11: Einteilung der betreuten Kaminklassen nach Einsatzzeit und Leistung

Scheitholz		Heizzeit in Std. pro Tag		Angeschlossene Heizleistung in kW
Kaminklasse	Heiztage	mindestens	maximal	
KFE1	30	6	8	4
KFE2	100	6	8	5
KFE3	120	6	8	5
KFE4	300	6	8	4
KFZ1	30	6	8	15
KFZ2	100	6	8	15
KFZ3	120	6	8	15
KFZ4	300	6	8	15
Pellets		Heizzeit in Std. pro Tag		Angeschlossene Heizleistung in kW
Kaminklasse	Heiztage	mindestens	maximal	
KFE1	80	6	8	8
KFE2	120	6	8	8
KFE3	170	6	8	8
KFZ1	150	6	8	15
KFZ2	180	6	8	15
KFZ3	220	6	8	15
Hackschnitzel		Heizzeit in Std. pro Tag		Angeschlossene Heizleistung in kW
Kaminklasse	Heiztage	mindestens	maximal	
KFZ2	220	6	8	50
KFZ3	260	6	8	70
KFZ4	260	6	8	70

(Quelle: Kurzinterview mit Herrn Rüttiger 2004)

Tabelle 12 gibt die Zahl der Kamine in der Untersuchungsregion nach Klasse und Brennstoff an. Die Befuerung mit Scheitholz dominiert hier nach wie vor. Aber auch wenn beispielsweise 107 mit Pellets befeuerte Anlagen im Vergleich zu den Scheitholzanlagen nicht viel erscheinen, so relativiert sich dies, wenn man bedenkt, dass 1998 bayernweit nur 8 mit Pellets befeuerte Anlagen verkauft wurden (vgl. Abbildung 3-5).

Tabelle 12: Zahl der Kamine nach Klasse und Brennstoff (2004)

	Anzahl der Kamine nach den jeweiligen Klassen ¹								
befeuert mit:	KFE1	KFE2	KFE3	KFE4	KFZ1	KFZ2	KFZ3	KFZ4	Summe
Scheitholz	8.144	9.784	7.815	653	275	524	1.417	332	
Pellets	14	22	9	0	2	30	30	0	107
Hackschnitzel	0	0	0	0	0	23	11	1	35

¹ Die beiden fehlenden Kehrbezirke wurden anteilig berücksichtigt.

(Quelle: Bezirkskaminkehrermeister der Landkreise Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld 2004)

Über die Anzahl der Kamine der einzelnen Klassen (vgl. Tabelle 12) lässt sich auch der Wärmeverbrauch ermitteln (vgl. Tabelle 13).

Tabelle 13: Energieholzverbrauch der privaten Haushalte in den Landkreisen Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld in GWh/a

	Verbrauchte Gesamtenergie in GWh/a		Anteil Holzenergie in %
	Min.	Max.	
Scheitholz	76,66	102,21	95
Pellets	1,37	1,82	2
Hackschnitzel	2,79	3,73	3
Summe	80,82	107,76	100

(Quelle: eigene Berechnung)

Der Primärenergieverbrauch (PEV) der privaten Haushalte (ohne Kraftstoffe) im Untersuchungsgebiet beträgt insgesamt 2.099 GWh/a (7556 TJ/a). Der minimale Energieholzverbrauch beträgt 80,82 GWh/a (291 TJ/a). Dies entspricht einem Anteil von 3,9 %. Der maximale Energieholzverbrauch von 107,76 GWh/a (388 TJ/a) entspricht analog 5,1 % Anteil am PEV der privaten Haushalte. Damit hinken die privaten Haushalte im Energieholzkonsum dem gemittelten Wert aller Verbrauchergruppen im Untersuchungsgebiet von 6,7 % hinterher (vgl. Anhang Tab. 6).

Aus den genannten Scheitholzverbrauchswerten der privaten Haushalten in TJ lässt sich der Scheitholzkonsum in Raummetern (rm) ableiten. Zugrunde gelegt wurde ein mittlerer Heizwert von 1.900 kWh/rm. Der minimale Konsum beträgt danach 42.500 rm/a, der maximale Konsum 56.700 rm/a. Geht man weiterhin von einem Marktanteil von 80 % aus, der durch Selbstwerber, im Rahmen der Nachbarschaftshilfe, durch Kleinstanbieter sowie durch die Sägeindustrie gedeckt wird, so beträgt das Marktvolumen des Scheitholzmarktes nur noch 8.500 – 11.300 rm/a. Demzufolge bestehen zwar Absatzmöglichkeiten, das regionale Marktvolumen ist jedoch begrenzt.

5.3.2 Steigende Nachfrage nach Energieholz

Was die zukünftige Entwicklung der Energieholzverbrauchsstrukturen in den privaten Haushalten betrifft, so ist der Trend zur stärkeren Nutzung von Holzenergie in Privathaushalten unverkennbar. Neben der Beobachtung der befragten Kaminkehrer sprechen auch die steigenden Zahlen der verkauften Heizungsanlagen (v. a. mechanisch beschickte Anlagen für Holzpellets und Hackschnitzel) für sich. (vgl. auch Kapitel 2.3, Abbildung 3-5).

Die Nachfrage nach Energieholz wächst demnach. Insbesondere mechanisch beschickbare Anlagen für Hackschnitzel oder Pellets erfreuen sich zunehmender Beliebtheit. Die manuell zu beschickenden Anlagen für Scheitholz verkaufen sich stabil auf hohem Niveau. Nach Aussage eines interviewten Bezirkskaminkehrermeisters ist außerdem ein Trend hin zu einer zunehmenden Nutzung von kleinen Einzelfeuerstätten als Wärmezusatzquelle (v. a. Speckstein- und Schwedenöfen) zu verzeichnen. Und schließlich dürften – wie in Kapitel 2 bereits erläutert – ein stark schwankender oder steigender Ölpreis sowie die finanzielle Förderung des Einsatzes von Holzenergie den Trend einer steigende Nachfrage nach Holzenergie bestärken. Mit steigender Nachfrage erhöht sich das Marktvolumen. Außerdem bringt ein wachsender Energieholzmarkt neue Kunden mit sich, mit dem Vorteil, dass diese noch keine Kundentreue besitzen.

5.4 Grobanalyse der Anbieterstrukturen

Neben den vorhandenen Potentialen und der Nachfrage gibt es eine weitere Größe, die über den Erfolg des Landwirtes beim Scheitholzabsatz entscheidet: die konkurrierenden Anbieter. Im Rahmen einer Grobanalyse der regionalen Anbieterstrukturen (Analyse von Zeitungsannoncen, Kurzinterviews) konnten diesbezüglich einige Rahmendaten (u. a. Preis, Beruf, ungefähre Absatzmenge) gewonnen werden. Aussagen zur Reichweite und Kundenstruktur können nicht getroffen werden. Insgesamt wurden 14 Anbieter erfasst.

Es handelt sich dabei um:

- Zwei große regionsexterne Unternehmer mit einem Scheitholzabsatz $> 1000 \text{ rm/a}$, deren Marktgebiet in die Untersuchungsregion ausstrahlt; beide verfolgen erfolgreich eine Hochpreisstrategie;
- Drei kleine „Hobby- oder Freizeitscheitholzwerber“; diese setzen im Rahmen einer Niedrigpreisstrategie, die keine Vollkostendeckung ermöglicht, überwiegend Kleinstmengen von ca. $10\text{-}30 \text{ rm/a}$ ab;
- Drei weitere „Hobby- oder Freizeitscheitholzwerber“, die Mengen zwischen 50 und 200 rm/a absetzen und eine mittlere Preisstrategie verfolgen;
- Die weiteren sieben Befragten können nicht exakt klassifiziert werden; sie sind aber nach Einschätzung des Verfassers den „Hobby- oder Freizeitscheitholzwerber“ zuzuordnen. Darunter befinden sich im Übrigen auch Landwirte bzw. Ruheständler.
- Weiterhin verkaufen auch zwei Forstdienstleister ca. 100 rm/a an Scheitholz (mit mittlerer Preisstrategie).

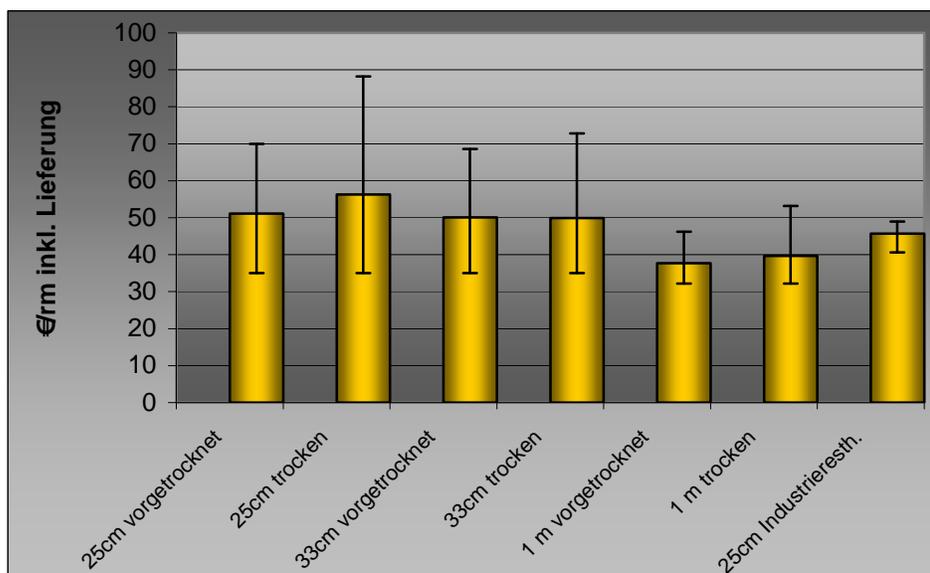
Das Gros des Scheitholzes wird jedoch von Selbstwerbern gewonnen und steht somit für den Markt nicht zur Verfügung. Der Scheitholzmarkt gestaltet sich aufgrund der Vielzahl von Anbietern und Nachfragern (private Haushalte) insgesamt sehr heterogen, kleinteilig und wenig transparent. Auch die Beschaffungsmöglichkeiten und die Potentialreserven sind für die Marktteilnehmer nicht immer nachvollziehbar. Beide Faktoren stellen durchaus eine Erschwernis für den professionellen Scheitholzabsatz dar.

5.5 Regionaler Marktpreis „Scheitholz“

Der regionale Scheitholzmarkt wird entsprechend der Baumartenverteilung von Hartholz (überwiegend Buche) dominiert. Nadelholz wird vorwiegend zum Eigenverbrauch verwendet.

Der regionale Marktpreis (vgl. Abbildung 14) stellt das einfach gewichtete Mittel aus den 14 ausgewerteten Scheitholz-Annoncen dar. Diese stammen aus regionalen Zeitungen in den Monaten Oktober und November 2004. Demnach liegt der durchschnittliche Marktpreis für 33 cm-Scheitholz bei 50 €/rm (inklusive Lieferung und MwSt.). Es fällt auf, dass insbesondere die Kleinsthändler bei ihrer Preisgestaltung nur ihre variablen Kosten betrachten. Endpreise von 35 €/rm inkl. Lieferung sind kein Einzelfall. Eine Vollkostendeckung ist damit in der Regel nicht möglich. Auch die Leistung ist wenig differenziert. Beispielsweise wurde zum gleichen Preis trockenes oder frisches Scheitholz oder zu 33 cm oder 25 cm aufbereitetes Scheitholz angeboten (vgl. Abbildung 14).

Abbildung 14: Regionaler Marktpreis für die einzelnen Scheitholzsortimente, inklusiv Lieferung (ausschließlich Hartholz)



(Quelle: eigene Erhebung)

Verglichen mit der Erhebung von Hartmann und Madecker (1997, S.53 ff.) in Bayern, wo ein Raummeter Hartholz durchschnittlich 57 € kostet, sind die Marktpreise in der Untersuchungsregion sehr niedrig. Es besteht aber durchaus die Möglichkeit, die Ballungsräume Würzburg, Frankfurt/Aschaffenburg oder Fulda als Absatzmarkt zu erschließen. Die dortigen Kunden werden aber meist schon von großen Brennholzhändlern betreut. Diese können in der Regel aufgrund eines höheren Marketingaufwandes höhere Preise erzielen - je nach Abnahmemenge bis zu 100 €/rm (inklusive Lieferung). Kaschiert wird dieser Marktpreis durch den Verkauf in Schüttraummetern (srm). Da ein srm Scheitholz nur ca. 0,7 rm entspricht, beträgt der Angebotspreis somit „nur noch“ 70 €/srm. Auch als Aufkäufer sind die dortigen Händler nur bedingt geeignet, da sie nach dem Prinzip „im Einkauf liegt der Gewinn“ wirtschaften. Der erzielbare Preis erreicht selten über 45 €/rm hinaus. Zudem müssen weit höheren Transportkosten berücksichtigt werden (ca. 80 km einfach).

5.6 Potentiale und Hemmnisse der Energieholznutzung

Es wurde in diesem Kapitel aufgezeigt, dass in der Wertschöpfungskette vom lebenden Baum zum vermarktbarsten Haupt- und Nebenprodukt Holz anfallen, die grundsätzlich auch für die energetische Verwertung in Frage kommen. Die vorhandenen Potentiale im Untersuchungsraum sind mit dem momentanen Anteil des Holzverbrauchs von 6,7 % am gesamten regionalen Primärenergieverbrauch bei Weitem nicht ausgeschöpft. Das ermittelte technische Energieholzpotential könnte vielmehr 33 % des derzeitigen Primärenergieverbrauchs decken (vgl. Tabelle 10). Allerdings müsste dazu der momentane Einschlag von 4,4 Efm/(ha*a) im bayerischen Durchschnitt auf 7,7 Efm/(ha*a) ausgeweitet werden.

Nicht übersehen werden darf darüber hinaus, dass die Konkurrenz der Spanplatten- und Papierindustrie weiterhin zunimmt. (vgl. Aachener Stiftung, <http://www.aachener-stiftung.de>, Zugriff am 09.08.2004) So wird momentan nach Aussage des Energiekonzepts Bayerische Rhön (vgl. Landkreis Bad Kissingen und Landkreis Rhön-Grabfeld 2001, S. 18 f.) nur ein Teil des Industrierestholzpotentials thermisch verwertet (direkt in den Betrieben oder als Hackschnitzel). Der große Rest wird nach wie vor außerhalb der Region industriell genutzt. Dagegen fließen nach den Erhebungen in dieser Arbeit 62 % des Industrierestholzpotentials in die Wärmeerzeugung.

Zu beachten ist außerdem, dass das Aufkommen an Industrierestholz vor allem auf einen im Landkreis Bad Kissingen ansässigen, großen Dienstleistungsbetrieb zurückgeht, der Holz aus den unterschiedlichsten, auch regionsexternen Quellen verarbeitet. Sowohl die Herkunft als auch die Verwertung sind infolgedessen überregional zu betrachten. (vgl. Landkreis Bad Kissingen und Landkreis Rhön-Grabfeld 2001, S. 18 f.)

Auch die Nutzung des technischen bzw. wirtschaftlichen Waldenergieholzpotentials ist eingeschränkt. Zum einen sind in der Untersuchungsregion die Waldflächen in den Kernzonen des Biosphärenreservat Rhön aus der Nutzung auszunehmen. Obwohl sie momentan flächenmäßig noch nicht ins Gewicht fallen (0,1 %), müssen sie spätestens bei der Ausweitung der Kernzonen auf das Gelände des Truppenübungsplatzes Wildflecken, wie sie aktuell angedacht ist, in die Kalkulation einbezogen werden. Darüber hinaus schränken die regionalen Besitzstrukturen die Ausschöpfung der Potentiale ein. Denn viele regionale Waldbesitzer sind verzogen oder haben kein Interesse an ihrem Wald. Deren Potential wird somit nicht genutzt. Als problematisch erweist sich zudem die starke Flurzersplitterung, denn viele Besitzer kennen ihre exakten Besitzgrenzen nicht, so dass auch hier Potential ungenutzt im Wald verbleibt. Weiterhin ist insbesondere die Pflege der kleinen Waldparzellen vergleichsweise teuer und ertragsarm. Infolgedessen können die Potentialangaben insgesamt nur als grobe Richtwerte gelten.

Was die regionalen Marktstrukturen anbelangt, so konnte aufgezeigt werden, dass Scheitholz in der Verbrauchergruppe der privaten Haushalte nach wie vor eine hohe Nutzung mit sogar steigender Tendenz erfährt. Die Nachfrage in der Region ist somit gegeben. Als problematisch für die Verbraucher erweist sich jedoch die fehlende Markttransparenz: aufgrund der großen Zahl an Klein- und Kleinstanbietern erlangt man nur unzureichende Kenntnis über verfügbare Mengen, Qualitäten und Preise. (vgl. <http://www.aachener-stiftung.de>, Zugriff am 9.08.2004) Für einen Anbieter kommt als Schwierigkeit das niedrige regionale Preisniveau für Scheitholz hinzu. Eventuell besteht jedoch die Möglichkeit, den Absatz auf die umgebenden Hochpreisregionen auszudehnen.

6 Modellkalkulation „Scheitholzwerbung und –vertrieb“ für einen landwirtschaftlichen Modellbetrieb

Nachdem im vorigen Kapitel die Energieholzpotentiale, die Angebots- und Nachfragestrukturen sowie der regionale Marktpreis für Scheitholz in der Untersuchungsregion aufgezeigt wurden, ist es nun das Ziel dieses Kapitels, die Produktionskosten der Scheitholzwerbung und –vermarktung zu ermitteln. Dazu werden für einen landwirtschaftlichen Modellbetrieb drei unterschiedliche Scheitholzproduktionsverfahren einander gegenübergestellt und hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit bewertet. Zusammenfassend interessiert bekanntermaßen, ob sich die Scheitholzwerbung und –vermarktung als alternative Einkommensquelle für die Landwirtschaft in einer Grenzertragsregion lohnt bzw. unter welchen Voraussetzungen dies der Fall ist.

Zuvor werden noch die einzelnen Arbeitsschritte, die zur Aufbereitung von Scheitholz notwendig sind, vorgestellt, die verwendeten Techniken und Gerätschaften beschrieben sowie die Grundlagen und Annahmen, die der Modellkalkulation zugrunde liegen, erläutert. Grundkenntnisse in der Brennholztechnik und –aufbereitung werden vorausgesetzt.

6.1 Aufbereitungsverfahren

Vom Stamm zum Holzsplit sind mehrere Arbeitsschritte notwendig:

- (Fällen),
- (Rücken bzw. Sammeln),
- Entasten und Ablängen auf Meter oder länger,
- Spalten,
- Sammeln und Transport in End- oder Zwischenlager,
- Lagerung und Trocknung sowie
- Zersägen zu ofenfertigem Scheitholz. (vgl. Kaltschmitt/Hartmann 2001, S. 125)

Das Fällen und Rücken wird in dieser Arbeit nicht behandelt, da von Waldrestholz bzw. Industrieholz-lang als Ausgangspunkt der Scheitholzwerbung ausgegangen wird. Während es

bei Waldrestholz um die Aufarbeitung des geschlagenen, nicht verwerteten Restholzes geht, beinhaltet der Preis von Industrieholz-lang bereits die Fäll- und Rückekosten. Die verschiedenen Verfahren weichen in der Reihenfolge der Arbeitsschritte voneinander ab. Je nach Mechanisierung und Arbeitsweise können auch Arbeitsschritte zusammengefasst werden, was Zeitersparnis und eine Leistungssteigerung zur Folge hat. Bei den Zeitstudien wurden zusammengefasste Arbeitsgänge auch gemeinsam erfasst.

Aus der Vielzahl möglicher Verfahren zur Scheitholzaufbereitung werden exemplarisch drei Varianten vorgestellt und untersucht:

- Variante 1:
Das Verfahren ist regionstypisch und von einem geringen Maschinenaufwand gekennzeichnet. Die dazu benötigten Gerätschaften sind, sofern nicht im eigenen Besitz, leicht auszuleihen (u. a. bei Jagdgenossenschaft oder Maschinenring). In Variante 1 wird die Aufarbeitung von Schlagabraum betrachtet.
- Variante 2:
Durch die Bündelung von Arbeitsschritten und einer stärkeren Mechanisierung werden in der Variante 2 höhere Leistungen erreicht. Die hohe Mobilität des Verfahrens gestaltet vor allem die Aufarbeitung von Waldrestholz rationell. Die Kalkulation dieser Variante bezieht sich zum einen auf Schlagabraum und zum anderen auf Industrieholz-lang.
- Variante 3
Diese Variante weist den höchsten Mechanisierungsgrad auf. Die Produktivität, vor allem aber der Arbeitskomfort sind hoch. Obwohl die Aufarbeitung von Waldrestholz denkbar wäre, liegen nur Daten zur Industrieholzaufarbeitung vor.

Tabelle 14 gibt hinsichtlich Ausrüstung und Arbeitsablauf einen Überblick über die drei ausgewählten Varianten.

Tabelle 14: Übersicht über die behandelten Verfahren

Ausrüstung und Arbeitsablauf der verschiedenen Varianten			
	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Ausrüstung	mittlere Motorsäge Schlepper 33 kW Schlepper 44 kW Vertikalspalter 13 t Meterholztransportanhänger Wippsäge	mittlere Motorsäge schwere Motorsäge Schlepper 33 kW Schlepper 66 kW mit Front- lader und Rübenkorb Horizontalspalter 30 t mit Fahrwerk Dreiseitenkipper 8 t Sägetransportgestell	mittlere Motorsäge Schlepper 33 kW Schlepper 66 kW mit Frontlader und Holzzege bzw. Poltergabel und Verladeschaufel Schneidspalter mit Holzauf- lagetisch tragbares Einmann-Spaltergerät
Arbeitsablauf	<ul style="list-style-type: none"> • Ablängen des Abraums auf Meter • Manueller Transport zum Spalter • Spalten • Transport des Meterholzes • Aufschichten im Lager • Zersägen auf Ofenlage • Transport zum Endverbraucher 	<ul style="list-style-type: none"> • Ablängen des Abraums bzw. des IL auf Meter • Manueller Transport zum Spalter • Spalten und Beschicken des Sägetransportgestells • Zersägen auf Ofenlage • Transport ins Lager oder zum Endverbraucher 	<ul style="list-style-type: none"> • Ablängen des IL auf maschinengerechte Längen (max. 4 m) • Beschicken des Schneidspalters mit Frontlader • Ofenfertiges Zersägen und Spalten • Einlagern oder Transport zum Endverbraucher

(Quelle: modifiziert übernommen aus LÖBF 2002, S. 20)

6.2 Kalkulationsgrundlagen

Leistungs- und Kostendaten

Grundlage der Berechnungen sind Zeitstudien zu Variante 1 und 2, die vom Verfasser durchgeführt wurden. Es wurden dabei zwei Schläge Abraum, je mit 180 rm (Römershag) und 80 rm (Volkers), sowie 210 rm IL-Holz aufgearbeitet. Die Holzart in den Studien war ausschließlich Buche, da sie regionstypisch ist und sich am Besten vermarkten lässt. Für Nadelholz wurden keine Zeitstudien unternommen.

Die Ergebnisse lassen sich vor allem bei der Schlagabraumaufarbeitung wegen stark abweichender Geländeeigenschaften, Zugänglichkeiten, Mengen und Holzdurchmesser des Abraums nicht verallgemeinern. Trotzdem liefern sie Anhaltspunkte, die im Groben auch auf andere Laubhölzer oder Nadelholz übertragbar sind. Vergleichbarer und einheitlicher sind hingegen die Aussagen zur Aufbereitung von Industrieholz-lang. Was schließlich die Leistungs- und Kostendaten zu dem Verfahren „Schneidspalter“ betrifft, so basieren diese auf Angaben eines befragten Brennholzproduzenten.

Lohnkosten

Die Scheitholzaufbereitung kann gerade bei geringer Mechanisierung sehr arbeitsaufwendig sein. Deshalb kommt vor allem den Lohnkosten eine große Bedeutung zu. In den Berechnungen wird ein einheitlicher Lohnansatz von 10 € pro Arbeitskraft unterstellt. Zudem wird angenommen, dass der Landwirt alle Arbeiten in Eigenregie durchführt (Ausnahme: Langholztransport in Variante 3).

Maschinenkosten

Die Kosten der in den drei Verfahren benötigten Maschinen sind in den Tabellen 15 und 16 aufgeführt. Alle Angaben verstehen sich ohne Mehrwertsteuer (MwSt.) und ohne Lohnkosten. Der Restwert der Maschinen nach dem Abschreibungszeitraum beträgt 1 €. Berechnungsbasis stellt das Vorgehen des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) dar. Alle Daten wurden nach bestem Gewissen zusammengestellt und die Nutzungsdauer pro Jahr möglichst realistisch angesetzt.

Tabelle 15: Maschinenkosten Schlepper und Transportgerät

Maschine	Ansch.- Preis (inkl. MwSt) (€)	Ver- alte- rungs- zeit (Jahre)	Nutz- ungs- dauer (MAS ¹)	jährliche Nutzungs- dauer (MAS)	Repara- tur War- tung (€/h)	Treib- stoff- ver- brauch (1€/l) (l/h)	Schmier- stoffver- brauch (2€/l) (l/h)	Zins- fuß (%)	Sonst. Kos- ten (€/a)	Summe Masch.- kosten (€/MAS)
Allradschlepper 60 –74 kW	36000,-	12	10000	833	5,50	8,1	0,081	8	250	19,39
Allradschlepper 41-48 kW	25000	12	10000	625	4,07	5,3	0,053	8	140	14,64
Hinterrad- schlepper 33 kW	15000	12	10000	625	2,44	3,5	0,035	8	110	9,15
Dreiseitenkipper 8t	8700	15	24000	1600	0,20	-----	-----	8	-----	0,79 ²
Industrie- Frontlader	4640	12	2500	208	0,80	-----	-----	8	-----	3,55
Poltergabel	2000	12	6000	80	0,30	-----	-----	8	-----	3,80
Rübenkorb bzw. Verladeschaufel	500	10	800	80	0,30			8		1,17

¹Maschinenarbeitsstunde

²Die Kosten des Kippers werden über die Nutzungseinheit Gewicht berechnet, d.h. anstelle von €/MAS in €/t.

(Quelle: modifiziert übernommen aus LÖBF 2002, S.11 und KTBL 2002)

Tabelle 16: Kosten der Maschinen zur Scheitholzaufbereitung

Maschine	Ansch.- Preis (inkl. MwSt)	Ver- alte- rungs- zeit	Nutz- ungs- dauer	jährliche Nutzung- dauer	Repara- tur Wartung	Treib- stoff- ver- brauch ²	Schmier- stoffver- brauch ³	Zins- fuß	Sonst. Kos- ten	Summe Masch.- kosten
	(€)	(Jahre)	(MAS ¹)	(MAS)	(€/h)	(l/h)	(l/h)	(%)	(€/a)	(€/MAS)
Spalter vertikal (13 t)	2.320	8	5.000	100	0,2	-----	-----	8	-----	3,45
Spalter horizontal (Binderberger 30t)	7.600	12	10.000	150	0,46	-----	-----	8	-----	6,71
Einmann- Spaltgerät Eder EHG1	1.700	12	5.000	30	0,16	-----	-----	8	-----	7,15
Schneidspalter Haki Pilke1X3	15.000	10	8.000	180	1,41	-----	0,8	8	-----	14,67
Wippkreissäge	1.200	8	5.000	100	0,56	-----	-----	8	-----	2,25
Sägestell	4.500	10	8.000	150	0,75	-----	-----	8	-----	4,94
mittlere Motorsäge	900	8	1.350	100	1,60	1,5	0,5	8	0	5,69
Motorsäge schwer	1.300	8	1350	100	2,31	3	1	8	0	9,67

¹Maschinenarbeitsstunde

²Kosten pro Liter Gemisch 1:50 = 1,24 €/l (Normalbenzin = 1,12 €/l; Zweitaktmotorenöl = 6 €/l)

³Biokettenschmieröl = 1,50 €/l

(Quelle: modifiziert übernommen aus LÖBF 2002, S 12 und KTBL 2002)

Der landwirtschaftliche Modellbetrieb

Landwirte und Nebenerwerbslandwirte sind mit ihrer verfügbaren Arbeitszeit für die Holzgewinnung eingeschränkt. Zum einen in der Anzahl der Tage im Jahr, zum anderen in der täglich verfügbaren Arbeitszeit. Für die Modellkalkulation müssen einem Modellbetrieb deshalb Daten unterstellt werden (vgl. Tabelle 17). Nicht berücksichtigt wird dabei die Ausrichtung des Betriebes (Milchvieh- oder Marktfruchtbetrieb). Denn unabhängig von der Betriebsart entscheiden in erster Linie der Arbeitskräftebesatz, die Organisation sowie die Flexibilität über die tatsächlich für die Holzgewinnung verfügbare Arbeitszeit.

Die Anzahl der Tage und Stunden ist relativ hoch angesetzt. Soll es sich aber um eine deutliche Einkommensergänzung handeln, so sind diese Zahlen realistisch, bei Eigenmechanisierung sogar zwingend geboten, um die Maschinenkosten im Rahmen zu halten. Außerdem wird davon ausgegangen, dass die Scheitholzwerbung zu Zweit durchgeführt wird, da Arbeiten im Forst nicht alleine verrichtet werden dürfen. Dies können betriebseigene oder in Kooperation arbeitende Arbeitskräfte sein. Werden Fremdarbeitskräfte eingesetzt, so ist dies in der Kalkulation herauszurechnen.

Tabelle 17: Verfügbare Arbeitszeit im landwirtschaftlichen Modellbetrieb

	Verfügbare Arbeitstage pro Jahr	Verfügbare Stunden pro Tag	Summe der eingesetzten Stunden pro Jahr
Modellbetrieb	20	8	160

(Quelle: eigene Darstellung)

6.3 Technik und Ausrüstung zur Scheitholzgewinnung

Im Anschluss werden die wesentlichen Geräte zur Brennholzaufbereitung vorgestellt. Berücksichtigt werden neben den wichtigen Säge- und Holzspaltesystemen auch die verschiedenen möglichen Transportarten. Grundsätzlich gilt bekanntlich für alle Arbeiten im Forst, dass sie immer zu Zweit durchgeführt werden müssen, sowie, dass sämtliche Unfallverhütungsvorschriften zu beachten sind. Ansprechpartner dafür ist die landwirtschaftliche Berufsgenossenschaft.

6.3.1 Sägen

Das Entasten, Ablängen und Zersägen des Holzrohmaterials sind wesentliche Arbeitsschritte in der Holzaufbereitung. Für diese Arbeit kommen verschiedene Geräte zum Einsatz:

Motorsäge

Die Motorsäge ist das Grundgerät in der Scheitholzwerbung. Sie kann für das Fällen, Entasten, Ablängen und unter Umständen auch für das Zersägen zu Scheiten zum Einsatz kom-

men. Je nach verlangter Leistung gibt es unterschiedlich motorisierte Geräte. Für die Aufarbeitung von Abraum beispielsweise genügt eine Leistung von 1,5 bis 3 kW. Eine größere Leistung besitzen Fällsägen. Diese eignen sich zudem auch zum Sägen von Holzstapeln (vgl. Abbildung 16).

Kreissäge und Bandsäge

Kreis- und Bandsägen werden zum Zersägen zu Scheiten heran genommen. Sie werden entweder elektrisch oder mechanisch durch die Schlepperzapfwelle angetrieben. Bei zapfwellengetriebenen Sägen schlagen die Schlepperkosten vergleichsweise stärker zu Buche, dafür ist ihr Einsatz mobil. Starke Verbreitung finden heute Wippsägen (vgl. Abbildung 15).

Abbildung 15: Wippkreissäge



(Quelle: Posch, http://www.posch.com/pages/produkte/artikelgruppeA.jsp?pg_id=2&pr_id=2&ag_id=5221, Zugriff am 21.09.04)

Säge- und Transportgestell

Eine weitere Möglichkeit stellt das Zersägen von ganzen Stapeln oder Bündeln von geschichtetem Langholz (in der Regel Meterholz), beispielsweise in einem Holzsägegestell, dar. Der große Vorteil liegt dabei in der Sägeleistung und im rationelleren Umschlagen des Holzes. Montiert an den Frontlader ist es zudem mobil einsetzbar und wird zum Spalter gefahren. Anstatt das Holz nach dem Spaltvorgang aufzusetzen, wird es direkt in das Gestell eingeladen. Anschließend fährt man zur Transportmöglichkeit (z.B. Kipper) und zersägt dort das

Holz mittels einer starken Motorsäge und einer langen Führungsschiene (Schwert) in die gewünschte Länge. Eine Führung gewährleistet ein sicheres und exaktes Sägen. Das gesägte Scheitholz wird auf den Kipper abgekippt und die Arbeit beginnt von vorn. Insgesamt muss das Holz also nur einmal in die Hand genommen werden. Abbildung 16 zeigt das Sägegestell kurz vor seinem Einsatz.

Abbildung 16: Sägegestell (hier an Radlader montiert)



(Quelle: eigene Aufnahme)

6.3.2 Schneidspalter

Mit der Produktvielfalt geht auch eine Begriffsvielfalt einher. Synonym für den Schneidspalter stehen beispielsweise die Begriffe Sägespaltmaschine oder Scheitholzprozessor. Je nach Einsatzbedingungen werden die Maschinen in zwei Weisen konzipiert:

- Stationäre Anlagen

Es handelt sich dabei in der Regel um äußerst leistungsfähige Maschinen, mit denen großdimensional in Hinsicht auf Länge und Durchmesser des zu verarbeitenden Holzes sowie auch hinsichtlich der Verarbeitungsmenge gewirtschaftet wird. Zu finden sind sie u. a. auf „Biomassehöfen“ (z.B. auf dem „Biomasshof Kempten“).

- Mobile Schneidspalter

Mobile Schneidspalter haben eine große Spannweite in ihrer Bauweise und Aufarbeitungsleistung. Angeboten werden sie als:

- Dreipunktanbaumaschinen,
- Frontladeranbaumaschinen und
- gezogene Maschinen.

Allen gemeinsam ist die Zusammenfassung der Arbeitsschritte von Zuführen des Holzes, Sägen, Spalten und Auswurf der Scheite, beispielsweise über ein Förderband. Der Antrieb erfolgt meist durch einen Schlepper. Die Steuerung der Arbeitsschritte kann manuell, halbautomatisch oder automatisch ausgelöst werden. Aufgelegt wird das Stammholz auf ein Zuführband (o. ä.). Dieses transportiert das Holz zur Säge- und Spalteinheit der Maschine, wo entweder eine Kreissäge oder eine Kettensäge den Stamm zu Scheiben sägt. Die Scheibenlänge wird durch einen Anschlag vorgegeben. Nach dem Sägen fällt das Holz in einen Spaltkanal und wird durch ein Spaltkreuz gepresst. Über ein Förderband wird das Scheitholz an die Anschlusslogistik weitergegeben. In Abbildung 17 ist ein halbautomatischer Schneidspalter zu sehen. Bei diesem wird der Spaltvorgang nach dem Sägevorgang automatisch ausgelöst. Alle weiteren Vorgänge müssen manuell betätigt werden. (vgl. LÖBF 2002, S. 35)

Abbildung 17: Schneidspalter mit Dreipunktaufhängung



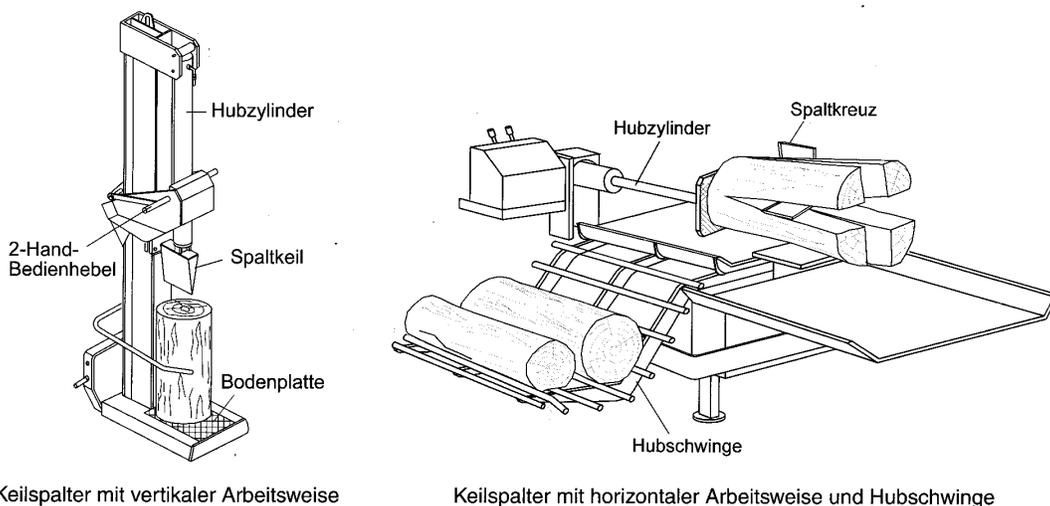
(Quelle: Posch, <http://www.posch.com>, Zugriff am 21.09.2004)

6.3.3 Spalter

Traditionell wird das Holz händisch mit dem Spalthammer und/oder mit Spaltkeilen gespalten. Die rein manuelle Arbeit ist kraftzehrend und bei fehlender Fertigkeit zudem noch leistungsschwach. Sie wird deshalb in dieser Arbeit nicht weiter betrachtet.

Inzwischen haben sich mechanische Spalter verschiedener Bauart und Arbeitsweise durchgesetzt. Sie bedeuten eine wesentliche Arbeitserleichterung und meist auch eine Leistungssteigerung. Am gängigsten sind hydraulische Keilspalter. Je nach Arbeitsweise unterscheidet man Vertikalspalter und Horizontalspalter. Abbildung 18 zeigt die zwei Grundtypen hydraulischer Keilspalter. In der Regel handelt es sich um Schlepperanbaugeräte. Beim Vertikalspalter wird der Spaltkeil durch das Holz getrieben, Horizontalspalter pressen meist den Stamm durch ein Spaltkreuz. Der Arbeitskomfort, die Spaltleistung, das mögliche Zubehör und die maximal zu verarbeitenden Durchmesser sind besser, stärker und umfangreicher. Dafür sind auch die Anschaffungskosten vergleichsweise teurer. (vgl. BMVEL 2003, S. 25)

Abbildung 18: Bauarten hydraulischer Holzspalter



(Quelle: BMVEL 2003, S.25)

Eine Abwandlung ist das tragbare Einmannspaltgerät (vgl. Abbildung 19). Über flexible Hydraulikschläuche, die an die Schlepperhydraulik angeschlossen werden, kann man das 16 kg schwere Gerät zu den zu spaltenden Stämmen tragen. Die Spaltleistung pro Stunde ist zwar als gering anzusehen, als Ergänzung zu einem Schneidspalter ist es jedoch gut geeignet. Denn Stämme mit einem nicht mehr maschinengängigen Durchmesser können damit zerkleinert werden.

Abbildung 19: Tragbares Einmann-Spaltgerät



(Quelle: Eder-Maschinenbau, <http://www.eder-maschinenbau.de/>, Zugriff am 21.09.2004)

6.3.4 Handwerkszeug

An dieser Stelle soll nur ein Handwerkszeug erwähnt werden, ohne das die Arbeit ungleich kraftraubender und langsamer vonstatten geht – der Sappi. Dabei handelt es sich um ein axthähnliches Instrument, das anstelle einer Schneide einen Stahldorn hat (vgl. Abbildung 20). Dieser Dorn wird in gefällte Baumstämme getrieben, wodurch der Waldarbeiter den Stamm besser aus dem Unterholz herausziehen kann. Er bewährt sich vor allem bei der Beschickung des Spalters.

Abbildung 20: Sappi mit axtlangem Stiel



(Quelle: Feiner, <http://www.feiner.at/produkte/forst/sappel/65st.htm>, Zugriff am 21.09.04)

6.3.5 Transport

Für den Transport ins Lager kommen verschiedene Möglichkeiten in Betracht:

- Der **Meterholztransportanhänger** ist ein meist selbst gefertigter Wagen, der in der Rhön sehr verbreitet ist. Er ist sehr wendig, leicht und geländegängig, so dass man das Holz vom Rückweg aus einladen kann. Er ist leicht zu beladen, muss allerdings auch manuell entladen werden. Dies stellt jedoch keine Extraarbeit dar, wenn das Meterholz am Lager aufgeschichtet werden soll. Das Ladevolumen dieser Anhänger liegt zwischen 4 und 6 m.
- Mit dem **Kipper** lassen sich größere Volumen realisieren. Außerdem kann das Holz – vorzugsweise schon zu Scheiten verarbeitet - abgekippt werden und das Scheitholz als Schüttgut maschinell eingelagert werden.
- Sehr hohe Transportleistungen werden durch großvolumige **Wechselcontainer** erreicht. Transportiert werden sie durch Lkw oder mit speziellen schleppergezogenen Anhängern. Bis zu 28 m können geschüttet in einem Container Platz finden. Mehr ist nicht möglich, da dann das maximal zulässige Gesamtgewicht überschritten wird. Deshalb ist die Transportkapazität auch immer vom Wassergehalt des Holzes abhängig.
- Eine vierte Möglichkeit ist der **Langholz-Transport** des Stammholzes durch einen Fuhrunternehmen. Dieses kann Stammholz leistungsfähig auch über größere Entfernungen transportieren. Teuer wird der Transport, wenn zur Beladung des Lkws mehrere Polter angefahren und aufgeladen werden müssen.

6.4 Herstellungskosten bis zum Lager

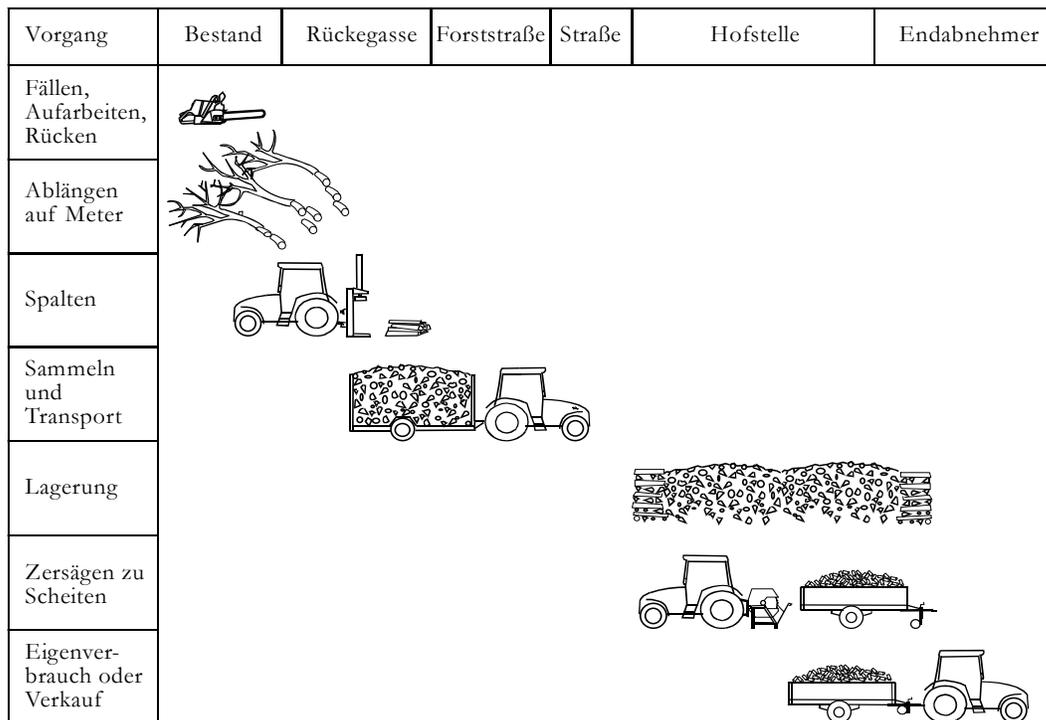
Im Folgenden werden die drei Verfahrens-Varianten vorgestellt. Sie unterscheiden sich in ihren Leistungen, in den Kosten der einzelnen Arbeitsschritte sowie in den Materialkosten Holz. Variante 1 beschäftigt sich ausschließlich mit der Aufarbeitung von Schlagabraum, Variante 2 mit Schlagabraum und Industrieholz-lang (IL) und Variante 3 wiederum ausschließlich mit IL. Da sowohl die Scheitlänge als auch die Transportentfernung eine große Rolle in den Herstellungskosten spielen, wird weiterhin danach differenziert.

Zu beachten ist, dass in diesem Kapitel zunächst die Herstellungskosten bis zum Lager ermittelt werden. Die Lagerkosten, Rüstkosten, der Zinsansatz sowie der Transport zum Kunden werden erst im darauf folgenden Kapitel 6.5 untersucht.

6.4.1 Variante 1

Bei der herkömmlichen, vorwiegend manuellen Brennholzwerbung von Schlagabraum ist das Entasten und Ablängen auf Meter der erste Arbeitsschritt. Durchgeführt wird diese Arbeit mit einer Motorsäge. Die Länge wird optional mit einem Reißmeter oder anderen Hilfsmitteln vorgegeben. Die Krone kann bis in die feinen Verästelungen aufgearbeitet werden. In den Zeitstudien wurde das Waldrestholz jedoch nur bis zu einem Durchmesser von mindestens 5 cm verwertet, da sonst die Leistung, aber auch die Qualität des Holzes sinken.

Die Meterstücke müssen manuell zum Spalter getragen oder mit dem Sappi gezogen werden. Nach dem Spalten wird das nun vorkonzentriert im Schlag verteilt liegende Holz mittels eines Meterholzanhängers gesammelt und ins Lager oder zum Endkunden transportiert. Im Lager wird es zu Meterholzargen aufgeschichtet. Nach einer Trocknungszeit – Scheitholz gilt als trocken, wenn die maximale Restfeuchte 20 % beträgt – wird es mit der zapfwellengetriebenen Wippkreissäge auf Ofenlänge zersägt, aufgeladen und zum Endabnehmer transportiert (vgl. Abbildung 21).

Abbildung 21: Verfahrenskette Variante 1

(Quelle: modifiziert aus Hartmann/Madecker 1997, S. 31)

6.4.1.1 Leistung der Arbeitsschritte

Die Leistung und damit die Einflussfaktoren auf die Kosten werden bei Variante 1 näher erläutert. Bis auf das Zersägen auf Ofenlänge lassen sich diese Faktoren auf Variante 2 übertragen, so dass diese Ausführungen dort entfallen.

Ablängen auf Meter

Gerade beim Ablängen schwankt die Leistung enorm, denn sie wird von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst: Vor allem der Durchmesser des Holzes, der Übungsgrad der ausführenden Person, die Konzentration des Holzes im Schlag und die Standortbedingungen spielen eine Rolle. So wurden beim Aufarbeiten zu Meterstücken von Buchenabraum in einem Schlag (Römershag) im Schnitt Leistungen von 2,8 rm/Akh (Arbeitskraftstunden) erreicht, während in einem anderen Schlag (Volkers) Leistungen von 3,8 rm/Akh realisiert werden konnten. Begründet lag dies in einer höheren Konzentration des Abraums pro Fläche sowie in guten Arbeitsbedingungen (v. a. gutes Wetter, geringe Neigung und gute Zugänglichkeit). Für die weitere Berechnung wird eine mittlere Leistung von 3 rm/Akh unterstellt.

Spalten

Die Leistung beim Spalten hängt im Wesentlichen von der Technik, der Vorlieferentfernung zum Spalter und sowie von der gewünschten Spaltgröße des Holz ab. Weiterhin beeinflussen auch hier der Durchmesser und die räumliche Konzentration des zu spaltenden Holzes die Arbeit. Zum Einsatz kam ein 13 t-Vertikalspalter. Das Holz wurde so gespalten, dass eine maximale Kantenlänge von 15 cm eingehalten wurde. Die durchschnittliche Leistung im Schlagabraum betrug letztlich 2,4 m/Akh. Ein Fünftel des Holzes musste aufgrund seines Durchmessers nicht mehr gespalten werden. Damit sind 3 m/Akh weiterverarbeitbar und bilden die weitere Kalkulationsgrundlage.

Sammeln, Transport und Einlagern

In einer Stunde wurden 6 m/Ak eingesammelt, aufgeladen und über die Rückegassen zum Waldweg transportiert. Einfluss haben hier wieder die erfolgte Vorkonzentration durch das Spalten, die Transportwege, die Zugänglichkeit innerhalb des Schlags sowie die Geländeeigenschaften. Das Sammeln gestaltet sich umso problematischer, je weiter der Abraum von der Rückegasse oder dem Waldweg entfernt ist, da die Wege zur Schonung und Gesunderhaltung des Waldökosystems nicht verlassen werden dürfen. Das manuelle Vorliefern ist zwar sehr schonend für den Wald, bedeutet jedoch höchste körperliche Belastung für die Arbeitskraft. Mit zunehmender Entfernung kann eine Seilwinde zum Einsatz kommen. Allerdings ist die Seilwinde vor dem Spalten mit größtmöglicher Umsicht einzusetzen.

Beim Transport vom Waldweg zum Lagerplatz gibt es drei Faktoren, die maßgeblich sind:

- das Ladevolumen (= 6 m),
- die mittlere Transportgeschwindigkeit (= 17 km/h) und
- der Transportweg ins Lager (3; 5; 7,5; 10; 15 = einfache Entfernung in km).

Die Transportgeschwindigkeit von 17 km/h wurde auf der Basis von 7,5 km Transportentfernung, inklusive Abkippen am Lagerplatz, mit einem 8 t-Kipper und einem 66 kW-Schlepper ermittelt. Obwohl zwar mit zunehmender Entfernung mit einer Erhöhung der Durchschnittsgeschwindigkeit zu rechnen ist, können schlecht ausgebaute Waldwege und Steigungen die Transportgeschwindigkeit senken. Da auch sonst keine weiteren Daten vorhanden

sind, wird deshalb die mittlere Geschwindigkeit von 17 km/h für alle Transporte der verschiedenen Varianten und Transportentfernungen unterstellt. Das Abladen und Aufschichten am Lager erreichte schließlich eine Leistung von 8 rm/Akh.

Zersägen auf Ofenlänge und Aufladen der Scheite

Die Scheitlänge bestimmt die Anzahl der Sägeschnitte eines Meterholzes. Je mehr Sägeschnitte gemacht werden müssen, desto geringer ist die Leistung. Bei einem Schnitt mit 50 cm Scheitlänge ergab sich die Säge- und Aufladeleistung von 3,3 rm/Akh, bei zwei Schnitten mit 33 cm Scheitlänge 2,7 rm/Akh, bei drei Schnitten 2,1 rm/Akh und bei vier Schnitten 1,8 rm/Akh.

6.4.1.2 Kosten der Arbeitsschritte

Tabelle 18 gibt einen Überblick über die Kosten der einzelnen Arbeitsschritte. Als Materialkosten für das Holz werden 6 €/rm berechnet. Sie ergeben sich aus den 7,50 €/rm, die das Forstamt Bad Brückenau für Holz mit einem Zopfdurchmesser von mehr als 7 cm in Rechnung stellt. Bei Privatwaldbesitz kann dies als kalkulatorische Entlohnung angesetzt werden. Weil ca. ein Fünftel nicht bemessen wird, verringert sich der zu zahlende Betrag auf 6 €/rm.

Die Kosten für das Zersägen fallen am stärksten ins Gewicht. Knapp 25 % der Kosten entfallen auf diesen Arbeitsschritt. Jedoch lassen sich hier Kosten einsparen. Anstatt einer schleppergetriebenen Wippkreissäge ist der Einsatz einer elektrischen Säge denkbar. Der Nachteil dabei liegt in der eingeschränkten Mobilität, d.h. das Holz muss in der Regel erneut zur Säge vorgeliefert werden. Befindet sich das gelagerte Holz in Reichweite eines Stromanschlusses und kann die Säge dort aufgestellt werden, entfallen die Schlepperkosten in Höhe von 9,15 €/h. Nach Abzug der geringen Mehrkosten der Säge selbst (ca. 0,30 €/h) und des Stromverbrauchs von 5 kW/h ($5 \text{ kW} * 0,15 \text{ €/kWh} = 0,75 \text{ €/h}$) lassen sich 8,10 €/h einsparen. Die Sägekosten reduzieren sich demnach um 37 %.

Die Maschinenkosten für den Anhänger werden über die Nutzungseinheit „Gewicht in t“ berechnet. Aus Vereinfachungsgründen werden für den Meterholztransportanhänger dieselben Kosten pro transportierte Tonne (0,79 €/t) wie für den Dreiseitenkipper verwendet.

Tabelle 18: Übersicht über Systemkosten, Systemleistung sowie der Material- und Fertigungskosten der Variante 1

Arbeitsschritte		Kostenfaktoren	Systemkosten (€/h)	Systemleistung (rm/h)	Material- u. Fertigungskosten (€/rm)
Holzeinkauf					6
Ablängen		Ak ¹ , mittlere Motorsäge	15,69	3	5,23
Spalten		Ak, (Spalter 13 t), Schlepper (33 kW)	22,60	3	7,53
Sammeln u. Beladen		Ak, Anhänger, Schlepper ² (44 kW)	13,66	6	2,28
Transport	Einfache Entfernung				
	3 km	Ak, Schlepper (44 kW), Anhänger (6 rm)	24,64 + 0,55 €/rm ³	17	2,00
	5 km			10,2	2,97
	7,5 km			6,8	4,18
	10 km			5,1	5,38
	15 km			3,4	7,80
Einlagern		Ak, Anhänger (6 rm)	10	8	1,25
Zersägen und Aufladen	Scheitlänge				
	20 cm	Ak, Schlepper (33 kW), Wippkreissäge	21,40	1,8	11,89
	25 cm			2,1	10,19
	33 cm			2,7	7,93
	50 cm			3,3	6,48

¹Arbeitskraft

²Schlepper wird nur zu Rangierfahrten benötigt, d.h. nur ¼ der Zeit wird angerechnet.

³Kosten für den Anhänger (0,79 €/t) * Gewicht von waldfischem Buchenholz (0,7 t/rm) = 0,55 €/rm

(Quelle: eigene Berechnung)

Tabelle 19 gibt nachfolgend die Summe aller Kosten aus Tabelle 18 in Abhängigkeit von Scheitlänge und Transportentfernung an.

Tabelle 19: Herstellkosten in €/rm in Abhängigkeit von Scheitlänge und einfacher Transportentfernung

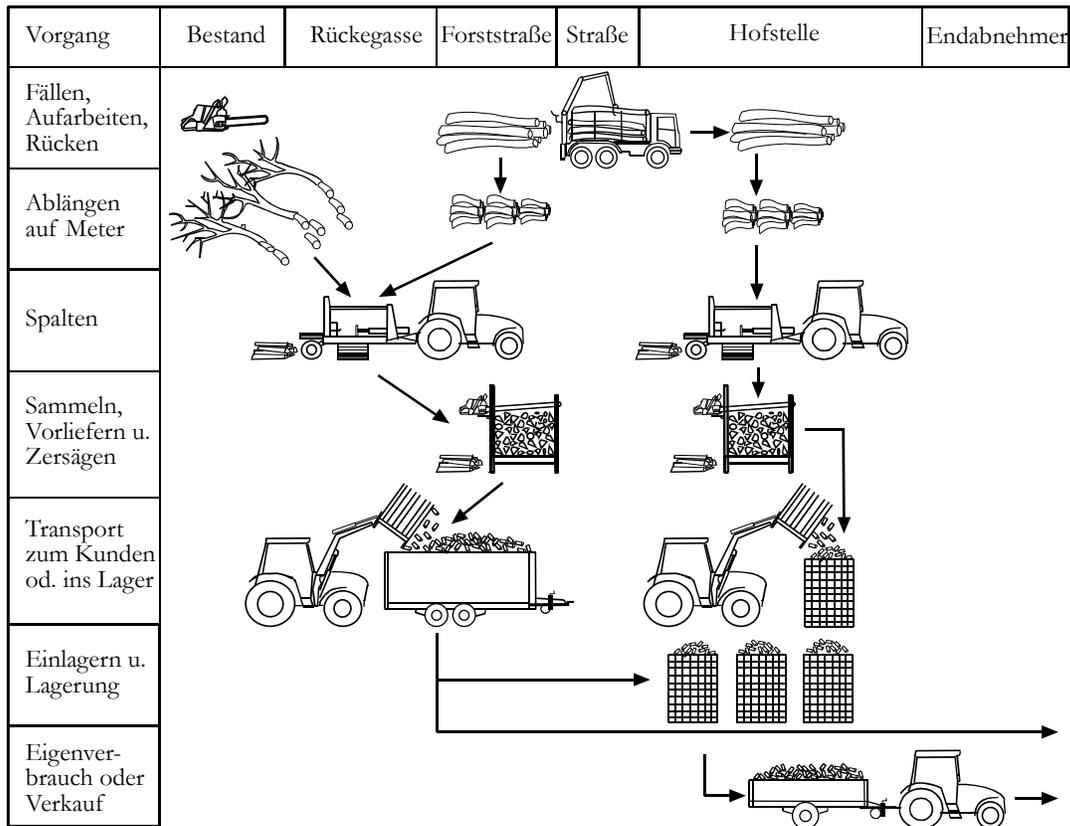
		Scheitlänge				
		20 cm	25 cm	33 cm	50 cm	1m
Einfache Transportentfernung	3 km	36,18	34,48	32,22	30,78	24,29
	5 km	37,15	35,45	33,18	31,74	25,26
	7,5 km	38,36	36,66	34,39	32,95	26,47
	10 km	39,56	37,86	35,60	34,16	27,67
	15 km	41,98	40,28	38,02	36,57	30,09

(Quelle: eigene Berechnung)

6.4.2 Variante 2

Die Arbeitsabläufe zur Variante 2 sind in Abbildung 22 dargestellt. Zwei Verfahrensketten konkurrieren dabei: zum einen die Aufbereitung von Schlagabraum und zum anderen die Aufarbeitung von Industrieholz-lang. Ein höherer Mechanisierungsgrad und das Zusammenfassen von Arbeitsschritten machen vor allem die Aufbereitung des Schlagabraums leistungsfähig. Hierbei können das Beladen, das gleichzeitig zum Spalten vorgenommen wird, das Sägen und Vorliefern ohne Umladen sowie das anschließende Befüllen des Transportgefährts zu Verfahrensschritten gruppiert werden. Das Industrieholz-lang ließe sich grundsätzlich von einem Fuhrunternehmen transportieren. Diese Alternative wird aber für Variante 2 nicht betrachtet, da die Eigenmechanisierung gerade in Kurzstrecken vergleichbare Kosten mit sich bringt. Mit zunehmender Entfernung wird diese Möglichkeit interessanter.

Abbildung 22: Zwei Verfahrensketten zu Variante 2



(Quelle: modifiziert aus Hartmann/Madecker 1997, S. 31)

6.4.2.1 Leistung der Arbeitsschritte

Ablängen auf Meter

Für den Schlagabraum gelten dieselben Leistungsdaten wie bei Variante 1 (3 rm/Akh). Für Industrieholz-lang lassen die Vorkonzentration am Rand der Forststraße, der größere Durchmesser und das Entfallen von Entastungsarbeiten deutlich höhere Leistungen von 9 rm/Akh zu.

Spalten

Der Horizontalspalter zeigte seine Stärke mit einer durchschnittlichen Leistung von 5 rm/Akh in der Aufbereitung des Industrieholzes. Durch das Hinzuziehen einer weiteren Person konnte die Leistung - bei mehr Arbeitskomfort - auf 8 rm/h erhöht werden. Beim Schlagabraum wurden etwa 4 rm/Akh gespalten. Die 20 % an Abraum, die aufgrund ihres geringen Durchmessers nicht mehr gespalten werden mussten, werden der zu spaltenden Menge hinzugerechnet. Damit erhöht sich die Leistung im Schlagabraum auf 5 rm/Akh weiterverarbeitbares Meterholz.

Sammeln, Vorliefern, Zersägen und Aufladen

Wie die Überschrift deutlich macht, setzt sich dieser Verfahrensschritt aus mehreren kleinen Arbeitsschritten zusammen. Diese Unterarbeitsschritte mit den jeweiligen Leistungen bei der Abraumaufarbeitung werden nachstehend aufgelistet:

- Sammeln und Einschichten des Abraumholzes in das Sägegestell – 8 rm/Akh,
- Transportfahrten zum Vorliefern zur Waldstraße und Beladen des Kippers nach dem Sägevorgang – 10,5 rm/Akh,
- Sägevorgang nach Scheitlänge:
 - 20 cm – 15 rm/Akh
 - 25 cm – 18 rm/Akh
 - 33 cm – 21 rm/Akh
 - 50 cm – 22,5 rm/Akh.

Zu den Transportfahrten zählt das Vorliefern des gesammelten Holzes zur Waldstraße, das Beladen des Kippers nach erfolgtem Sägevorgang sowie die Fahrt zurück in den Bestand. Die Entfernung betrug im Mittel 150 m.

Die Aufarbeitung des IL konnte aufgrund der kurzen Wege zwischen Holz und Transportgefährt mit 30 rm/Akh höhere Leistungen bei den Transportfahrten erzielen. Auch das Beladen ließ sich auf 10 rm/Akh steigern, da Fahrten zwischen den Sammelpunkten des Abraums entfielen.

Transport

Analog zu Variante 1 wird eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 17 km/h unterstellt. Das Transportvolumen steigt durch die Verwendung eines 8 t-Dreiseitenkippers mit einem Fassungsvermögen von 12,5 m³ auf 9 rm. Die Transportleistung inklusive Abkippen am Lagerplatz wird in Abhängigkeit der Entfernung folgendermaßen angegeben:

- 3,0 km – 25,5 rm/h
- 5,0 km – 15,3 rm/h
- 7,5 km – 10,2 rm/h
- 10 km – 7,65 rm/h
- 15 km – 6,32 rm/h

Einlagern

Der letzte Arbeitsschritt in der Verfahrenskette der Variante 2 ist das Einlagern des Scheitholzes. Das in Mieten abgekippte Scheitholz wird mit dem Frontlader in Boxen aus Baustahlflecht gefüllt und anschließend abgedeckt. Die Einlagerung des Holzes aus dem ersten Schlag (Römershag) lag bei 15 rm/Akh, wobei Vorbereitungsarbeit geleistet werden musste. Die Einlagerung des folgenden Holzes lag dann durchschnittlich bei 20 rm/Akh. Dieser Wert wird in der weiteren Kalkulation verwendet. Des Weiteren muss noch eine Besonderheit des Verfahrens berücksichtigt werden: durch das Stapelsägen verbleibt ein Teil des Sägemehls zwischen den Scheiten im Sägegestell. Das Holz auf dem Lagerplatz weist somit eine Verunreinigung durch den Sägestaub auf. Es muss unbedingt darauf geachtet werden, dass eine Trennung der Scheiter vom Sägemehl vorgenommen wird, da ansonsten die Qualität durch Verpilzung und oberflächliche Verunreinigungen stark leidet. Das Abscheiden von Sägemehl und sonstigen Kleinanteilen wurde mit einer Rübenverladeschaufel vorgenommen, die aufgrund der auf Lücke gesetzten Stahlzinken gute Siebeigenschaften aufweist.

6.4.2.2 Kosten der Arbeitsschritte

Die Betrachtung der Tabelle 20 zeigt, dass, mit Ausnahme des Ablängens, die Systemkosten aller Arbeitsschritte gestiegen sind. Grund ist der höhere Mechanisierungsgrad und der Einsatz eines größeren Schleppers in den meisten Arbeitsschritten.

Tabelle 20: Übersicht über Systemkosten, Systemleistung und Material- und Fertigungskosten von Variante 2 (Schlagabraum)

Arbeitsschritt		Kostenfaktoren	Systemkosten (€/h)	Systemleistung (rm/h)	Material- und Fertigungskosten (€/rm)
Holzeinkauf					6
Ablängen		Ak ¹ , mittlere Motorsäge	15,69	3	5,23
Spalten		Ak, (Spalter 30 t), Schlepper (33 kW)	25,86	5	5,17
Sammeln und Beschicken		Ak, Sägegestell, Schlepper ² (66 kW)	20,68	8	2,58
Transportfahrten		Ak, Sägegest., Schlepper (66 kW)	37,88	10,5	3,61
Zersägen und Aufladen	Scheitlänge				
	20 cm	Ak, Sägegestell, schwere Motorsäge	24,61	15	1,64
	25 cm			18	1,37
	33 cm			21	1,17
	50 cm			22,5	1,09
Einfache Entfernung					
Transport	3 km	Ak, Schlepper (66 kW), Anhänger	32,94 + 0,55 €/rm ³	25,5	1,87
	5 km			15,3	2,71
	7,5 km			10,2	3,78
	10 km			7,65	4,86
	15 km			6,32	5,77
Einlagern		Ak, Schlepper (66kW), Verladeschaufel	34,11 €/h	20	1,71

¹Arbeitskraft

²Schlepper wird nur zu Rangierfahrten benötigt, d.h. nur ¼ der Zeit wird angerechnet.

³Kosten für den Anhänger (0,79 €/t) * Gewicht von walddfrischem Buchenholz (0,7 t/rm) = 0,55 €/rm

(Quelle: eigene Berechnung)

Trotzdem bleiben durch die höhere Leistung des Verfahrens die Maschinenkosten bezogen auf Raummeter (rm) gleich, die Lohnkosten sinken sogar um 35,7 %. Besonders auffällig ist, dass die Scheitlänge durch die hohe Sägeleistung wenig Einfluss auf die Kosten hat (vgl. Tabelle 21). Die Kosten liegen vielmehr sehr nahe beieinander. Lediglich die Transportentfernung hat größeren Einfluss auf die Kosten.

Tabelle 21: Herstellkosten in €/rm in Abhängigkeit von Scheitlänge und einfacher Transportentfernung (Schlagabraum)

		Scheitlänge				
		20 cm	25 cm	33 cm	50 cm	1m
Einfache Transportentfernung	3 km	27,78	27,51	27,32	27,24	26,14
	5 km	28,65	28,37	28,18	28,10	27,01
	7,5 km	29,72	29,45	29,25	29,18	28,08
	10 km	30,80	30,53	30,33	30,25	29,16
	15 km	31,71	31,43	31,24	31,16	30,06

(Quelle: eigene Berechnung)

Neben der Aufbereitung von Abraumholz ist auch die Scheitholzgewinnung aus Industrieholz von Interesse. Die Kosten für das Industrieholz-lang fei Waldweg lagen bei Durchführung der Zeitstudien bei 18 €/rm (ohne Mehrwertsteuer). Im Vergleich zu den Kosten der Arbeitsschritte (vgl. Tabelle 22) nehmen die Holzkosten nun mit 56 % den größten Anteil ein. Der zweitgrößte Kostenfaktor ist das Spalten. Die Kosten sind zwar trotz einer zweiten Arbeitskraft aufgrund der höheren Leistung niedriger als im Schlagabraum, dennoch ist eine weitere Verringerung der Kosten wünschenswert.

Tabelle 22: Übersicht über Systemkosten, Systemleistung und Material- und Fertigungskosten von Variante 2 (Industrieholz)

Arbeitsschritte	Kostenfaktoren	Systemkosten (€/h)	Systemleistung (rm/h)	Material- und Fertigungskosten (€/rm)	
Holzeinkauf				18	
Ablängen	Ak ¹ , mittlere Motorsäge	15,69	9	1,74	
Spalten	2 Ak, (Spalter 30 t), Schlepper (44 kW)	35,86	8	4,48	
Beschicken	Ak, Sägegestell,	14,94	10	1,49	
Rangierfahrten	Ak, Sägegest.ell, Schlepper (66 kW)	37,88	30	1,26	
Zersägen	Scheitlänge				
	20 cm	Ak, Sägegestell, schwere Motorsäge	24,61	15	1,64
	25 cm			18	1,37
	33 cm			21	1,17
	50 cm			22,5	1,09
Transport	Einfache Entfernung				
	3 km	Ak, Schlepper (66 kW), Anhängers	32,94 + 0,55 €/rm ²	25,5	1,84
	5 km			15,3	2,71
	7,5 km			10,2	3,78
	10 km			7,65	4,86
	15 km			6,32	5,77
Einlagern	Ak, Schlepper (66kW), Verladeschaufel			34,11	20

¹Arbeitskraft

²Kosten für den Anhänger (0,79 €/t) * Gewicht von waldfischem Buchenholz (0,7 t/rm) = 0,55 €/rm

(Quelle: eigene Berechnung)

Der Vergleich der Herstellkosten zwischen Schlagabraum (vgl. Tabelle 21) und Industrieholz (vgl. Tabelle 23) zeigt bei der Aufarbeitung des Industrieholzes durchweg höhere Kosten. Die Holzkosten übersteigen demnach den Leistungsgewinn durch die höhere Leistung. Auf der anderen Seite weist das Scheitholz aus Industrieholz eine höhere Qualität auf, da kein Rundholz mit geringem Durchmesser vorhanden ist. Denn Letzteres ist sowohl in energetischer als auch in ästhetischer Hinsicht geringer zu bewerten und damit schlechter absetzbar. Sofern sich das Scheitholz aus Industrieholz qualitätsbedingt um 4,11 €/rm teurer vermarkten lässt oder das Industrieholz um den selben Betrag günstiger zu erwerben ist, werden die höheren Herstellkosten ausgeglichen bzw. gleiche Herstellkosten erreicht.

Tabelle 23: Herstellkosten in €/rm in Abhängigkeit von Scheitlänge und einfacher Transportentfernung (Industrieholz)

		Scheitlänge				
		20 cm	25 cm	33 cm	50 cm	1m
Einfache Transportentfernung	3 km	32,17	31,90	31,70	31,63	30,53
	5 km	33,03	32,76	32,57	32,49	31,39
	7,5 km	34,11	33,84	33,64	33,56	32,47
	10 km	35,19	34,91	34,72	34,64	33,55
	15 km	36,09	35,82	35,62	35,55	34,45

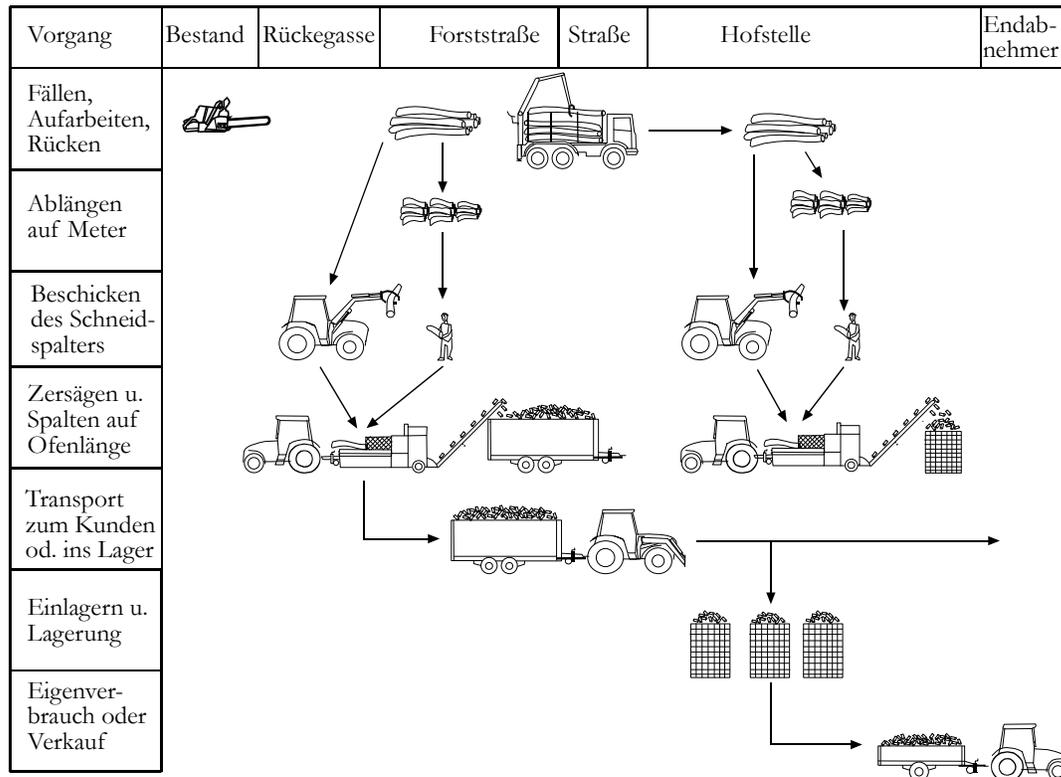
(Quelle: eigene Berechnung)

6.4.3 Variante 3

In Variante 3 wird unter den betrachteten Verfahren der höchste Mechanisierungsgrad erreicht. Das Verfahren hat auch die höchsten Ansprüche an das Ausgangsholz selbst. Für den eingesetzten Schneidspalter ist nur einschnüriges Rundholz mit einem maximalen Durchmesser von 37 cm verarbeitbar. Es muss zudem möglichst gerade und vollständig entastet sein. Diese Anforderungen werden von Industrieholz weitestgehend erfüllt. Stämme mit einem Durchmesser über 37 cm können mit dem Einmannspaltgerät (vgl. Abbildung 20) auf ein maschinengängiges Maß zerkleinert werden.

Die Arbeitsschritte sind in Abbildung 23 im Einzelnen demonstriert. Kalkuliert wird der stationäre Einsatz des Schneidspalters am Lagerplatz. Dazu zwingen die Verflechtungen der Arbeitsschritte: Denn im mobilen Einsatz treten während der Transportfahrten zwischen Wald und Lager Verzögerungen bei der Beschickung des Schneidspalters auf, weil Fahrer und Schlepper gerade unterwegs sind. Je nach Entfernung kommt es dadurch zu mehr oder weniger langen Unterbrechungen. Die Daten zur Bewertung der durch die Verzögerungen entstehenden Leistungseinbußen stehen nicht zur Verfügung. Die Angaben zum stationären Einsatz sind dagegen vorhanden sind und erfüllen gleichzeitig die hohen Anforderungen an die Verfahrensorganisation.

Abbildung 23: Verfahrensketten Variante 3



(Quelle: modifiziert aus Hartmann/Madecker 1997, S. 31)

6.4.3.1 Leistung der Arbeitsschritte

Während Variante 1 und 2 auch von einer Arbeitskraft ohne Leistungseinbußen¹ durchgeführt werden könnten, so sind in Variante 3 zwingend zwei Personen unablässig tätig, ohne dass sich die angenommenen Leistungen stark verändern. Die eine Arbeitskraft ist für die Bedienung des Schneidspalters, die andere für die reibungslose Beschickung (Ablängen und Auflegen des Langholzes auf den Holzaufлагetisch) und Einlagerung zuständig.

Ablängen

Das im Lager auf Polter liegende Industrieholz muss auf ein für die Maschine handhabbares Maß abgelängt werden, wobei bis zu vier Meter lange Stämme problemlos verarbeitet werden können. Die Leistung liegt bei knapp 27 rm/Akh. Gleichzeitig zum Ablängen werden die Stämme auf ihre Maschinengängigkeit hin überprüft. Durchmesser über 37 cm müssen mit einem tragbaren Einmann-Spaltgerät zerkleinert werden. Dieser Unterarbeitsschritt benötigt je nach Ausgangsmaterial unterschiedlich viel Zeit. Den Angaben zufolge nimmt das Vorbereiten der Stämme im Mittel 25 % der Zeit ein. Die Leistung des gesamten Arbeitsschrittes verringert sich dadurch auf 20 rm/Akh.

Beschicken

Durch die mechanische Beschickung per Schlepper und Frontlader mit einer Holzzange oder Poltergabel werden 30 rm/Akh bei minimierter körperlicher Belastung auf den Holzaufлагetisch gelegt. Auf diesem haben ca. 10 Stämme gleichzeitig Platz und die Person, die das Beschicken betreut, erhält den nötigen Zeitpuffer, um sich um die beiden anderen Arbeitsschritte, Ablängen und Einlagern, zu kümmern.

¹ Bei Variante 2 (Industrieholz) sind zwei Arbeitskräfte am Spalten. Mit nur einer Arbeitskraft reduziert sich die Spaltleistung von 8 auf 5 rm/h und die Kosten steigen geringfügig.

Zersägen und Spalten

In Abhängigkeit von der Scheitlänge wurden diese Leistungen ermittelt:

- 20 cm – 5,0 rm/Akh
- 25 cm – 6,0 rm/Akh
- 33 cm – 7,5 rm/Akh
- 50 cm – 8,0 rm/Akh

Transport

Der Transport wird von einem Fuhrunternehmen getätigt, da die Langholzlogistik eine Eigenmechanisierung vor Probleme stellt.

Einlagern

Das Scheitholz wird wie in Variante 2 in Baustahlgeflechtboxen gefüllt. Die Leistung ist dieselbe.

6.4.3.2 Kosten der Arbeitsschritte

Die Material- und Fertigungskosten sind in Tabelle 24 dargestellt. Zu den Kosten des Industrielholzes-lang in Höhe von 18 €/rm kommen noch die Transportkosten des Fuhrunternehmers hinzu. Sie wurden innerhalb eines Transportradius von 15 km auf 4 €/rm angesetzt (Auskunft Fuhrunternehmer). Die gesamten Holzkosten von 22 €/rm frei Lagerplatz nehmen schließlich ca. 70% der Herstellkosten ein (Tabelle 25). Die Ablängekosten setzen sich aus den Arbeitsschritten Ablängen und gleichzeitigem Vorspalten zu ihren jeweiligen Zeitannteilen zusammen.

Tabelle 24: Übersicht über Systemkosten, Systemleistung und Material- und Fertigungskosten von Variante 3

Arbeitsschritte	Kostenfaktoren	Systemkosten (€/h)	Systemleistung (rm/h)	Material- und Fertigungskosten (€/rm)
Holzeinkauf inkl. Transport zum Lager ¹				22
Ablängen	Ak ² , mittlere Motorsäge, Einmann-Spaltgerät ³	16,06	20	0,80
Beschicken	Ak, Schlepper (66 kW), Poltergabel	36,74	30	1,22
Zersägen und Aufladen	Scheitlänge			
	20 cm	Ak, Schneidspalter, Schlepper (44 kW)	5	7,86
	25 cm		6	6,55
	33 cm		7,5	5,24
	50 cm		8	4,91
Einlagern	Ak, Schlepper (66kW)	34,11	20	1,71

¹Der Langholztransport wird von einem Fuhrunternehmen durchgeführt. Als Kosten werden innerhalb einer einfachen Transportentfernung von bis 15 km 4 €/rm veranschlagt.

²Arbeitskraft

³Das Einmann-Spaltgerät wird zu ¼ der Zeit veranschlagt.

(Quelle: eigene Berechnung)

Die in Tabelle 25 aufgeführten Herstellkosten unterscheiden sich von den anderen Varianten insofern, als kein Meterholz betrachtet wird, da dieser Schneidspalter technisch nicht zu dessen Aufbereitung in der Lage ist. Außerdem wird keine Aufgliederung der Transportkosten innerhalb der Entfernung von 15 km vorgenommen. Die Person, die den Umschlag des Holzes betreut, ist bei den Scheitlängen von 20 und 25 cm nicht voll ausgelastet, bei 50 cm hinkt die Leistung hinterher, da der Schneidspalter die Arbeitsgeschwindigkeit bestimmt. Die Wartezeiten pro rm betragen bei 20 cm Scheitlänge 4 Minuten, bei 25 cm 2 Minuten. Deshalb werden den Kosten der Arbeitsschritte noch die Kosten hinzu addiert, die durch die Warte-

zeiten entstehen, d.h. bei 20 cm – 0,67 €/rm², bei 25 cm – 0,33 €/rm. Bei 50 cm langen Scheiten wird unterstellt, dass die Umschlagsleistung von 7,5 rm/Akh unter Umständen auf 8 rm/Akh erhöht werden kann, was aber in der Kalkulation nicht berücksichtigt wird.

Tabelle 25: Herstellkosten in €/rm in Abhängigkeit der Scheitlänge¹

	Scheitlänge			
Länge in cm	20 cm	25 cm	33 cm	50 cm
Kosten in €/rm	34,26	32,62	30,97	30,65

¹Inklusive Transportkosten (4 €/rm) bei Entfernungen bis 15 km

(Quelle: eigene Berechnung)

6.5 Zusammenschau und Gegenüberstellung der drei Varianten

Die Herstellkosten der einzelnen Varianten sind nun bekannt. Daraus alleine lässt sich aber noch keine abschließende Bewertung der verschiedenen Varianten ableiten. Auf der einen Seite interessieren vielmehr noch der Gewinn und der Gesamtertrag, d. h. der Beitrag, den die Variante in der gesetzten Zeit fähig ist, zu liefern. Darüber hinaus hat jedes Verfahren unter bestimmten Voraussetzungen seine Vorzüge. Nachfolgend werden diese Aspekte bewertet. Um die Übersichtlichkeit zu gewährleisten, bezieht sich die weitere Analyse auf das gängigste Maß eines Holzschaites von 33 cm und einer mittleren Transportentfernung von 7,5 km.

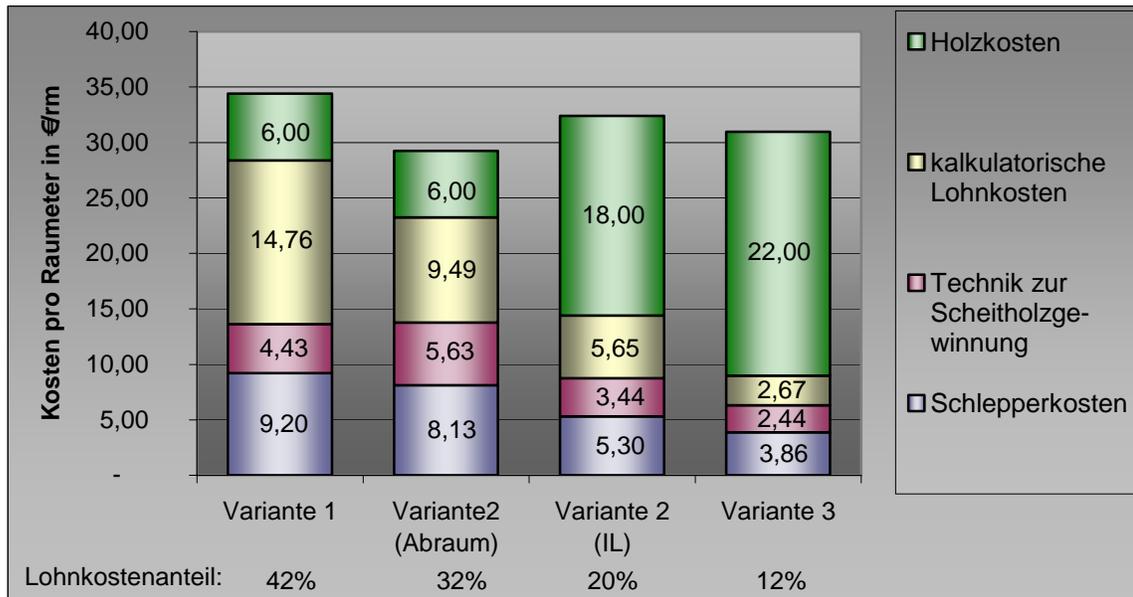
6.5.1 Herstellkosten

Die einzelnen Kostenbestandteile der verschiedenen Varianten sind in Abbildung 24 einander gegenübergestellt. Die Summe der Arbeitsschrittkosten bildet die Herstellkosten. Variante 2 (Sägegestell - Abraum) weist mit 29,25 €/rm die geringsten Herstellkosten auf. Es folgen Variante 3 (Schneidspalter) mit 30,97 €/rm sowie, etwas abgeschlagen, Variante 2 (Sägegestell - IL) und Variante 1 (Wippkreissäge) mit 33,64 €/rm bzw. 34,39 €/rm.

²Ergibt sich aus: 0,067 h *10 €/h

Auffällig sind der mit zunehmender Systemleistung abnehmende kalkulatorische Lohnkostenanteil sowie bei Variante 2 (IL) und 3 die deutlich niedrigeren Maschinenkostenanteile.

Abbildung 24: Gegenüberstellung der Herstellkosten der vorgestellten Varianten



Zugrunde liegt eine einfache Transportentfernung von 7,5 km und eine Scheitlänge von 33 cm.

(Quelle: eigene Darstellung)

6.5.2 Gesamtleistung an Scheitholz

Was die Gesamtleistung in rm/d anbelangt, so unterscheiden sich die drei bzw. vier Varianten sehr deutlich (vgl. Tabelle 26). Mit 1.050 $\text{rm}/20\text{d}$ bzw. rund 51 $\text{rm}/2 \text{ Ak}^*\text{d}$ ist Variante 3 am produktivsten. Variante 2 (IL) erreicht mit dem zweitbesten Ergebnis von 495,5 $\text{rm}/20\text{d}$ bzw. 24,78 $\text{rm}/2 \text{ Ak}^*\text{d}$ gerade einmal die Hälfte der Gesamtleistung von Variante 3. (vgl. Tabelle 26)

Neben der reinen Arbeitszeit, die zur Holzgewinnung nötig ist, müssen im Weiteren auch die Rüstzeiten berücksichtigt werden. Denn insbesondere bei einem hohen Mechanisierungsgrad fallen neben dem reinen Bereitstellen der Gerätschaften auch Wartungsarbeiten an, die als Arbeitszeit einkalkuliert werden müssen.

Tabelle 26: Übersicht über die eingesetzte Arbeitszeit und Leistung der Varianten

	Variante 1	Variante 2 (Abraum)	Variante 2 (IL)	Variante 3
Eingesetzte Tage (d)	20	20	20	20
GAZ ¹ /Tag (h/d)	8	8	8	8
Rüstzeiten ² (h/d)	0,75	1	1	1
RAZ ³ /Tag (h/d)	7,25	7	7	7
Leistung-RAZ (rm/Akh)	0,68	1,05	1,77	3,62
Tagesleistung (rm/2 Ak*d)	9,82	14,74	24,78	50,68
Gesamtleistung (rm/20d)	196,5	295	495,5	1.050

¹Gesamtarbeitszeit

²Vorbereitung, An- und Umhängen von Geräten, Wartung

³Reinarbeitszeit = Gesamtarbeitszeit - Rüstzeiten

(Quelle: eigene Berechnung)

6.5.3 Selbstkosten, Gewinn und Gesamtertrag

Die Summe der Herstell-, Lager- und Rüstkosten sowie des Zinsansatzes und der Vertriebskosten führt zu den Selbstkosten, die wiederum den minimalen Marktpreis bilden sollten. Die Rüstkosten setzen sich aus dem Lohnansatz von 10 €/Akh und der jeweiligen Rüstzeit pro Raummeter zusammen. Der Zinsansatz wird auf der Basis von zwei Jahren gebildet, da auch mit dieser Einlagerungszeit gerechnet wird. Tabelle 27 gibt die einzelnen Positionen in €/rm an. Obwohl der Gewinn bei Variante 1 am niedrigsten ist, wird dies durch den hohen Lohnkostenanteil in diesem Verfahren ausgeglichen und führt damit zum höchsten Arbeitsertrag in €/rm. Den höchsten Stückgewinn und einen mit Variante 1 vergleichbaren Arbeitsertrag pro Raummeter weist Variante 2 (Abraum) auf. Die in den Vertriebskosten enthaltene Arbeitszeit pro Raummeter fließt nicht in den Arbeitsertrag ein, da der Vertrieb über Dritte wie z. B. einer Biomassebörse getätigt werden kann.

Tabelle 27: Stückselbstkosten, Stückgewinn und Arbeitsertrag pro Raummeter

	Variante 1	Variante2 (Abraum)	Variante 2 (IL)	Variante 3
Herstellkosten (€/rm)	34,39	29,25	33,64	30,97
Lagerkosten ¹ (€/rm)	0,50	1,50	1,50	1,50
Rüstkosten (€/rm)	1,53	1,36	0,81	0,38
Zinsansatz ² (5%, 2 Jahre)	3,73	3,29	3,68	3,37
Transportkosten zum Kunden ³	5,00	5,00	5,00	5,00
Stückselbstkosten (€/rm)	45,15	40,40	44,63	41,22
Marktpreis (€/rm) (ohne MwSt.)	46,73	46,73	46,73	46,73
Stückgewinn €/rm	1,58	6,33	2,10	5,51
Arbeitsertrag ⁴ (€/rm)	17,86	17,18	8,55	8,55

¹Die Lagerkosten ergeben sich aus der Abdeckung, dem Lagerbehältnis und den Lagerplatzkosten. Sie werden angesetzt mit: Abdeckung = 0,50 €/rm, Lagerbehältnis und Lagerplatz = 1 €/rm. (vgl. Anhang)

²Der Zinsansatz wird von der Summe der Herstell-, Lager- und Rüstkosten gebildet.

³Die Transportkosten werden in Anlehnung an Hartmann/ Madecker (1997, S.18) anstatt mit 8,50 DM/rm mit 5 €/rm beziffert (vgl. Anhang).

⁴Arbeitsertrag pro rm = Summe der kalkulatorisch entlohnnten Arbeitszeit und des Gewinns pro Raummeter
(Quelle: eigene Berechnung)

Im Gesamtarbeitsertrag schneidet Variante 3 mit 8.982 € mit großem Abstand am Besten ab. Begründet liegt dies an der großen Menge von Scheitholz, die mit diesem Verfahren innerhalb der gegebenen Zeit erzeugt werden können.

Tabelle 28: Gewinn, Gesamtertrags und theoretischer Stundenlohn

	Variante 1	Variante2 (Abraum)	Variante 2 (IL)	Variante 3
Gewinn	310,08 €	1.866,87 €	1.038,32 €	5.782,50 €
Gesamtertrags	3.510,08 €	5.066,87 €	4.238,32 €	8.982 €
Entspricht Stundenlohn	10,97 €	15,83 €	13,24 €	28,07 €

(Quelle: eigene Berechnung)

Legt man statt einem regionalen Marktpreis von 50 €/rm (inklusive MwSt.) den durchschnittlichen bayerischen Marktpreis von 53,27 €/rm (ohne MwSt.) zugrunde (vgl. Hartmann/Madecker 1997, S. 55), ändern sich die Werte enorm (vgl. Tabelle 29).

Tabelle 29: Gewinn, Gesamtertrags und theoretischer Stundenlohn bei einem durchschnittlichen Marktpreis von 57 €/rm (inklusive MwSt.) in Bayern

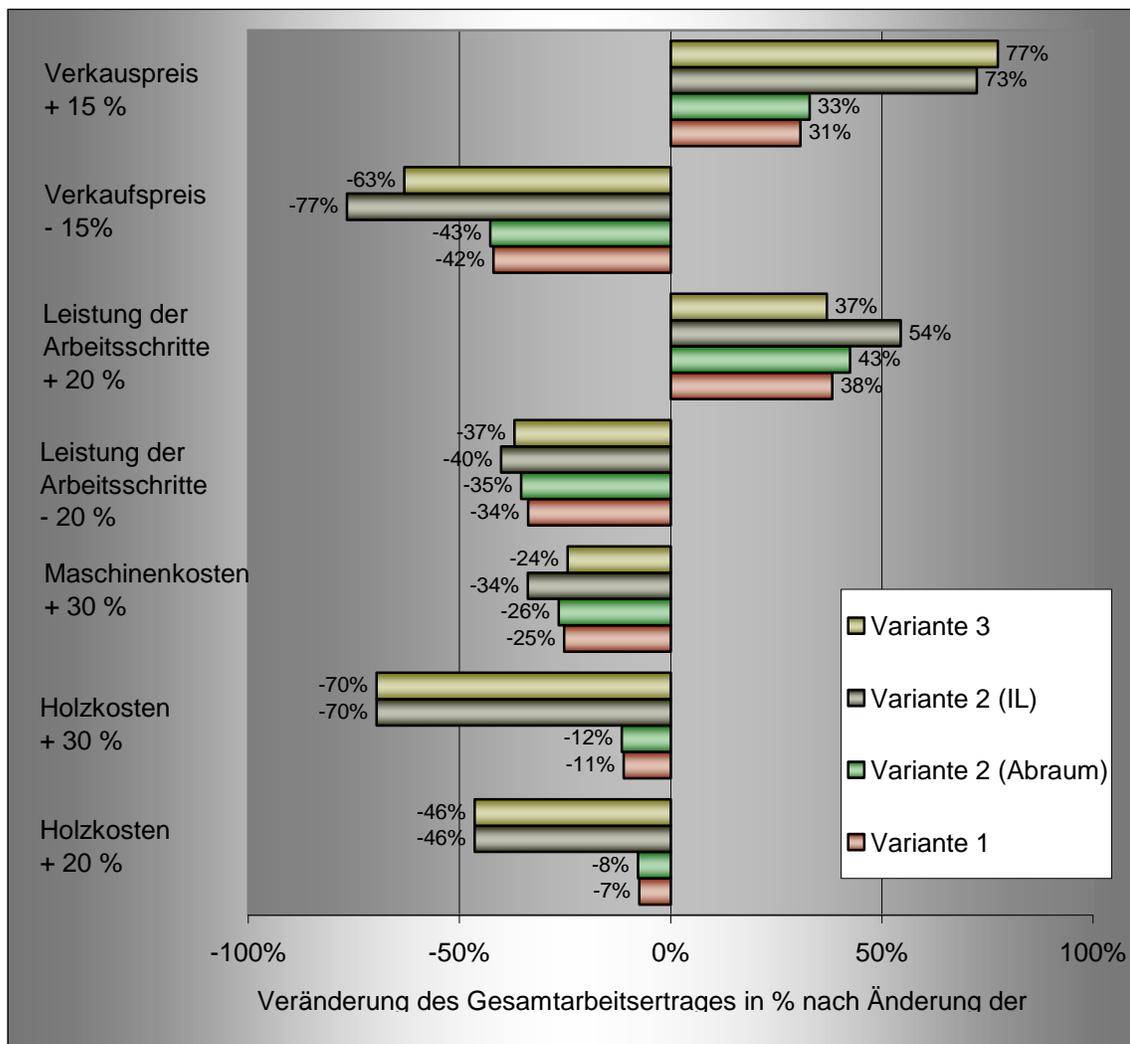
	Variante 1	Variante2 (Abraum)	Variante 2 (IL)	Variante 3
Gewinn	2.328,22 €	4.896,27 €	6.126,95 €	16.566,00 €
Gesamtertrags	5.528,22 €	8.096,27 €	9.326,95 €	19.766,00 €
Entspricht Stundenlohn	17,28 €	25,30 €	29,15 €	61,77 €

(Quelle: eigene Berechnung)

6.5.4 Sensitivitätsanalyse

Variantenvergleiche enthalten immer Kostenbestandteile oder Erfolgsfaktoren, auf die man mehr oder weniger Einfluss hat. Der Sinn nachfolgender Sensitivitätsanalyse liegt deshalb darin, ausgewählte Basisgrößen in einem realistischen Rahmen zu verändern und damit die Stärken und Schwächen der einzelnen Varianten transparenter zu machen sowie beeinflussbare Faktoren auszuweisen (vgl. Abbildung 25).

Abbildung 25: Sensitivitätsanalyse – Auswirkungen der Änderung ausgewählter Faktoren auf den Gesamtertrag



Datengrundlage: Transportentfernung 7,5 km; Scheitlänge 33 cm;

(Quelle: eigene Berechnungen)

Aus Abbildung 25 wird ersichtlich, dass dem Verkaufspreis größte Bedeutung zukommt. Eine Veränderung des Verkaufspreises um 15 % wirkt sich über den höheren Stückgewinn vor allem bei den leistungsfähigeren Varianten 2 (II) und 3 aus. Damit ist klar, dass der Preisgestaltung insbesondere in diesen Verfahren größtmögliche Beachtung zu schenken ist.

Eine um 20 % erhöhte Verfahrensleistung, wie sie beispielsweise durch bessere Arbeitsbedingungen (u. a. mittlerer Holzdurchmesser, Polterkonzentration bzw. Konzentration des Abraums, keine beengenden Verhältnisse oder gute Zugänglichkeit) zu erreichen ist, wirkt sich stärker auf den Gesamtertrag aus als eine Leistungsschmälerung um denselben Betrag. Allerdings ist eine derartige Leistungssteigerung sehr schwierig zu erreichen. Denn alleine um Leistungsverluste herbeizuführen, bedarf es nur einem kleinen Defekt, und wenn es ein gebrochener Sappistiel, schlechtes Wetter oder eben schlechte Arbeitsbedingungen sind. Der Scheitholzwerber sollte deshalb sehr auf eine intakte Ausrüstung und bestmögliche Organisation der Arbeitsabläufe achten. Gerade Selbstwerber sollten außerdem vor der Zusage die Arbeitsbedingungen im Schlag in Augenschein nehmen.

Die Maschinenkosten wurden in der Sensitivitätsanalyse um 30 % angehoben. Dies soll vor allem eine niedrigere Auslastung der Maschinen simulieren. Denn die Maschinenkosten steigen – speziell bei Eigenmechanisierung - durch eine niedrigere Auslastung. Reduziert sich beispielsweise der Einsatz des Horizontalspalters von 150 auf 100 Maschinenarbeitsstunden (MAS), steigen dessen Maschinenkosten um 30 %. Auffällig ist, dass die vollmechanisierte und maschinenintensive Variante 3 am Wenigsten anfällig gegen eine Verteuerung der Maschinenkosten ist. Begründet liegt dies in den niedrigen Maschinenkostenanteilen pro Raummeter (vgl. Abbildung 24). Eine höhere Maschinenauslastung verhält sich gleich - nur eben ins Positive - und erhöht damit den kalkulatorischen Gewinn.

Die letzte Basisgröße, die verändert wurde, sind die Kosten des Holzrohmaterials. Der Holzpreis schwankt sowohl im Zeitablauf als auch inner- und interregional. Um diese Preisschwankungen ausreichend zu berücksichtigen, wurden die Preise in der Sensitivitätsanalyse einmal um 20 % und einmal um 30 % angehoben. Insbesondere die Varianten 2 (II) und 3 reagieren sehr empfindlich auf Preisschwankungen, weil das höhere Preisniveau für Indus-

tricholz bei prozentualen Preisänderungen stärkere Auswirkungen auf den Stückgewinn hat. Über die höhere Leistung beider Systeme schlägt sich dies entsprechend auf den Gesamtgewinn und damit auf den Gesamtertrag nieder. Die Senkung der Rohholzpreise um 20 % bzw. 30 % wirkt sich analog, nur mit umgekehrten Vorzeichen, auf den Arbeitsertrag aus.

Generell lässt sich sagen, je sensibler die Reaktionen auf eine Veränderung der Parameter ausfallen, desto kritischer ist dies zu beurteilen. Insbesondere bei den Schwankungen der Holzpreise sowie der erzielbaren Marktpreise, die man nur bedingt beeinflussen kann, macht sich dies sehr stark bemerkbar - bei einem hohen Verkaufspreis positiv, bei einem niedrigeren negativ. Die extremen Ausschläge, vor allem von Variante 2, werden durch die knappe Stückgewinne begünstigt.

6.6 Schlussfolgerung

Kapitel 6 gibt alles in allem einen Überblick über die Möglichkeiten und Varianten sowie über die spezifischen Verfahrensabläufe bei der Scheitholzbereitstellung. Leistungen und Kosten sowie die beeinflussbaren Erfolgsfaktoren wurden erfasst. Im Ergebnis zeigt sich, dass alle drei Varianten unter den Modellbedingungen einen Gesamtertrag erwirtschaften, der über den angesetzten Lohnansatz hinausgeht. Jede Variante hat deshalb ihre Berechtigung, keine ist von vorneherein abzulehnen. Eine besondere Abhängigkeit der Wirtschaftlichkeit besteht hinsichtlich der aktuellen Holzpreise sowie im Hinblick auf die erzielbaren Marktpreise. Bevor weiterführende Bewertungen und Empfehlungen abgeleitet werden, sollen zunächst die spezifischen Vor- und Nachteile der einzelnen Varianten tabellarisch gegenüber gestellt werden (vgl. Tabelle 29).

6.6.1 Vor- und Nachteile der vorgestellten Varianten

Tabelle 30: Vor- und Nachteile der vorgestellten Varianten

Variante 1	Variante 2 (Abr.)	Variante 2 (IL)	Variante 3
niedrigster Investitionsbedarf (5.240 €)	hoher Investitionsbedarf (14.800 €)		sehr hoher Investitionsbedarf (20.100 €)
Maschinen sind oft schon im eigenen Besitz	Maschinen müssen neu angeschafft werden		
kleine Schlepper sind ausreichend	hohe Anforderung an Schlepper und Ausstattung (Schlepper ca. 66 kW mit Frontlader)		
geringe Systemleistung (0,7 rm/Akh)	mittlere Systemleistung (1,1 rm/Akh)	hohe Systemleistung (1,8 rm/Akh)	sehr hohe Systemleistung (3,8 rm/Akh)
niedrigste Vorleistungen (Holz ca. 1.200 €)	niedrige Vorleistungen (Holz ca. 1.800 €)	hohe Vorleistungen (Holz ca. 9.000 €)	sehr hohe Vorleistungen (Holz ca. 23.000 € inkl. Transport)
geringes Risiko, da ein hoher Anteil an den Selbstkosten kalkulatorische Lohnkosten darstellen		sehr hohes Risiko	hohes Risiko
höchster Arbeitsertrag pro Raummeter (17,86 €/rm)	hoher Arbeitsertrag pro Raummeter (17,18 €/rm)	mittelmäßiger Arbeitsertrag pro Raummeter (8,55 €/rm)	
geringer Gesamtgewinn (310 €)	mittlerer Gesamtgewinn (ca. 1.870 €)	mittlerer Gesamtgewinn (ca. 1.040 €)	höchster Gesamtgewinn (5.780 €)
niedriger Gesamtarbeitsertrag (3.510 €)	mittlerer Gesamtarbeitsertrag (5.070 €)	mittlerer Gesamtarbeitsertrag (4.240 €)	höchster Gesamtarbeitsertrag (8.980€)
flexibel	sehr flexibel durch Umschalten zwischen Abraum und IL, je nach Marktlage.; dadurch sind bei der IL-Aufbereitung unter günstigen Bedingungen deutlich höhere Gewinne realisierbar		weniger flexibel, zur Not kann aber auch Abraum aufgearbeitet werden
für Dienstleistungen zu leistungsschwach	sehr gut für Dienstleistungen (v. a. zum Lohnsägen) zu gebrauchen		gut zu Dienstleistungen zu gebrauchen (Problem: es kann wenig Eigenleistung einfließen)
geringer Lagerbedarf		hoher Lagerbedarf	höchster Lagerbedarf
geringerer Organisationsaufwand		sehr hoher Organisationsaufwand: <ul style="list-style-type: none"> • großer Kundenstamm erforderlich (bei 5 rm/Kunde 100 bzw. 200 Kunden!) • hoher zusätzlicher Zeitbedarf für Verkauf (≈1 h/Kunde→100 bzw. 200 Akh!) 	
sehr hohe körperliche Belastung	hohe körperliche Belastung (kann aber durch weitere Hilfsmittel auf ein erträgliches Maß reduziert werden)		niedrige körperliche Belastung
	ist ein eindeutiger Vorteil		
	nimmt eine Mittelstellung ein		
	ist ein eindeutiger Nachteil		

(Quelle: eigene Darstellung)

6.6.2 Wann lohnt sich die Scheitholzwerbung für die Landwirtschaft?

Hintergrund der regionalen Analyse war die Annahme, dass in der Untersuchungsregion ein hohes Potential an Energieholz existiert. Dies konnte in der näheren Betrachtung bestätigt werden. Dieses Potential bietet bei Ausweitung der Nutzung und Zunahme der Nachfrage eine Chance für die Land- und Forstwirtschaft. Insbesondere da die Buchführungsabschlüsse der landwirtschaftlichen Haupterwerbsbetriebe der letzten Jahre (vgl. Tabelle 12) zeigen, dass die Betriebe im Untersuchungsgebiet im Durchschnitt mit knapp 25.000 € zeitraumechten Gewinns kein ausreichendes Einkommen aus der Landwirtschaft erzielen. Im Jahr 2003 lag das Mittel sogar nur knapp über 16.600 €. Dies verdeutlicht die katastrophale Lage der Rhöner Landwirte: Ohne weitere Einkommensquellen wird sich die ohnehin sehr hohe Betriebsaufgaberrate in der Region fortsetzen.

Allerdings kann die Scheitholzbereitstellung kein Allheilmittel sein. Denn obwohl die in der Modellkalkulation ermittelten Beiträge zur Verbesserung der Einkommenssituation der Landwirtschaft beitragen können, reichen sie für die Mehrzahl der Betriebe nicht für eine zukunftsorientierte Existenzsicherung. Um die Scheitholzgewinnung wirtschaftlich betreiben zu können, müssen zudem einige Bedingungen erfüllt sein.

Vor allem die finanzielle Situation der Betriebe ist eine grundlegende Voraussetzung zum Aufbau eines weiteren Standbeins. Zu Beginn der Unternehmung müssen Geräte, Maschinen und das Holz finanziert werden. Diese anfallenden Kosten variieren in Abhängigkeit von gewünschtem Einkommensziel und angestrebter Holzmenge. Beispielsweise liegen die Investitionen für Variante 3 bei rund 20.000 € und die Vorleistungen für Holz bei 23.000 €/a. Kann innerhalb der ersten zwei Jahre noch kein Holz abgesetzt werden (u. a. wegen der Trocknungszeit), so summiert sich der gesamte Finanzierungsbedarf auf 66.000 €, bei einer einjährigen Lagerzeit ergibt sich immerhin noch ein Finanzierungsbedarf in Höhe von 43.000 €. Damit profitieren in erster Linie die finanzkräftigen landwirtschaftlichen Betriebe. Für die Meisten wird es jedoch schwer, sich in der Scheitholzbereitstellung eine vollwertige – über ein kleines Nebeneinkommen hinausgehende – Einkommensquelle zu schaffen. Gerade die Betriebe, die besonders auf ein zusätzliches Einkommen angewiesen sind, können diese

Investitionen nicht leisten. Allenfalls können sie dies durch einen höheren Zeiteinsatz ausgleichen.

Neben der betriebsinternen Situation stellt außerdem das begrenzte regionale Marktvolumen ein Hemmnis dar. Ohne die Erschließung überregionaler Märkte werden sich nur wenige Landwirte mit der Scheitholzbereitstellung ein neues Standbein aufbauen können. Dennoch stellt diese zumindest ein interessantes Nebeneinkommen oder willkommenes Zubrot dar.

Nachfolgend sind weitere Aspekte aufgelistet, die den wirtschaftlichen Erfolg der Scheitholzwerbung positiv beeinflussen können. Demnach lohnt sich diese stärker:

- bei eigenem Waldbesitz,
- je kürzer die Transportentfernungen zwischen Wald und Lager sind,
- bei ausreichender Erfahrung in der Scheitholzwerbung,
- bei bereits vorhandener Grundausstattung an Maschinen,
- wenn bereits ein – wenn auch kleiner - Kundenstamm vorhanden ist,
- wenn ein Lagerplatz vorhanden oder kostengünstiger zu schaffen ist,
- wenn man selbst Scheitholz benötigt sowie
- bei ausreichend frei verfügbarer Zeit; es muss jedoch auch immer die Zeit für den Vertrieb des Holzes berücksichtigt werden; dieser findet überwiegend im Herbst bzw. Frühjahr statt; als Faustzahl sollte man pro Raummeter ca. 12 Minuten Vertriebszeit einplanen.

Der Einsatz von Variante 1 lohnt sich vor allem:

- bis zu einer Absatzmenge von ca. 120 rm/a,
- bei wenig Zeit, weil sich dann der Kauf der teuren Maschinen nicht lohnt;
- um langsam in das Brennholzgeschäft einzusteigen und sich zunächst mit geringem Risiko einen Kundenstamm aufzubauen;
- wenn das Investitionskapital für Maschinen und Vorleistungen fehlt oder
- wenn man hochpreisige Absatzmöglichkeiten besitzt, diese aber nicht ausweiten kann.

Der Einsatz von Variante 2 lohnt sich vor allem:

- bis zu einer Absatzmenge von 300 rm/a,
- um damit sehr flexibel auf den Holzmarkt und/oder die Nachfrage reagieren zu können oder das Risiko durch niedrige Vorleistungen zu minimieren; je nach Marktsituation kann man hier leistungsfähig Abraum oder IL aufarbeiten;
- wenn man mittels der hier erreichbaren hohen Sägeleistung Lohnsägen als Dienstleistung betreiben will oder
- wenn man die notwendigen Investitionen zeitlich versetzt tätigen kann (z.B. Spalter vorhanden - dann Sägegestell – irgendwann leistungsfähigeren Spalter).

Der Einsatz von Variante 3 lohnt sich vor allem, wenn man:

- professionell in das Geschäft einsteigen will;
- genügend Zeit aufbringen kann; sowohl für den Vertrieb der großen Menge an Holz, als auch, um die Maschinen stärker auszulasten;
- Vermarktungsgeschick und Organisationstalent besitzt;
- bereits einen Kundenstamm besitzt, aber plant diesen auszuweiten;
- Dienstleistungen anbieten möchte,
- Nähe zu einem ausreichend großen Markt besitzt und/oder
- Wert auf eine hohe Ergonomie legt sowie
- bei einer Absatzmenge größer 300 rm/a.

6.6.3 Empfehlungen zur Vermarktung

Hat man sich zum Scheitholzvertrieb entschlossen, kommt insbesondere der Vermarktung des Scheitholzes eine große Bedeutung für eine erfolgreiche und gewinnorientierte Unternehmung zu, vor allem vor dem Hintergrund des sehr heterogenen, kleinteiligen und wenig transparenten Scheitholzmarktes. Die Vielzahl an Anbietern ist dabei ebenso wenig verbrauchergerichtet, wie die uneinheitlichen Bezugseinheiten (u. a. rm, srm), Preise und Qualitäten bei Scheitholz. Alles in allem trägt dies kaum zur Besserung des Images und zur Ausweitung der Scheitholznutzung bei. (vgl. Wagner/Wittkopf 2001, S. 65)

Zur Herstellung einer stärkeren Kunden- und Dienstleistungsorientierung sowie der notwendigen Markttransparenz ist ein erfolgreiches Marketing vonnöten. Dieses basiert auf den vier Säulen des Marketing-Mixes: der Produkt-, Preis- Distributions- sowie der Kommunikationspolitik. (vgl. Wagner/Wittkopf 2001, S. 65)

Produktpolitik

Die Produktpolitik umfasst die Festlegung und Variation der Produkteigenschaften (z.B. Scheitholz in verschiedenen Längen, Feuchtigkeitsgehalt). Unbedingt zu achten ist dabei auf die Qualität des Holzes.

Nachstehend sind wesentliche Qualitätseigenschaften aufgezählt:

- gesundes Holz mit hohem Heizwert,
- sortenreines, hochwertiges Holz,
- exakt gesägtes und
- gleichmäßig gespaltene Holz sowie
- sauberes und trockenes Holz ohne Schimmel. (vgl. Top Agrar 2000, S. 11)

Neben den Qualitätseigenschaften des Holzes sind auch die Liefermengen relevant. Für den Anbieter ist es dabei grundsätzlich sinnvoll, eine Mindestabsatzmenge festzulegen. Auf Kundenwunsch sollte jedoch – gegen Aufpreis - auch die Lieferung von kleinen Mengen möglich sein. (vgl. Top Agrar 2000, S. 11)

Preispolitik

Die Preispolitik besteht aus der Festlegung der Preise, inklusive fester Bezugseinheiten, der Festlegung der Preissprünge zwischen den Produktgruppen und der Gestaltung der Zahlungsbedingungen. (vgl. Wagner/Wittkopf 2001, S. 65) Wie aus der vorangegangenen Sensitivitätsanalyse deutlich wurde, ist gerade bei höher mechanisierten Verfahren der erzielte Marktpreis äußerst bedeutsam für den Gewinn. Es ist folglich darauf zu achten, dass das Scheitholz nicht über einen zu niedrigen Preis abgesetzt wird (Niedrigpreisstrategie). Statt dessen sollte ein höherer Preis erzielt werden, der durch Zusatzleistungen wie Service oder erstklassige Qualität gerechtfertigt ist.

Hier hat, wie bereits angedeutet, die Aufarbeitung von IL gegenüber Abraum einen Vorteil. Holz ohne Rundmaterialanteil lässt sich besser absetzen und rechtfertigt den höheren Preis.

Distributionspolitik

Im Rahmen der Distributionspolitik gestaltet man das Vertriebssystem, beispielsweise die Lieferung frei Haus, frei Waldstraße oder von einem zentralen Lagerplatz. (vgl. Wagner/Wittkopf 2001, S. 65) Der Standortwahl kommt somit eine große Bedeutung zu, sowohl bei Selbstabholung der Kunden als auch bei Lieferung. Der Standort sollte sowohl überregional als auch lokal gut erreichbar und ausgeschildert sein. Die Untersuchungsregion ist bekanntlich an bedeutende Bundesautobahnen gut angeschlossen. Ein weiterer Aspekt, auf den bei der Gestaltung der Lieferung unbedingt zu achten ist, ist die Einhaltung der Liefertermine. (vgl. Top Agrar 2000, S. 11) Für den Anbieter ist es außerdem ratsam, eine Mindestabnahme festzusetzen sowie bei weiten Entfernungen schnelle Fahrzeuge einzusetzen. (vgl. Wagner/Wittkopf 2001, S. 65 Top Agrar 2000, S. 11)

Kommunikationspolitik

Die Kommunikationspolitik bildet schließlich das Marketing im engeren Sinn (Werbung, Verkaufsförderung, Public Relations). Insbesondere auch die Kontaktpflege zu den Kunden ist dabei relevant. (vgl. Top Agrar 2000, S. 11)

In den letzten Jahren sind einige interessante Konzepte zur Professionalisierung der Scheitholzvermarktung entstanden, so zum Beispiel das Brennholz-Depot Obermayer in Sachsen-Volkersdorf (Mittelfranken) oder der Biomassehof Kempten. Bei dem Brennholz-Depot Obermayer handelt es sich um einen Landwirt, der in der landwirtschaftlichen Produktion keine Perspektive mehr sah. Heute stellt er als Selbstwerber Scheitholz her und verkauft dies, nachdem es zwei Jahre in einer Halle getrocknet wurde. (vgl. Wagner/Wittkopf 2001, S. 70 f.) Ebenso stellt der 1999 eröffnete Biomassehof Kempten professionell Scheitholz und Hackschnitzel her. Er beliefert neben privaten Haushalten das Heizkraftwerk Kempten-Ursulasried. (vgl. Wagner/Wittkopf 2001, S. 67 f.)

Auch die beiden Landkreise Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld planen den Aufbau einer „Energieholzbörse Bayerische Rhön“ Weiterhin beginnt im Januar 2005 die „Maschinenring Rhön - Spessart - Main GmbH“ mit der Vermarktung von Scheitholz. (vgl. <http://www.maschinenring-gmbh.de>, Zugriff am 14.11.2004; Kurzinterview mit Geschäftsführer Rudi Weber) Beides kann für Anbieter und Verbraucher viele Vorteile bringen. Die regionalen Anbieter können ihr Holz über diese Börse absetzen. Durch klare Qualitätskriterien, einheitliche Mengen- und Bezugseinheiten sowie durch eine einheitliche Preisgestaltung wird der Markt transparenter und verbraucherfreundlicher. Über den Maschinenring können die Scheitholzerwerber zudem gering ausgelastete Scheitholztechnik verleihen oder Dienstleistungen anbieten (z.B. Lohnsägen).

7 Effekte und Resultate der Energieholznutzung für die Region „Bayerische Rhön“

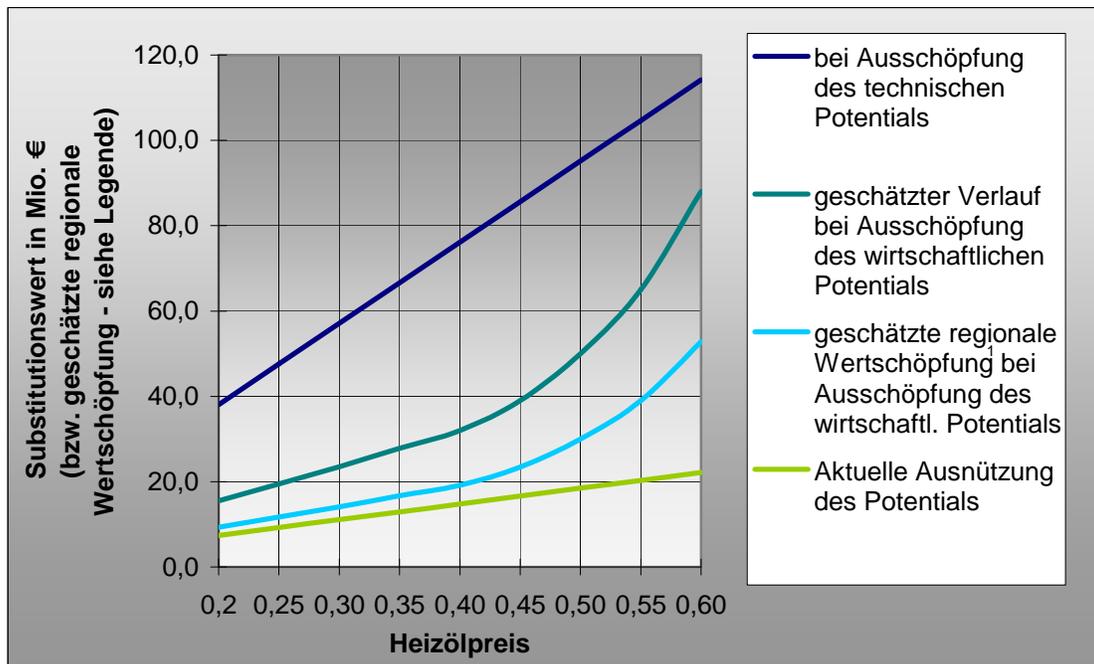
Der verstärkte Einsatz heimischen Energieholzes bringt nicht nur unmittelbar dem Scheitholzwerber Vorteile, sondern wirkt sich bekanntlich positiv auf die Umwelt (vgl. Kapitel 3.3) sowie auf die ökonomische Situation der gesamten Region aus. Wesentliche Aspekte hierzu werden im Anschluss erläutert.

7.1 Ökonomische Auswirkungen auf die Region

Mit dem Aufbau einer regionalen Energieversorgung mindert sich zunächst die Abhängigkeit vom Ölmarkt und den damit verbundenen negativen Auswirkungen (u. a. Preiserhöhungen, internationale Energiekrisen, Energieverknappung). Auch die Abhängigkeit von den international operierenden Energiekonzernen sinkt. (vgl. Holzabsatzfonds 2003, S. 11, FNR 2000, S. 41 f.) Mit der Verringerung der Abhängigkeit ist gleichzeitig eine Erhöhung der Versorgungssicherheit verbunden. Insbesondere der Biomasse kommt dabei unter den regenerativen Energieträgern die größte Bedeutung zu, weil sie im Gegensatz zu Wind- und Sonnenenergie eine kontinuierliche Versorgung gewährleistet. (vgl. FNR 2000, S. 42)

Weiterhin werden durch den Einsatz von holzartiger Biomasse im Untersuchungsraum bereits heute ca. 37 Mio. Liter Heizöl ersetzt. Ausgehend von einem Heizölpreis von 0,45 €/l entspricht dies 16,6 Mio. €, die nicht aus der Region abfließen. Einen Überblick über den aktuell ersetzten und den potentiell ersetzbaren monetären Betrag, der durch den Ersatz von Heizöl zu den jeweiligen Marktpreisen mit holzartiger Biomasse erreicht wird, liefert Abbildung 26. Das wirtschaftliche Potential nähert sich mit steigendem Ölpreis dem technischen Potential an. Stichpunktartige Überprüfungen der Untersuchung von Wagner/Wittkopf 2001, ergaben, dass das technische Potential bei einem Ölpreis von 0,60 €/l nahezu ausgeschöpft wäre. Beispielsweise überträfe dann der Deckungsbeitrag pro Festmeter bei thermischer Nutzung den der konkurrierenden stofflichen Nutzung großer Teile des Industrieholzes und des Industrierestholzes (Wagner/Wittkopf 2001, S. 31). Diese Betrachtung ist jedoch eher spekulativ, da sich unter derartigen Voraussetzungen (Ölpreis = 0,60 €/l und Holzeinschlag von 7,7 Efm/(ha*a) die gesamten Marktverhältnisse neu ordnen würden.

Abbildung 26: Substitutionswert von Energieholz zu Heizöl und geschätzte regionale Wertschöpfung in Mio. € in Abhängigkeit vom Heizölpreis



¹60 % der Betriebskosten für Ölheizungen (vgl. Holzabsatzfond 2003, S. 10)

(Quelle: eigene Berechnung)

Weiterhin profitieren neben der Land-, Forst- und Holzwirtschaft auch lokale und regionale Handwerksbetriebe. Denn die Errichtung von Heizungsanlagen, Wärmeleitungen oder Hack-schnitzsilos wird von lokalen Unternehmen ausgeführt. Auch dieses Geld verbleibt zu einem hohen Anteil in der Region und leistet demnach einen Beitrag zur wirtschaftlichen Stabilisierung im ländlichen Raum. (vgl. Holzabsatzfonds 2003, S. 10) Eine Untersuchung des schweizerischen „Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft“ stellte fest, „dass durch die Umstellung der Energieversorgung von Öl auf Holz ca. 60 % der jährlichen Kosten, die bisher für den Einkauf des Energieträgers Öl aufzuwenden sind, zukünftig im Lande verbleiben und der Binnenwirtschaft zur Verfügung stehen und dass vor allem durch die energetische Nutzung von Holz gegenüber Ölheizungen sechsmal soviel Geld in der Region verbleibt.“ (Holzabsatzfond 2003, S.10, zit. nach BUWAL 1991)

Mit der Sicherung der Arbeitsplätze in der Land-, Forst- und Holzwirtschaft sowie in den regionalen Handwerksbetrieben werden weitere Arbeitsplätze gesichert und die Investitionstätigkeit angeregt, und das bei gleich bleibenden Wärmekosten für die Verbraucher (gegenüber den fossilen Energieträgern). Denn unabhängig von den vergleichsweise hohen Investitionen in die Scheitholz-Heizungstechnik kostet beispielsweise der Brennstoff Buchenscheitholz bei 50 €/rm frei Hof verglichen mit Heizöl nur 0,24 €/l. Die Kosten für die bereitgestellte Wärme fließen in die Löhne und Gehälter der Holzwirtschaft und der beteiligten Unternehmen, wo sie Kaufkraft und Nachfrage bewirken. (vgl. Holzabsatzfonds 2003, S. 10, FNR 2000, S. 46) Das Schweizerische Bundesamt hat diesbezüglich festgestellt, „dass durch einen Holzwärmeverbund gegenüber Ölheizungen ca. acht mal so viele Arbeitsplätze in der Region benötigt werden.“ (vgl. Holzabsatzfond 2003, S 10 zit. nach BUWAL 1991)

7.2 Sozialpolitische Aspekte

Mit den genannten ökonomischen Aspekten hängen unmittelbar positive sozialpolitische Effekte zusammen. Insbesondere sind Ausstrahlungen auf die Steigerung der Existenzsicherung im ländlichen Raum, auf den Erhalt der Kulturlandschaft sowie auf das Image der Landwirtschaft zu erwähnen. Alles in allem wirkt dies der Abwanderung der Bevölkerung im ländlichen Raum entgegen. (vgl. FNR 2000, S. 43)

Dass die Bereitstellung regenerativer Energien eine alternative Einkommensquelle bzw. eine Existenzsicherung für landwirtschaftliche Betriebe sein kann, ist bekannt und war Grundanliegen dieser Arbeit. Der Landwirtschaft bieten sich hier Möglichkeiten, sich aus der Abhängigkeit vom internationalen Agrarmarkt mit seinen Preisschwankungen zu lösen und ihre betriebliche Ausrichtung zu diversifizieren. Zugleich kann sie damit das eher negative Image, das ihr in einigen Bevölkerungskreisen anhaftet (u. a. zu hohe Subventionen, Umweltverschmutzung) bereinigen. Denn die Nutzung heimischer Energieträger kann die regionale Identität und damit auch das Image der Landwirtschaft steigern und verbessern. Durch die Stärkung einer aktiven Landwirtschaft wird außerdem ein wichtiger Beitrag zum Erhalt der Kulturlandschaft geleistet. Gerade für die strukturschwache Rhön ist dies von Bedeutung. Denn die unvergleichliche Kulturlandschaft der Rhön gilt als wesentlicher Tourismusfaktor.

Sollte diese Landschaft mit dem Rückgang der Landwirtschaft nicht mehr gepflegt werden, würde dies massive Einbußen im Tourismus mit sich bringen. (vgl. FNR 2000, S. 43 ff.)

7.3 Ökologische Aspekte

Die ökologischen Vorteile holzartiger Biomasse im Vergleich zu den fossilen Energieträgern sind im Wesentlichen bereits in Kapitel 3.3 genannt worden (u. a. geringe Schwefeldioxidemissionen, ausgeglichene CO₂-Bilanz, vergleichsweise positive Energiebilanz, nachwachsender Rohstoff). Beispielsweise reduzieren sich durch den derzeitigen Anteil an Holzenergie am Primärenergieverbrauch der Untersuchungsregion von 378,65 GWh/a (vgl. Anhang Tab. 5) die CO₂-Emissionen³ um 97.100 t, das entspricht einer Reduktion schadhafter Ausstöße um 8 %. Würde das technische Energieholzpotential ausgeschöpft, ließen sich bis zu 487.500 t CO₂ vermeiden, was 41 % geringeren Ausstößen entspräche. Dabei sollte noch berücksichtigt werden, dass bei der thermischen Verwertung von holzartiger Biomasse vergleichsweise niedrige CO₂-Minderungskosten entstehen (vgl. Heißenhuber/Berenz ; <http://download.dlg.org/pdf/>, S. 19, Zugriff am 26.11.04).

Darüber hinaus sichert die Energieholzgewinnung die Pflege und Erhaltung der Wälder. Es ist aber darauf zu achten, dass dem Waldökosystem keine Schäden zugefügt werden (u. a. durch Verbleib auf den Rückegassen und sachgemäßen Einsatz von Seilwinden). Bei der Berechnung des theoretischen Potentials wurde zudem berücksichtigt, dass aus ökologischer Hinsicht neben dem Laub, den Nadeln sowie den Fruchtständen auch ein gewisser Totholzanteil im Wald verbleiben muss. Selbst bei der Entnahme von 7,7 fm/(ha*a) ist der Wald deshalb keineswegs „leergefegt“.

³ Unter der Annahme, dass diese Menge an Holzenergie im bisherigen Verhältnis von Gas (26%) zu Heizöl (74%) ersetzt wird; Faktoren für die Berechnung der CO₂-Emissionen – Erdgas: 0,19 kg (CO₂)/kWh; Heizöl: 0,28 kg(CO₂)/kWh

7.4 Zusammenfassung

Eine verstärkte Energieholznutzung ist mit vielen positiven Effekten verbunden. Neben den ökologischen Vorteilen geht vor allem eine Stärkung der regionalen Ökonomie und Sozialstrukturen einher. Der ländliche Raum wird dadurch insgesamt gestärkt und gewinnt für die Zukunft ein neues wirtschaftliches Standbein.

8 Synthese und Ausblick

Vor dem Hintergrund der politisch geförderten Ausweitung der Nutzung regenerativer Energien und der hierzu erläuterten Vorteile und Hemmnisse, liefert die vorliegende Analyse des regionalen Fallbeispiels „Bayerische Rhön“ bedeutende Erkenntnisse hinsichtlich der vorhandenen Energieholzpotentiale in der Untersuchungsregion sowie zum regionalen Scheitholzmarkt. Darüber hinaus konnten in einer Modellkalkulation drei alternative Scheitholzbereitstellungsverfahren gegenübergestellt werden. Damit sind neben den Selbstkosten und den erzielbaren Gesamterträgen mittels der Sensitivitätsanalyse auch die wesentlichen Erfolgsfaktoren transparent gemacht worden. Alles in allem konnte aus den gewonnenen Ergebnissen eine Aussage darüber getroffen werden, ob und unter welchen Voraussetzungen es sich insbesondere für die Landwirtschaft in dieser Grenzertragsregion lohnt, in der Scheitholzwerbung und –vermarktung ein zusätzliches Standbein aufzubauen. Da von einer verstärkten Nutzung bisher unausgeschöpfter Energieholzpotentiale nicht nur die Vermarkter selbst profitieren, wurden schließlich auch die Effekte und Auswirkungen auf die gesamte Region näher beleuchtet.

Die wesentlichen Ergebnisse dieser Analyse werden in diesem letzten Kapitel nochmals zusammengefasst. Abschließend erfolgt noch ein kurzer Ausblick auf die in diesem Zusammenhang wünschenswerten Entwicklungen für die Zukunft.

8.1 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse

Die beiden Rhön-Landkreise Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld sind ein vergleichsweise walddreiches Gebiet. Dementsprechend hoch fallen hier die ermittelten Energieholzpotentiale aus. Sie liegen weit über der momentanen Nachfrage und bieten darüber hinaus die Möglichkeit, „Rhöner Energieholz“ in umliegende Regionen zu exportieren. Überraschend hoch war dabei das Industrierestholzpotential. Das Landschaftspflegeholzpotential fiel trotz des Hecken- und Struktureichtums im Untersuchungsgebiet hinter die Erwartungen zurück.

Im Vergleich zu Deutschland (0,95 %) und Bayern (2,47 %) ist der momentane Anteil der Holzenergie am Primärenergieverbrauch (ohne Verkehr) in der Untersuchungsregion von 6,7% (378,6 GWh/a bzw. 1.360 TJ/a) bereits beachtlich. Bei Ausnutzung des wirt-

schaftlichen Potentials könnten beim aktuellen Einschlag von 4,4 Efm/(ha*a) insgesamt 12 %, bei Ausweitung des Einschlags auf 7,7 Efm/(ha*a), 22 % gedeckt werden. Mit dem technischen Potential ließen sich sogar 33 % des Primärenergieverbrauches decken. Diese Potentialangaben müssen jedoch mit Einschränkungen versehen werden. Beispielsweise sind viele private Waldbesitzer verzogen oder haben kein Interesse an ihrem Wald, so dass deren Holz ungenutzt im Wald verbleibt. Auch ökologische Restriktionen (z.B. Naturschutzgebiete) begrenzen das vorhandene Potential.

Die privaten Haushalte der Untersuchungsregion deckten im Jahr 1997 3,9 (Min.) – 5,1 % (Max.) ihres Verbrauchs mit dem Energieträger Holz. Dies entspricht einer Menge an Scheitholz von 42.500 – 56.700 m³/a. Zukünftig dürfte noch mit einer Steigerung des Energieholzkonsums zu rechnen sein. Dazu tragen u. a. die zahlreichen Förderprogramme des Bundes und der Länder zum Einsatz regenerativer Energien, die Bundesimmissionsschutzverordnung sowie als Auslöser der hohe und vor allem unsichere Ölpreis des letzten Jahres bei. Momentan ist neben den mechanisch beschickten Anlagen vor allem bei den Zweitwärmequellen wie Schweden- und Specksteinöfen eine zunehmende Nachfrage zu verzeichnen.

Was die Anbieterstruktur in der Untersuchungsregion anbelangt, so gestaltet sich diese mit einer Vielzahl heterogener Anbieter sehr unübersichtlich. Bei den ausgewerteten Zeitungsannoncen handelte es sich überwiegend um Klein- und Kleinstanbieter, die in der Regel über eine mittlere bis niedrige Preisstrategie Scheitholz anbieten. Darüber hinaus beliefern zwei regionsexterne Anbieter den regionalen Markt. Der gemittelte regionale Scheitholzpreis für 33 cm-Scheite beträgt 50 € (inklusive MwSt.). Problematisch ist, dass die momentanen Preise für die Kunden oft untereinander nicht vergleichbar sind, weil sie sich auf unterschiedliche Bezugsgrößen (m³/srm), Qualitäten, Feuchtigkeitsgehalte und Scheitgrößen beziehen. Alles in allem ist dies wenig verbraucherfreundlich. Einen Ansatz zur Schaffung der Vergleichbarkeit und der notwendigen Transparenz stellen regionale Energieholz- oder Biomassebörsen dar. Auch in den Landkreisen Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld soll eine solche entstehen. Für den Landwirt bietet sich damit als Anbieter von Scheitholz eine zentrale Absatzstelle.

In der Diplomarbeit wurden weiterhin drei unterschiedliche Scheitholzbereitstellungsverfahren untersucht und gegenübergestellt. Ein zentrales Ergebnis ist, dass alle drei Verfahren unter den Modellbedingungen einen Arbeitsertrag erwirtschaftet haben, der über den Lohnansatz hinausgeht. Dieser Beitrag kann im Vergleich zu den Buchführungsabschlüssen (Haupterwerbsbetriebe) der Agrarregion Rhön/Spessart außerordentlich hoch sein. So trägt zum Beispiel Variante 3 (Schneidspalter) mit ca. 9000 €/a zum zeitraumechten Gewinn bei. Dies entspricht einer Steigerung um 54 % auf ca. 25.600 € und damit auf ein für das Jahr 2003 mit dem bayerischen Durchschnitt vergleichbares Niveau. Davon profitieren jedoch vorwiegend die gesunden Betriebe. Diejenigen ohne Zukunftsperspektive und knappen Finanzmitteln, die dringend auf eine deutliche Einkommensergänzung angewiesen sind, können die Vorleistungen und Investitionen nicht schultern. In Grenzen können sie dies durch einen höheren Zeiteinsatz ausgleichen. Als Zuerwerb mit Entwicklungspotential bietet die Scheitholzbereitstellung dagegen für viele eine Chance, ihren Betrieb zu diversifizieren. Die Sensitivitätsanalyse zeigt aber deutlich, dass sich die Modellkalkulation in einem kritischen Bereich befindet. Die Ausschläge auf Veränderungen sind extrem. Geringe Veränderungen zum Negativen, vor allem der Basiswerte Absatzpreis, Leistung und Holzkosten, führen nur zu einem bescheidenen Arbeitsertrag, bei dem unter Umständen auch der Lohnansatz nicht mehr voll erfüllt wird. Gelingt es, sich im Vergleich zur Modellkalkulation in einzelnen Kostenfaktoren, in der Organisation, in der Leistung oder gar im Absatzpreis positiv abzuheben, bietet die Scheitholzproduktion eine rentable Einkommensquelle.

Alles in allem sind die Chancen der Scheitholzbereitstellung als alternatives Standbein für die Landwirtschaft eingeschränkt. Zum einen aufgrund des begrenzten regionalen Marktvolumens. Zum anderen aufgrund des Finanzierungsbedarfs zu Beginn der Unternehmung. Dieser hängt jedoch vom angestrebten Erfolg ab. Das heißt, je mehr investiert wird, desto höher kann die Produktion und damit der Beitrag zum Einkommen sein. Allerdings steigt in diesem Fall auch das Risiko.

Die regionalen Effekte einer Ausweitung der heimischen Energieholznutzung lassen sich in ökonomische, soziale und ökologische Auswirkungen differenzieren:

Ökonomische Auswirkungen

- Reduktion der Abhängigkeit von regionsexternen Energiequellen, v. a. vom Ölmarkt und international agierenden Energiekonzernen;
- Erhöhung der Versorgungssicherheit (insbesondere durch Biomasse);
- Durch Verwendung heimischer Ressourcen bleiben die Gelder in der Region und
- neben der Land-, Forst- und Holzwirtschaft profitieren weitere regionale Handwerksbetriebe und Unternehmen mit Multiplikatoreffekt.

Soziale Auswirkungen

- Existenzsicherung und Diversifizierungsmöglichkeit für die Landwirtschaft;
- Erhalt der Kulturlandschaft und Pflege des Waldes durch die Förderung einer aktiven Landwirtschaft;
- Verbesserung des Images der Landwirtschaft durch Sicherstellung der heimischen Energieversorgung sowie
- Steigerung der regionalen Identität.

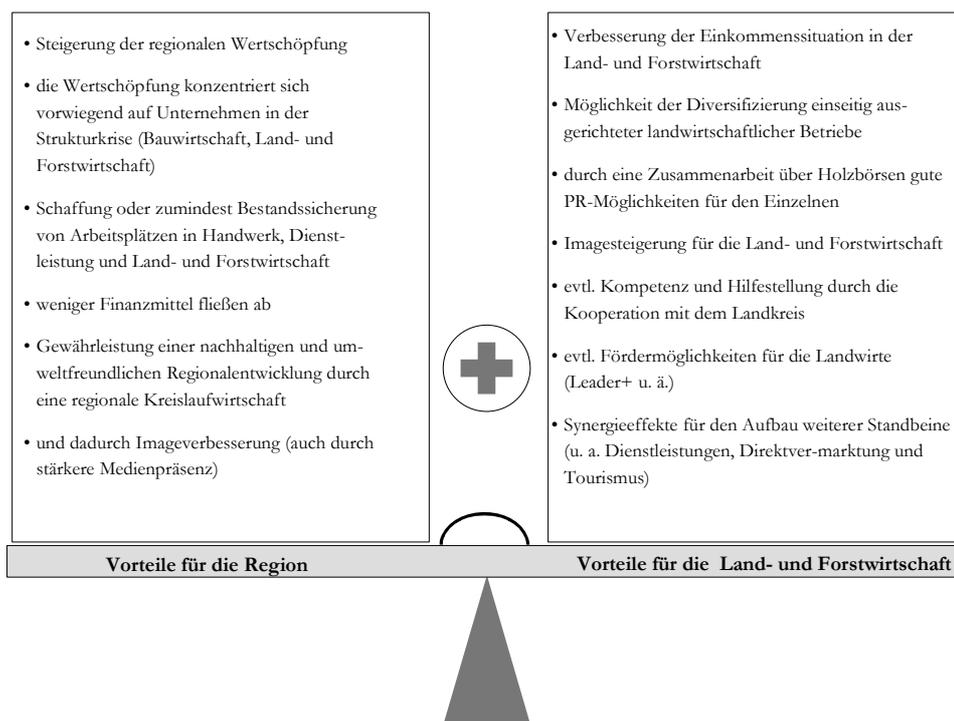
Ökologische Auswirkungen

- geringe SO₂-Emissionen;
- ausgeglichene CO₂-Bilanz; durch Ersatz fossiler Energieträger leistet Biomasse einen Beitrag zur Reduktion von CO₂;
- positive Energiebilanz im Vergleich zu den fossilen Energieträgern;
- regionale Stoffkreisläufe durch Erzeugung und Nutzung vor Ort;
- kurze Transportwege und Risikominderung (z.B. keine Gefahrguttransporte wie bei Öl) sowie
- biologische Verträglichkeit (Asche eignet sich als Dünger).

8.2 Perspektiven

Zukünftig werden bei einer fortschreitenden Verschlechterung der agrarpolitischen und – wirtschaftlichen Rahmenbedingungen vor allem landwirtschaftliche Grenzertragsregionen noch stärker ins Hintertreffen geraten. Eine steigende Betriebsaufgaberrate, das Brachfallen von Flächen und somit ein weiterer Arbeitsplatzabbau werden die Folge sein. Der ländliche Raum steht insgesamt vor großen Herausforderungen. Auch wenn es zur Lösung der Probleme keine Patentrezept geben kann, so kann doch in der Diversifizierung der landwirtschaftlichen Einkommen eine bedeutende Strategie liegen. Vor dem Hintergrund der politisch gewünschten Ausweitung der Nutzung regenerativer Energien und vor allem der Biomasse, kommt der Energieproduktion in der Landwirtschaft eine große Bedeutung zu. Soll dies erfolgreich sein, bedarf es aber noch stärker als bisher einer Überwindung der Partikularinteressen und einer stärkeren Zusammenarbeit der Akteure auf der regionalen Ebene. Landwirte und kommunale Entscheidungsträger sollten zukünftig gemeinschaftlich handeln und Synergieeffekte nutzen. Davon profitieren alle, wie nachfolgende Abbildung nochmals abschließend veranschaulicht.

Abbildung 27: Perspektiven einer verstärkten Energieholznutzung



(Quelle: eigene Darstellung)

Literaturverzeichnis

- Bayerische Landesanstalt für Landtechnik (Hrsg.): Informationen zur Wärmegegewinnung aus Biomasse. Sammelmappe. Freising. 2002.
- Biosphärenreservat Rhön, Hessische Verwaltungsstelle (Hrsg.): Eine Zukunft für die Landwirtschaft in der Rhön. Informationsreihe des Biosphärenreservates Rhön. Gersfeld. 2000. (Broschüre).
- Biosphärenreservat Rhön (Hrsg.): Geographisches Informationssystem Biosphärenreservat Rhön auf der Basis CIR Luftbildinterpretation 1993/1994. Oberelsbach. 1994.
- BMU, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Erneuerbare Energien und nachhaltige Entwicklung. Natürliche Ressourcen – Umweltgerechte Energieversorgung. Berlin. 2002.
- Bundesanstalt für Landtechnik Wieselburg (Hrsg.): Energiebericht 1990 der Österreichischen Bundesregierung. 1990.
- BMVEL, Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg.): Konzept zur energetischen Nutzung von Biomasse. Berlin. 2004.
- BMVEL, Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg.): Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen. Bentwisch. 2003.
- BUWAL, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft und Schweizerische Vereinigung für Holzenergie (Hrsg.). Energie aus Holz. Bern. 1991.
- Diller, C.: Zwischen Netzwerk und Institution. Eine Bilanz Regionaler Kooperationen in Deutschland. Opladen. 2002.
- FNR, Fachagentur nachwachsende Rohstoffe (Hrsg.): Leitfaden Bioenergie. Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen. Gülzow. 2000.
- Hartmann, H.: Techniken und Verfahren. In: BMVEL, Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg.): Biomasse als erneuerbarer Energieträger. Münster. 2002. S. 74-254.
- Hartmann, H.; Kaltschmitt M. (Hrsg.): Biomasse als erneuerbarer Energieträger. Münster. 2002.

- Hartmann, H.; Madeker, U.: Der Handel mit biogenen Brennstoffen. Anbieter, Absatzmengen, Qualitäten, Service, Preise. Landtechnik-Bericht, Nr. 28. Freising. 1997.
- Hauff, Volker (Hrsg.): Unsere gemeinsame Zukunft. Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung. Greven. 1987.
- Holzabsatzfonds (Hrsg.): Holzenergie für Kommunen. Ein Leitfaden für Initiatoren. Hofmockerl. 2003.
- Hrubesch, P.: Holzverbrauch in den Haushalten Deutschlands. Gutachten des Deutschen Institutes für Wirtschaftsforschung. Berlin. 1996.
- Kaltschmitt, M.; Hartmann, H. (Hrsg.): Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren. Heidelberg et al.. 2001.
- Kaltschmitt, M.: Nutzung biogener Brennstoffe - Stand und Perspektiven. Biomasse als Festbrennstoff. Münster. 1996. (= Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe. Bd. 6).
- Kistenmacher, Hans; Mangels, Kirsten: Regionalmanagement als Motor für eine nachhaltige Raumentwicklung. In: Raumforschung und Raumordnung. 58. Jg.. 2000. H. 2-2. S. 89-102.
- KTBL, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (Hrsg.): Makost. Maschinenkosten-Kalkulation für Windows Version 3.0. Darmstadt. 2002. (CD-Rom).
- Landkreis Bad Kissingen und Landkreis Rhön-Grabfeld (Hrsg.): Energiekonzept bayerische Rhön. Bad Kissingen. 1998.
- LÖBF, Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Ernte- und Logistikvarianten zur Energieholzbereitstellung. Düsseldorf. 2002.
- StMLF, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.): Buchführungsergebnisse des Wirtschaftsjahres 2002/2003. München. 2003.
- StMLF, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.): Buchführungsergebnisse des Wirtschaftsjahres 2001/2002. München. 2002.

- StMLF, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.): Buchführungsergebnisse des Wirtschaftsjahres 2000/2001. München. 2001.
- StMLF, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.): Regionaler Waldbericht Bayern 2000. München. 2000.
- StMLF, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.): Forstamt Bad Brückenau. München. 1989. (Broschüre).
- Top Agrar, Das Magazin für moderne Landwirtschaft (Hrsg.): Mit Holz heizen. Münster. 2000.
- Trittin, Jürgen: Klimaschutz und wirtschaftliche Chancen gehören zusammen. In: Erneuerbare Energien. Das unabhängige Monatsmagazin für die Zukunftsenergien. Jg. 14. 2004. Heft 4. S. I.
- VDEW, Verband der Elektrizitätswirtschaft (Hrsg.): Endenergieverbrauch in Deutschland 2002. Berlin. 2003.
- Wagner, K.; Wittkopf, S.: Der Energieholzmarkt Bayern. Freising. 2001. (= Berichte aus der Bayerischen Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft. Nr. 26).
- Wazula, H.: Statistik über Emissionsmessungen in Bayern und Deutschland. München. 2004. (unveröffentlicht).

Internetquellen

- Aachener Stiftung Kathy Beys (Hrsg.): Potentialstudie Energieholz für den Raum Aachen/Eifel. <http://www.aachener-stiftung.de/assets/pdf/holzenergiestudie.pdf>. Zugriff am 09.08.2004.
- AGEB, AG Energiebilanzen (Hrsg.); http://www.ag-energiebilanzen.de/daten/struktur_ev.pdf, Zugriff am 20.10.2004.
- Bafa, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (Hrsg.); <http://www.bafa.de>; Zugriff am 10.10.2004.
- Bafa, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (Hrsg.); Förderung erneuerbarer Energien; <http://www.bafa.de/1/de/aufgaben/energie.htm>; Zugriff am 13.07.2004.
- Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.), http://www.bayern.de/lfu/umwelt_qual/umweltindikatoren/indikatoren/detail_indikatoren.php?id=22&navid=1&subnav=4#2; Zugriff am 08.08.2004.
- BMU, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.); Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien vom 26. November 2003. Bundesanzeiger Nr. 234. http://www.bafa.de/1/de/service/vorschriften/pdf/energie_eerl.pdf; Zugriff am 13.07.2004.
- BMU, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Erneuerbare-Energien-Gesetz tritt in Kraft; <http://www.erneuerbare-energien.de/1024/main.php?fb=/de/1024/nj/presse/pm231/>; Pressemitteilung Nr. 231/04. Berlin, vom 30.07.2004.
- BMU, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Monitoring zur Wirkung der Biomasseverordnung auf Basis des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG); http://www.bmu.de/files/stromerzeugung_biomasse.pdf. Zugriff am 12.08.2004.
- BMU, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG). Überblick über die Regelungen des neuen EEG vom 21. Juli 2004. http://www.bmu.de/files/ueberblick_regelungen_eeg.pdf; Zugriff am 04.10.2004.

- BMU, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.); <http://www.bmu.de/de/1024/js/presse/2004/pm332/main.htm>; Pressemitteilung Nr. 332/04. Berlin, vom 18.11.2004.
- BMU, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien. Novelle vom 01. August 2004. http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/eeg_2004/gesamt.pdf. Zugriff am 4.10.2004.
- BMU, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Verordnung über die Erzeugung von Strom aus Biomasse. <http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/biomassev/gesamt.pdf>; Zugriff am 06.10.2004.
- C.A.R.M.E.N e.V. (Hrsg.); <http://www.biomasse-tage.org>; Zugriff am 25.09.2004.
- Eder-Maschinenbau (Hrsg.); <http://www.eder-maschinenbau.de>; Zugriff am 21.09.2004.
- Feiner (Hrsg.); <http://www.feiner.at/produkte/forst/sappel/65st.htm>; Zugriff am 21.09.04.
- Heißenhuber, A.; Berenz, St.: Energieproduktion als Managementaufgabe in landwirtschaftlichen Unternehmen – organisatorische und betriebswirtschaftliche Herausforderungen. <http://download.dlg.org/pdf/koll/heissenhuber.pdf> Zugriff am 26.11.04.
- Landkreise Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld; <http://www.rhoen-saale.net>; Zugriff am 30.06.2004.
- LWF, Bayerische Landesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (Hrsg.): Bereitstellungsverfahren für Waldhackschnitzel – Leistungen, Kosten, Rahmenbedingungen. Bericht Nr. 38. Mai 2003. <http://www.lwf.bayern.de/lwfbericht/38/kap10.htm>, Zugriff am 14.09.2004.
- LWF, Bayerische Landesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (Hrsg.): Belastet der Brennstoff Holz die Umwelt?; <http://www.lwf.bayern.de/lwfaktuell/LWFaktuell4-95/nr4-Belastet.html>; Zugriff am 08.09.2004.
- LWF, Bayerische Landesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (Hrsg.): Eigenschaften von Holzaschen und Möglichkeiten der Wiederverwertung im Wald. Bericht Nr. 14. 2000. <http://www.lwf.bayern.de/lwfbericht/lwfbericht14/>, Zugriff am 13.10.2004.

Ministerium Ländlicher Raum Baden-Württemberg (Hrsg.): Mit biogener Energie in die Zukunft. Regenerative Energien aus Land- und Forstwirtschaft in Baden-Württemberg. <http://www.bioenergie.inaro.de/>; Zugriff am 09.08.2004.

Posch (Hrsg.); <http://www.posch.com>; Zugriff am 08.09.2004.

Regierung von Unterfranken (Hrsg.): Unterfranken in Zahlen. 2002. <http://www.unterfranken-in-zahlen.de/>; Zugriff am 30.09.2004.

Stiftung Wissenschaft und Politik (Hrsg.): Der hohe Ölpreis: Anzeichen einer neuen Ölkrise?; http://www.swp-berlin.org/common/get_document.php?id=1078. Zugriff am 04.12.2004.

StMLF, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.); http://www.stmlf-design2.bayern.de/alle/cgi-bin/go.pl?region=home&page=http://www.stmlf-design2.bayern.de/aflue/ksns/duf/Bas_NES.htm; Zugriff am 30.06.2004.

StMLF, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.); <http://www.forst.bayern.de>; Zugriff am 25.06.2004.

StMWIVT, Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie (Hrsg.): Gesamtkonzept Bayern zur Energiepolitik vom 20. April 2004. Anhang; <http://www.stmwivt.bayern.de/pdf/energie/energieportal/Anhang.pdf>. Zugriff am 14.11.2004.

StMWIVT, Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie (Hrsg.): Landesentwicklungsprogramm Bayern 2003. Raumstrukturelle Entwicklung Bayerns und seiner Teilräume. <http://www.landesentwicklung.bayern.de/landesentwicklung/bereiche/lep2003/s114.pdf>; Zugriff am 07.07.2004.

Tecson (Hrsg.); <http://www.tecson.de>; Zugriff am 26.11.2004.

http://www.lexikonia.de/10398_erneuerbare_energie.htm, Zugriff am 15.08.2004.

<http://primaerenergieverbrauch.adlexikon.de/>; Zugriff am 08.08.2004.

Anhang

A. Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr	Lär	Lärche
Akh	Arbeitskraftstunden	lutro	lufttrocken (Wassergehalt = 18-20%)
atro	absolut trocken (0 % Wassergehalt)	MAP	Marktanreizprogramm
BHD	Brusthöhendurchmesser	Mg	Magnesium
BiomasseV	Biomasse-Verordnung	MW	Megawatt
Bu	Buche	MwSt.	Mehrwertsteuer
Ca	Kalzium	Na	Natrium
CO	Kohlenmonoxid	NO _x	Stickstoffoxide
CO ₂	Kohlendioxid	NO ₂	Stickstoffdioxid
C _x H _y	Kohlenwasserstoffe	P	Phosphor
d	Tag	PF	Petajoule
Dgl	Douglasie	RAZ	Reinarbeitszeit(= Gesamtarbeitszeit – Rüstzeiten)
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz	rm	Raummeter
Efm	Erntefestmeter	Si	Silizium
Ei	Eiche	sLbh	sonstige Laubbäume
Fi	Fichte	SO ₂	Schwefeldioxid
fm	Festmeter	srm	Schüttraummeter
GJ	Gigajoule	StMLF	Bayer. Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
h	Stunde	StMWIVT	Bayer. Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie
ha	Hektar	Ta	Tanne
Hartholz	Dichte > 0,55g/cm ³	Weichholz	Dichte < 0,55 g/cm ³
Hu	unterer Heizwert		
IL	Industrieholz-lang		
K	Kalium		
kg/GWh	Kilogramm pro Kilowattstunde		
Kie	Kiefer		
KULAP	Kulturlandschaftsprogramm		
kW/h	Kilowattstunde		

B. Umrechnungsfaktoren und Datengrundlagen

Holz

1 Festmeter (fm)	=	1 m ³ feste Holzmasse bei Rundholz
1 Raummeter (rm)	=	1 Ster = 1 m ³ geschichtete Meterscheite
1 Schüttraummeter (srm)	=	1 m ³ geschüttete Holzteile

1 rm	=	0,7 fm
1 rm	=	1,4 srm
1 fm	=	0,44 t _{atro}

Energie

1 KJ (Kilojoule)	=	10 ³ Joule
1 MJ (Megajoule)	=	10 ⁶ Joule
1 GJ (Gigajoule)	=	10 ⁹ Joule
1 TJ (Terajoule)	=	10 ¹² Joule
1 PJ (Petajoule)	=	10 ¹⁵ Joule

1 Joule (J)	=	1 Wattsekunde (Ws)
3600 Joule	=	1 Wattstunde (Wh)
3,6 x 10 ⁶ J	=	1 Kilowattstunde (kWh)

Berechnung des Heizwertes

$$H(w) = H(w=0) * (100-w) - 2,44w / 100$$

H (w) Heizwert des Holzes (in MJ/kg) bei einem Wassergehalt von (w)

H Heizwert der Holz-Trockensubstanz (in MJ/kg)

2,44 Verdampfungswärme des Wassers in MJ/kg bezogen auf 25

Tab. 1: Heizwerte von Laub- und Nadelholz in Abhängigkeit vom Wassergehalt

Wassergehalt in %	Heizwert in kWh/kg	
	Laubholz	Nadelholz
0	4,9	5,2
5	4,62	4,91
10	4,34	4,61
15	4,06	4,32
20	3,78	4,02
25	3,51	3,73
30	3,23	3,44
35	2,95	3,14
40	2,67	2,85
45	2,39	2,55
50	2,11	2,26
55	1,83	1,97
60	1,55	1,67

(Quelle: LWF 2003, <http://www.lwf.bayern.de/lwfbericht/38/kap10.htm>, Zugriff am 14.09.2004)

Tab. 2: Zusammenhang zwischen Volumen, Gewicht und Wassergehalt

Wassergehalt in %	Raumgewicht in kg/fm			
	Buche	Eiche	Kiefer	Fichte
0	680	650	490	430
20	693	701	538	471
23,1	720	730	559	490
28,6	776	786	602	528
30	791	801	614	539
33,3	831	841	645	565
37,5	886	898	688	603
40	923	935	717	628
41,2	942	954	731	641
44,4	996	1009	773	678
47,4	1053	1067	817	717
50	1108	1122	860	754
60	1385	1403	1075	943

(Quelle: modifiziert übernommen aus Wagner/Wittkopf 2001, S. 96)

Tab. 3: Waldflächenzusammensetzung in den Landkreisen Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld in ha und %

	Lkr. Bad Kissingen	Waldfläche	Lkr. Bad Neustadt	Waldfläche	Gesamt	
Fichte, Douglasie, Tanne	21%	10.183 ha	19%	7.089 ha	20%	17.272 ha
Kiefer, Lärche	29%	14.063 ha	41%	15.297 ha	34%	29.359 ha
Nadelholzanteil gesamt	50%	24.246 ha	60%	22.385 ha	54%	46.631 ha
Buche und sonstige Laubhölzer	30%	14.548 ha	16%	5.969 ha	24%	20.517 ha
Eiche	20%	9.698 ha	24%	8.954 ha	22%	18.653 ha
Laubholzanteil gesamt	50%	24.246 ha	40%	14.924 ha	46%	39.170 ha
Summe Nadel- und Laubholz		48.492 ha		37.309 ha		85.801 ha

(Quelle: Regierung von Unterfranken, <http://www.unterfranken-in-zahlen.de>, Zugriff am 30.09.2004)

Tab. 4: Berechnung des Industrierestholzpotentials der Landkreise Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld in t_{atro}/a

Fraktionen	Industrierestholz in srm	Raumvolumen in kg/srm	Wassergehalt in %	Gewicht (t_{atro}) in t
Stückholz	57.665	400	20%	18453
Sägespäne/-mehl	172.283	175	20%	24120
Hackschnitzel	153.255	235	40%	21609

(Quelle: modifiziert übernommen aus Landkreis Bad Kissingen und Landkreis Rhön-Grabfeld 2001 (Phase 2), S. 18)

Tab. 5: Primärenergieverbrauch (ohne Kraftstoffe) in den Landkreisen Bad Kissingen und Rhön-Grabfeld nach Energieträgern und Verbrauchergruppen in MWh/a

Energieverbrauch nach Energieträgern ¹	Strom in MWh/a	Erdgas in MWh/a	Flüssiggas in MWh/a	Heizöl in MWh/a	Holz in MWh/a	Gesamt in MWh/a	Anteil in%
Haushalte	29.7706	482.745	34.740	1.203.682	80.081	2.098.954	37,1%
Unternehmen > 20 Besch.	52.6589	404.877	2.739	100.315	139.154	1.173.674	20,7%
Kleingewerbe	94.621	242.260	1.124	1.244.001	153.575	1.735.581	30,7%
Landwirtschaft	25.232	830	627	589.171	882	616.742	10,9%
öffentliche Einrichtungen	6.308	2.661	19	20.254	4.960	34.202	0,6%
Gesamt	950.456	1.133.373	39.249	3.157.423	378.652	5.659.153	100%
Anteil in %	16,8%	20,0%	0,7%	55,8%	6,7%	100%	

¹ Die Daten basieren auf dem Jahr 1997

(Quelle: Landkreis Bad Kissingen/Rhön-Grabfeld 2001 (Phase 1), S.22)

Ermittlung der Vertriebs und Lagerkosten

Die Berechnung versteht sich ohne Mehrwertsteuer und basiert auf den Angaben eines Scheitholzproduzenten und den Erfahrungen des Verfassers.

Ermittlung der Vertriebskosten

Transportentfernung 10 km

Transportgeschwindigkeit 25 km/h

Absatzmenge pro Kunde 5 rm

(Auf-) und Abladen 0,33 h

Transportzeit 0,80 h

Schlepper (44 kW) = 14,64 €/h; Kipper = 0,79 €/t (ein Raummeter_{luro} = 510 kg)

Die Vertriebskosten betragen damit **5 €/rm**.

Ermittlung der Lagerkosten

Für Variante 1 bestehen die Lagerkosten nur aus der Abdeckung, da keine besonderen Ansprüche an den Untergrund gestellt werden. Das Holz kann zudem an einem Ort gelagert werden, an dem keine Nutzungskonflikte auftreten (z. B. Ödland, Waldrand).

Die Kosten für die Abdeckung ergeben sich aus:

Kosten der Abdeckung:	4,50 €/m ²
Nutzungsdauer	6 Jahre
Zins	5 %
Annuität _{Abdeckung}	0,89 €/m ²

Die Meterholzarge wird 1,8 m hoch aufgeschichtet.

Die Abdeckkosten liegen damit bei **0,50 €/rm**.

Die Scheitholztürme aus Baustahlmatten haben eine Grundfläche von ca. 4,5 m² und eine Höhe von 2,5 m. Ein Behältnis kann 11,25 srm bzw. 8 rm fassen. Damit ergeben sich Abdeckkosten von ebenfalls **0,50 €/rm**.

Die Kosten für das Lagerbehältnis (Scheitholzturm) ergeben sich aus:

Baustahlmatte	15 €/Baustahlmatte
Benötigte Baustahlmatten	1,5
Nutzungsdauer	10 Jahre
Zins	5 %
Annuität _{Scheitholzturm}	= 2,91 €

Die Kosten für das Lagerbehältnis betragen **0,36 €/rm**.

Die Kosten des Lagerplatzes ergeben sich aus:

Investition Pflastern	11,50 €/m ² (Pflastersteine = 6 €/m ² ; Untergrundvorbereitung = 5,50 €/m ²)
Nutzungsdauer	30 Jahre
Zins	5 %
Annuität _{Lagerplatz}	0,75 €/m ²

Ein Scheitholzturm benötigt 6,75 m² Fläche (= 1½ fache Grundfläche).

Die Lagerplatzkosten pro Raummeter betragen **0,64 €/rm**.

