

Dendrom-Diskussionspapier Nr. 1
März 2007

Biomassepotenziale in Deutschland – Übersicht maßgeblicher Studienergebnisse und Gegenüberstellung der Methoden

Astrid Aretz
Bernd Hirschl



Astrid Aretz, Bernd Hirschl

unter Mitwirkung von Daniela Kempa

Biomassepotenziale in Deutschland – Übersicht maßgeblicher Studienergebnisse und Gegenüberstellung der Methoden

Dendrom-Diskussionspapier Nr. 1
März 2007

Studie im Rahmen des Verbundprojektes
DENDROM – Zukunftsrohstoff Dendromasse

Gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)



DENDROM-Koordinationsbüro
Fachhochschule Eberswalde, FB Wald & Umwelt
Alfred-Möller-Str. 1, D-16225 Eberswalde
www.dendrom.de

Tel: +49.(0)3334.65.466
Fax: +49.(0)3334.65.428
dendrom@fh-eberswalde.de

Die in dieser Veröffentlichung geäußerten Meinungen und Ansichten müssen nicht notwendigerweise die Meinung und Ansicht des Dendrom-Verbunds insgesamt und dessen Verantwortlichen wiedergeben.

Zusammenfassung

Der Anteil der erneuerbaren Energien an der Energieversorgung hat in den letzten Jahren in starkem Maße zugenommen. Darunter nimmt die Bioenergie, aus der im Jahr 2005 über die Hälfte der gesamten Endenergie aus erneuerbaren Energien bereitgestellt wurde, einen wichtigen Stellenwert ein. Zu diesem Trend haben vor allem Rahmenbedingungen seitens der Politik, aber auch andere wie steigende Preise für fossile Energieträger, beigetragen. Bei einer stetig steigenden Nutzung der erneuerbaren Energien ist eine zentrale Frage, wie viel Potenzial überhaupt zur Verfügung steht. Gegenwärtig stellt sich die Situation derart dar, dass unsere Wälder durchschnittlich noch genug Brennstoff bereitstellen können, um die Nachfrage befriedigen zu können, ohne dass dabei eine Nutzungskonkurrenz entsteht. Allerdings gibt es schon jetzt regionale Engpässe, die bei steigender Nachfrage zunehmen werden. Dieses Papier ist als Sachstandsbericht für die Bearbeitung des Projektes Dendrom erstellt worden und gibt einen Überblick über die verschiedenen existierenden Studien zu Biomassepotenzialen in Deutschland, erläutert die zu Grunde liegenden Annahmen und stellt die Ergebnisse vergleichend gegenüber.

Autor/innen

Dr. Astrid Aretz, *1974, studierte Elektrotechnik und Mathematik an der RWTH Aachen. Sie promovierte an der Universität Oldenburg im Bereich der Energiewirtschaft. Seit 2005 ist sie wissenschaftliche Mitarbeiterin im IÖW im Forschungsfeld Nachhaltige Energiewirtschaft und Klimaschutz. Sie arbeitet seit vielen Jahren im wissenschaftlichen Bereich zu Fragestellungen auf den Gebieten Erneuerbare Energien, Nachhaltige Entwicklung, Bewertung von Energiesystemen, Technikfolgenabschätzung und Klimaschutz.

Bernd Hirschl, *1969, ist Diplom-Wirtschaftsingenieur und hat an der Technischen Universität Hamburg-Harburg und der Universität Hamburg studiert. Er ist seit 2003 Leiter des Forschungsfelds Nachhaltige Energiewirtschaft und Klimaschutz am Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) gGmbH in Berlin, in dem er seit 1998 tätig ist. Seine inhaltlichen Schwerpunkte liegen in der Entwicklung und interdisziplinären Analyse energie- und klimapolitischer Strategien und Instrumente, ein besonderer Schwerpunkt liegt hierbei auf den erneuerbaren Energien. Gegenwärtig ist Bernd Hirschl u.a. in mehreren BMBF-Verbundprojekten leitend tätig (DENDROM, EXPEED) und promoviert über eine politikwissenschaftliche Mehrebenenanalyse der erneuerbare Energien-Politik.

Kontakt

Astrid.Aretz@ioew.de, Bernd.Hirschl@ioew.de

Inhalt

1. Einleitung	1
2. Forstwirtschaftliche Biomasse	2
2.1. Holz-Rohstoff.....	2
2.2. Industrierestholz	5
2.3. Altholz	6
3. Landwirtschaftliche Biomasse	8
3.1. Landwirtschaftliche Abfälle und Reststoffe.....	8
3.1.1. Stroh	8
3.1.2. Ernterückstände und Grünlandbiomasse	9
3.1.3. Tierische Abfälle.....	9
3.2. Energiepflanzen.....	10
4. Biomasse aus der Landschaftspflege	11
4.1. Landschaftspflegeholz	11
4.2. Landschaftspflegematerial.....	12
5. Sonstige Biomasse	13
5.1. Industrielle und gewerbliche Abfälle	13
5.2. Siedlungsabfälle.....	13
6. Zusammenfassung	14
7. Literatur	15

1. Einleitung

Die Rahmenbedingungen auf nationaler sowie europäischer Ebene haben starke Anreizwirkungen für die energetische Nutzung von Biomasse geschaffen, wie die Zuwachsraten der letzten Jahre zeigen. Diese betreffen sowohl die Strom- und Wärmeerzeugung als auch die der biogenen Kraftstoffe. Treibende Kräfte für den Ausbau der biomassegefeuerten Umwandlungssysteme sind in Deutschland politische Instrumente wie im Wärmebereich das Marktanzreizprogramm sowie im Strombereich das Erneuerbare-Energien-Gesetz. Im Kraftstoffbereich hatte die Befreiung von der Mineralölsteuer sowohl für rein biogene Kraftstoffe als auch für Beimischungen die Nachfrage in starkem Maße erhöht. Daneben wird durch den Anstieg fossiler Energieträger die Nutzung biogener Brennstoffe zunehmend attraktiv.

In der Koalitionsvereinbarung der neuen Bundesregierung von 2005 wird verdeutlicht, dass die energetische Nutzung von Biomasse eine tragende Säule der zukünftigen Energieversorgung darstellen soll. Damit einher geht aber die Frage, wie viel Potenzial dieser Nutzung überhaupt zur Verfügung steht. Gegenwärtig stellt sich die Situation derart dar, dass unsere Wälder durchschnittlich noch genug Brennstoff bereitstellen können, um die Nachfrage befriedigen zu können, ohne dass dabei eine Nutzungskonkurrenz entsteht. Allerdings gibt es schon jetzt regionale Engpässe, die bei steigender Nachfrage zunehmen werden. Besonderes Augenmerk muss deshalb darauf gerichtet werden, wann dieses Potenzial bei einer größer werdenden Nachfrage ausgeschöpft sein wird, und welche Optionen zur Verfügung stehen, um das Angebot entsprechend anzupassen. Insbesondere ist zu analysieren, welche Maßnahmen bereits heute ergriffen werden müssten, um zukünftig ein größeres Angebot bereitstellen zu können. Des Weiteren ist zu untersuchen, welche Nutzungskonkurrenzen zwischen den Nachfragebereichen auftreten können und in welchem Maße diese hinsichtlich verschiedener Kriterien wie die Nachhaltigkeit zukünftig bedient werden sollen.¹

Es wurden in den letzten Jahren verschiedene Potenzialanalysen durchgeführt, aus denen sich Aussagen ableiten lassen, welchen Beitrag das Holz aus deutschen Wäldern insgesamt zur Energieversorgung leisten könnte.² Die Ergebnisse der Studien weisen eine große Spannweite auf. Dabei stützen sich die Angaben zum Waldholzpotenzial auf wenige Primärdatenquellen und daher sind die zu Grunde liegenden Annahmen fast ausschließlich verantwortlich für die große Streuung. Die wohl wichtigste Primärdatenquelle für das Waldholzsortiment ist die Bundeswaldinventur, die in der Periode von 1986 bis 1988 erstmalig für die gesamten alten Bundesländer basierend auf Stichproben erhoben wurde, um damit Aussagen über den Waldbestand zu generieren. In der Deutschen Demokratischen Republik wurde ebenfalls von 1970 bis 1990 nach einem einheitlichen Verfahren der so genannte Datenspeicher Waldfonds (DSWF) zur Bestimmung des Holzvorrats erfasst, der bis zum Jahr 1993 fortgeschrieben wurde (DSWF 1993). Der Bedarf nach der Wiedervereinigung nach einer bundeseinheitlichen Inventur konnte allerdings durch diese beiden Datensätze nicht gedeckt werden, da die zu Grunde liegenden Methoden nicht vereinbar waren. So wurde in den Jahren 2001 und 2002 erneut eine Inventur nach der Methode der 1. Bundeswaldinventur durchgeführt, mit der für die gesamte Bundesre-

¹ Die Beantwortung u.a. dieser Fragestellungen ist Ziel des BMBF-Verbundprojekts DENDROM – Zukunftsrohstoff Dendromasse, im Rahmen dessen ganzheitliche Strategien und Handlungskonzepte zur nachhaltigen Bereitstellung von Holz für die direkte und indirekte energetische Nutzung erarbeitet werden sollen. Dieses Papier ist als Sachstandsbericht für die Bearbeitung des Projektes erstellt worden.

² Die Studien liefen keine Aussagen zur lokalen oder regionalen Verteilung der nutzbaren Biomasse. Eine Methode, die insbesondere auch dazu Ergebnisse liefern kann, ist in Aretz et al. (2006) erläutert.

publik eine Bestandsaufnahme durchgeführt werden konnte, eine Wiederholungsaufnahme für die alten Bundesländer, für die neuen Bundesländer eine Erstaufnahme (BWI 2005). Für andere Biomassesortimente existieren weitere Datenquellen, auf die jeweils bei der Beschreibung der Studien eingegangen wird. Eine Übersicht über die verschiedenen Biomassesortimente ist in Abbildung 1 gegeben.

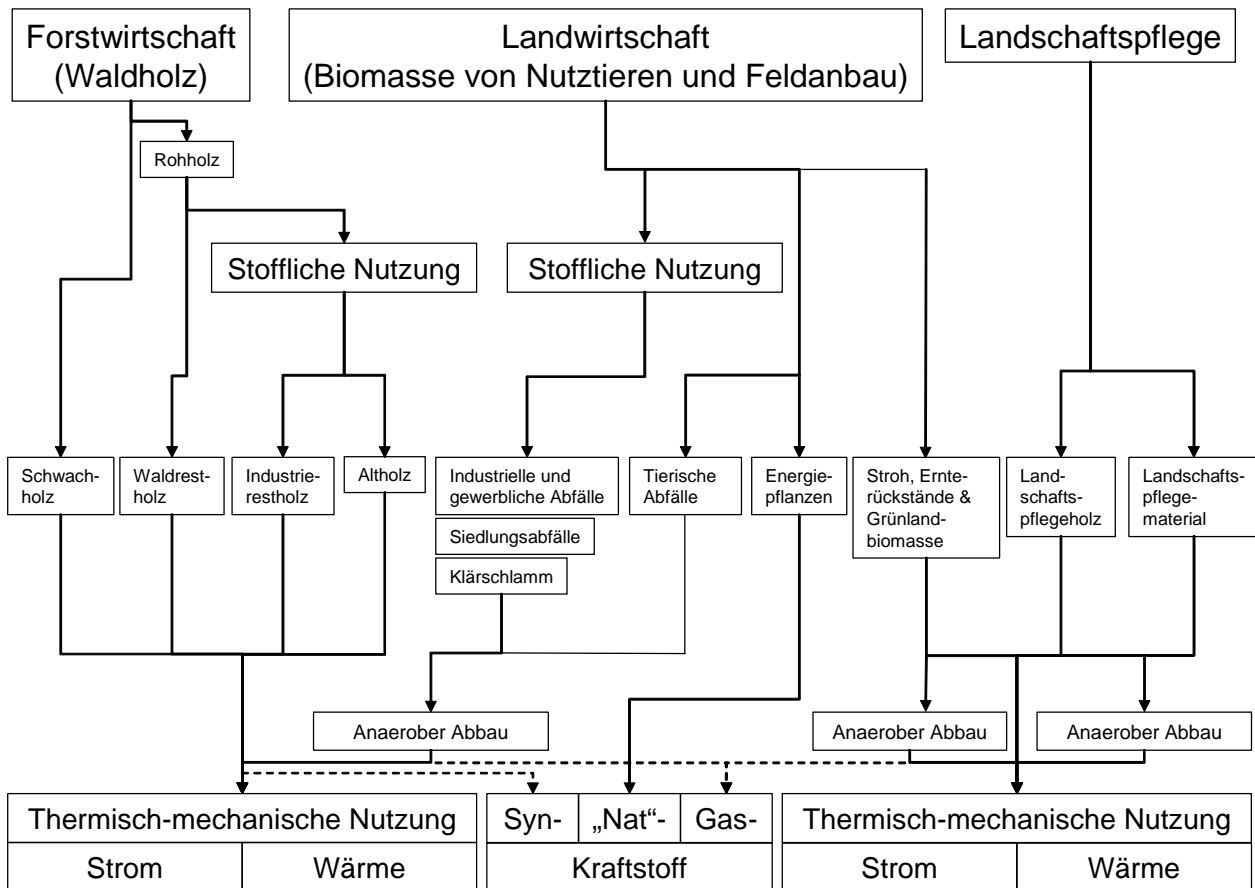


Abbildung 1: Übersicht über Biomassesortimente

2. Forstwirtschaftliche Biomasse

2.1. Holz-Rohstoff

Die zentrale Studie zum Holzpotenzial ist die „Abschätzung des Rohholzpotenzials für die energetische Nutzung in der Bundesrepublik Deutschland“ (Dieter / Englert 2001) der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft in Hamburg, der umfassende Berechnungsgrundlagen (Waldflächen, Umtriebszeiten, Ertragstabellen, Bereitstellungsverfahren) zu Grunde gelegt wurden. Sie dient in vielen Studien als Primärdatenquelle (FNR 2005b; Kaltschmitt et al. 2003; Leible et al. 2003; Scheuermann et al. 2003) oder als Grundlage für weitere Berechnungen (Fritsche / Dehoust 2004). Ihr liegen die Datensätze der 1. Bundeswaldinventur sowie der Datenspeicher Waldfonds aus dem Jahre 1993 zu Grunde (BWI 1987). Das impliziert, dass für die

Berechnung dieser Waldholzpotenziale nicht die aktuellste vorhandene Datenbasis herangezogen wurde.

Ende 2006 wurde im Rahmen der Clusterstudie Forst- und Holzwirtschaft auf Basis der 1. und 2. Bundeswaldinventur eine Analyse des Holzvorrates im Jahr 2002 und zum künftigen Rohholzaufkommen von 2003 bis 2022 von der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft vorgenommen (Polley / Kroiher 2006). Das künftige Rohholzaufkommen wird anhand eines Basisszenarios und vier weiteren Szenarien mit unterschiedlichen Rahmenbedingungen ermittelt. Ein zentrales Ergebnis der Studie ist die Aussage, dass in dem Basisszenario das jährliche potenzielle Rohholzaufkommen im Zeitraum 2003 bis 2022 um 19 % über der Nutzungsmenge in den 15 Jahren davor liegt. Dabei werden rund 90 % des Zuwachses genutzt und der stehende Holzvorrat steigt um 5 %. Doch unterscheidet sich das künftige Nutzungspotenzial erheblich hinsichtlich seiner Baumarten-, Durchmesser- und Eigentümerstruktur von der Nutzung in den Jahren 1987 bis 2002. So ist das Potenzial vor allem beim Laubholz besonders groß, wohingegen bei den Nadelbäumen Zieldurchmesser und das vorgesehene Nutzungsalter noch nicht erreicht werden und entsprechend der Vorrat unter den Werten der Jahre 1987 bis 2002 liegt. Große Potenziale mit bislang ungenutzten Ressourcen birgt vor allem der Privatwald und hier insbesondere der Kleinprivatwald. Im Staatswald dagegen sind die Nutzungspotenziale in der Vergangenheit nahezu ausgeschöpft worden.

Mit dieser Studie liegt eine Datenbasis für das Rohholzaufkommen vor, in die auch die aktuelleren Ergebnisse der 2. Bundeswaldinventur eingeflossen sind. Allerdings lassen sich hieraus nicht unmittelbar Aussagen über das Rohholzpotenzial für die energetische Nutzung ableiten. Energetisch nutzbar sind bspw. auch Laub und Nadeln, die entsprechend beim energetischen Potenzial berücksichtigt werden müssen, allerdings in das Rohholzpotenzial, wie es in Polley / Kroiher (2006) bestimmt wurde, keinen Eingang finden.

Das Waldholzpotenzial setzt sich aus den Kompartimenten Rohholz, Waldrestholz und Schwachholz zusammen. Als Waldrestholz werden die bei der Stammholzernte verbleibenden erntetechnisch bedingten Rückstände, Nebenprodukte und Abfälle bezeichnet. Es setzt sich aus dem nicht verwerteten Holz (X- oder NV-Holz) inklusive nicht aufgearbeitetem Kronenderholz sowie Rinde und Reisig zusammen. Da Waldrestholz nur beim Stammholzeinschlag anfällt, sind die Aufkommensmengen eng an die Rohholznutzung geknüpft. Schwachholz umfasst den Teil des Waldholzes, der z. B. im Rahmen von Pflegemaßnahmen eingeschlagen werden muss, aber gegenwärtig kaum stofflich genutzt wird. Oft wird für Waldrestholz in Verbindung mit Schwachholz auch die Bezeichnung Waldenergieholz verwendet. In Dieter / Englert (2001) setzt sich das Waldholzpotenzial aus dem Waldrestholz und dem Schwachholz zusammen. Für das Schwachholz, für dessen Bestimmung eine Durchmesserobergrenze von 16 cm festgelegt und darüber hinaus eine stoffliche Nutzung unterstellt wurde, wurden die Szenarien mit zwei unterschiedlichen Mindestdurchmessern für die Hackung von Schwachholz berechnet, zum einen ab 8 cm Durchmesser und in dem anderen Fall ab 12 cm Durchmesser. Dadurch vergrößert sich das Schwachholzpotenzial bei dem geringeren Durchmesser von 4,27 Mio. t_{atro}/a auf 6,99 Mio. t_{atro}/a , mit entsprechenden ökonomischen Konsequenzen, die sich in höheren Bereitstellungskosten niederschlagen. Das Waldrestholzpotenzial wird mit 9,59 Mio. t_{atro}/a quantifiziert. Daraus ergibt sich insgesamt ein Potenzial für Waldenergieholz von 16,59 Mio. t_{atro}/a (bei 8 cm Mindestdurchmesser) bzw. 13,86 Mio. t_{atro}/a (bei 12 cm Mindestdurchmesser).

In Fritsche / Dehoust (2004) wird ein deutlich geringeres Potenzial für Waldrest- und Schwachholz angegeben. Auch dieser Studie liegen die Daten aus Dieter / Englert (2001) zu Grunde, doch wurden weitere restriktive Annahmen unterstellt, die zu einer Verringerung des Potenzials

führen. In Dieter / Englert (2001) wurde neben weiteren Annahmen von einer 100 %igen Ausnutzung des Rohholzes für die stoffliche Nutzung ausgegangen, mit unmittelbaren Auswirkungen auf das Waldrestholz. In Fritsche / Dehoust (2004) hingegen wurde nur eine 67 %ige Ausnutzung des Rohholzes im Jahr 2000 unterstellt, mit einem Anstieg auf 78 % im Jahr 2030. Die Annahmen stützen sich auf die vorangegangene Entwicklung des Rohholzeinschlags. Neben dem Ausschluss der Kernzonen der Naturschutzgebiete und Biosphärenreservate werden weitere Naturschutz- und Nachhaltigkeitsanforderungen unterstellt und bei der Nutzungskonkurrenz zwischen der stofflichen und energetischen Nutzung eine differenzierte Unterscheidungen vorgenommen.

In FNR (2005b), Kaltschmitt et al. (2003), Scheuermann et al. (2003) wird neben dem Waldrestholz und dem Schwachholz zusätzlich auch ein Teil des Rohholzes als aktivierbares Potenzial angesehen. Rohholz bezeichnet im Allgemeinen den Zuwachs an Holz, der für eine stoffliche Nutzung eingeschlagen wird. Im Hinblick auf eine energetische Betrachtung stellt es jedoch den Teil des zuwachsenden Waldholzes dar, der stofflich nicht verwertet wird und daher theoretisch als Energieholzpotenzial zur Verfügung stünde. Als Grundlage zur Berechnung dieses Energieholzpotenzials dienen Angaben zum jährlichen Rohholzzuwachs und zum jährlichen Einschlag für die stoffliche Nutzung, die aus der Bundeswaldinventur (BWI) und Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes entnommen werden können. Kernzonen aus Nationalparks und Biosphärenreservaten werden in den Potenzialberechnungen nicht berücksichtigt. Kaltschmitt et al. (2003) führen ihre Berechnungen anhand von Werten aus dem Statistischen Jahrbuch der BRD (von 2001) mit einem Zuwachs von 53 Mio. m³/a und einem Einschlag von 38 Mio. m³/a (jährliches Mittel von 1992-2000) durch. Aus der Differenz ergibt sich das potenziell für eine energetische Verwertung zur Verfügung stehende Rohholz von 15 Mio. m³/a (bzw. 7,5 Mio. t TS), was einem Energiepotenzial von 140 PJ/a entspricht. Auch Scheuermann et al. (2003) gehen davon aus, das im Mittel nur ca. 70 % des am Markt absetzbaren Rohholzes zu stofflichen Verwertungszwecken eingeschlagen werden und deshalb ca. 7,5 Mio. t TS (bzw. 132 PJ/a) energetisch genutzt werden könnten.

In Dieter / Englert (2001) sowie in Fritsche / Dehoust (2004) wird im Rohholz kein zusätzlich aktivierbares Potenzial gesehen. Als Begründung für diese Annahme wird angeführt, dass die Kostendeckung durch die stoffliche Nutzung des Stammholzes erzielt wird und mit dem Waldrestholz nur ein zusätzlicher Ertrag erreicht werden kann. Ob jedoch von den verbleibenden 30 % auch ein Teil für die stoffliche Nutzung kostendeckend eingeschlagen werden und somit das Waldrestholzpotenzial erhöht werden könnte, ist eine offene Frage, die auch im Rahmen von Dendrom behandelt wird. Des weiteren ist nicht zu erwarten, dass der gesamte jährliche Zuwachs einer Nutzung zur Verfügung steht, da bspw. Holz aus Privatwäldern schwer zu aktivieren ist. Das gesamte, derzeit nicht genutzte Waldholz als Potenzial für Energieholz anzusehen, ist jedoch als nicht realistisch anzusehen. Im Rahmen dieser Darstellung wird kein zusätzliches Potenzial durch nicht genutztes Rohholz unterstellt. In Tabelle 1 sind die verschiedenen Literaturquellen mit den Potenzialangaben dargestellt. Die fett gedruckten Werte geben die Spannbreite der genannten Potenziale wider.

Tabelle 1: Energiepotenziale aus Wald-, Waldrest- und Schwachholz

Energie-träger	Datenart	Dieter/ Eng- lert 2001, Leible 2003	Kaltschmitt 2003	Scheuermann 2003	FNR 2005b ⁽⁶⁾	Fritsche/ Dehoust 2004	Marutzky 2003, 2004	
Waldrest- holz	energetisch nutzbare Menge [Mio. t TS/a]	9,59	9,60	13,70 (FM) ⁽¹⁾	13,70 (FM) ⁽¹⁾	4,6		
		4,6-9,6 Mio. t TS/a						
	Energiepotenzial [PJ/a]		178,00	169,00	169,00	149,0 ⁽²⁾		
		80-180 PJ/a						
Schwach- holz BHD 8-16 cm	energe- tisch nutz- bare Men- ge [Mio. t TS/a]	8-12 cm	2,72	7,00	10,00 (FM) ⁽¹⁾	10,00 (FM) ⁽¹⁾	1,93	
		12-16 cm	4,27				1,87	
		8-16 cm	4-7 Mio. t TS/a					
	Energie- potenzial [PJ/a]	8-12 cm		130,00	123,00	123,00		
		12-16 cm						
			8-16 cm	110-130 PJ/a				
Waldholz	Zuwachs [Mio. m ³ /a]		53 ⁽³⁾	57,4 ⁽⁵⁾			57	
			~57 Mio. m³/a					
	energetisch nutzbare Menge [Mio. t TS/a]		7,5	7,5	10,70 (FM)		10 (FM) oder 14,6 Mio. m ³ /a	
			7,5 Mio. t TS/a					
	Energiepotenzial [PJ/a]		140,0 ⁽⁴⁾	132,0 ⁽⁴⁾	132,0	140,0 ⁽⁷⁾		
		132 bis 140 PJ/a						

⁽¹⁾ Frischmassegewicht bei einem Wassergehalt von 30 % (entspricht den Trockensubstanzmengen von Dieter / Englert (2001))⁽²⁾ Energiepotenzial von Waldrestholz und Schwachholz zusammen⁽³⁾ Kaltschmitt et al. 2003 sprechen hier vom vermarktaren Zuwachs. Als Rohholzzuwachs geben sie 57,4 Mio. m³ an.⁽⁴⁾ Die Differenz der Energiepotenziale trotz gleicher TS-Werte für die energetisch nutzbare Menge erklärt sich durch die unterschiedlichen Wassergehalte und Heizwerten der zur Berechnung herangezogenen Massen.⁽⁵⁾ 57,4 Mio. m³ entsprechen 28,7 Mio. t TS.⁽⁶⁾ Werte sind von Scheuermann et al. 2003 übernommen. Energetisch nutzbare Menge von 10,7 Mio. t FM (mit Wassergehalt 30 %) entspricht 7,5 Mio. t TS.⁽⁷⁾ Theoretisches Potenzial, das jedoch in der Studie keine Berücksichtigung findet.

2.2. Industrierestholz

Industrierestholz beinhaltet die im Rahmen der Holzaufbereitung, -verarbeitung sowie -produktion als Rückstände, Nebenprodukte und Abfälle anfallenden Holzreste. Bedeutende Rückstandsmengen treten in der Sägewerksindustrie, der Holzwerkstoffindustrie und der Bau-, Holz- und Möbelindustrie auf. Die Aufkommensmengen in den Sägewerken lassen sich anhand der Schnittholzproduktion berechnen, dabei fallen ca. 35 % der Abfallstoffe in Form von Schwarten und Spreißeln (inkl. Rinde) an, der Rest sind Hackschnitzel und Sägespäne (30 %) sowie Stückholz (5 %) (Kaltschmitt et al. 2003). Die Rückstände aus der Holzwerkstoffindustrie bestehen hauptsächlich aus Rinde und Holzabschnitten, sie können über den Produktionsumfang ermittelt werden. In der Möbelindustrie werden die Produkte aus den Sägewerken und der Holzwerkstoffindustrie verarbeitet, hier schwanken die Holzrestanfalle zwischen 10 % (aus Zimme-

reien) und 50 % (bei hochqualitativen Anwendungen, z.B. Fenster) des Eingangsmaterials (Fritsche / Dehoust 2004). Zusätzliche Reststoffmengen fallen als Rinden in der Papier- und Zellstoffindustrie an, sie lassen sich aus dem Rohholzeinsatz (ca. 4 Mio. Fm) und dem Rindenanteil (etwa 10 %) ableiten (Scheuermann et al. 2003). Insgesamt ergeben sich aus allen aufgeführten Industriezweigen Aufkommensmengen von rd. 9 Mio. t FM. Die Berechnung der energetisch nutzbaren Menge erfolgt über Abzüge vom Gesamtaufkommen für stofflich verwendete Abfälle (rd. 4,7 Mio. t FM) und Teilmengen, die wieder unmittelbar in den technologischen Prozess einbezogen werden (in Sägewerken ca. 40 %) (vgl. Fritsche / Dehoust 2004; Kaltschmitt et al. 2003). So verbleiben ca. 4 Mio. t FM für eine energetische Verwertung. Sowohl Leible et al. (2003) als auch Fritsche / Dehoust (2004) gehen davon aus, dass traditionell ein hoher Anteil der energetischen Nutzung primär in den Betrieben erfolgt, in denen die Resthölzer auch anfallen. Über die spezifischen Heizwerte entsprechend der Wassergehalte der Abfallstoffe lässt sich ein jährliches Energiepotenzial aus Industrierestholz von rd. 57 PJ ermitteln. Eine zusammenfassende Übersicht ist in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Energiepotenziale aus Industrierestholz

Datenart	Energieträger	Kaltschmitt 2003	Leible 2003 ⁽¹⁾ Fritsche / Dehoust 2004	Scheuermann 2003 FNR 2005b ⁽²⁾
Aufkommens- menge (Mio. t FM/a)	Industrierestholz	8,1-9,8	8,5	8,6
	Sägeindustrie	4,8	5,0	5,7
	Holzwerkstoffindustrie	1,6	0,5	1,5
	Bau-, Holz- u. Möbelindustrie	1,7-3,4	3,0	1,7-3,4
	Papier-/Zellstoffindustrie	0,1	k. A.	k. A.
energetisch nutzbare Menge ⁽³⁾ (Mio. t FM/a)	Industrierestholz	3,65	3,85	4
	Sägeindustrie	1,9	0,5	2,2
	Holzwerkstoffindustrie	0,9	0,35	0,9
	Bau-, Holz- u. Möbelindustrie	0,75	3,0	0,8
	Papier-/Zellstoffindustrie	0,1	k. A.	0,1
Energie- potenzial (PJ/a)	Industrierestholz	58,00	55,00	57
	Sägeindustrie	30	4	
	Holzwerkstoffindustrie	14	46	
	Bau-, Holz- u. Möbelindustrie	12	5	
	Papier-/Zellstoffindustrie	2	k. A.	

⁽¹⁾ Die Aufkommens- und energetisch nutzbare Mengen sind von Leible et al. 2003 (Angaben beziehen sich auf Marutzky / Seeger 1999). Fritsche / Dehoust (2004) haben diese Daten im Original von Leible et al. übernommen und daraus eigene Energiepotenziale berechnet.

⁽²⁾ Werte von Scheuermann et al. (2003) im Original übernommen

⁽³⁾ Frischmasse der energetisch nutzbaren Mengen mit gemittelten Wassergehalten von 15 % (Kaltschmitt 2003), 23 % (Scheuermann 2003) und 50 % bei Sägeresten sowie 15 % bei übrigen Holzresten (Fritsche / Dehoust 2004)

2.3. Altholz

Alt- und Gebrauchtholz fällt als Rückstand überall dort an, wo Holz aus dem Nutzungsprozess ausscheidet. Es kann sich dabei um reine Holzabfallstoffe oder um Verbundstoffe mit überwiegender Holzanteil handeln. Die anfallende Menge an Alt- und Gebrauchtholz wird aus dem Altholzaufkommen pro Einwohner und Jahr (ca. 97 Mio. t FM/E*a ohne Import/Export) sowie der Einwohnerzahl Deutschlands (etwa 82 Mio.) berechnet, hilfreich sind hierbei die Abfallstatistiken

der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger und Angaben der Statistischen Landesämter (Scheuermann et al. 2003). Insgesamt beträgt das jährliche Altholzaufkommen etwa 8 Mio. t FM im Jahr. Mantau / Weimar (2003) ermitteln durch telefonische und schriftliche Befragungen von Altholz entsorgenden Betrieben (955 Fragebögen ausgewertet) in ihrer Studie ein deutlich geringeres Aufkommen von rd. 5 Mio. t (lutro). Dabei handelt es sich lediglich um die an Endverwerter verkaufte Menge, ohne Berücksichtigung der an andere Altholzaufbereiter weitergeleiteten Menge von rd. 1 Mio. t (lutro). Die Autoren merken dazu an, dass das von ihnen ermittelte potenzielle Marktvolumen in den nächsten Jahren weitere Zuwächse verzeichnen wird. Als Gründe führen sie die steigende Attraktivität des Sekundärrohstoffs und den Beginn des Deponierungsverbots im Jahr 2005 an, wodurch die momentan über das Sperrmüllsortiment auf kommunalen Deponien beseitigten Altholzmengen als bislang ungenutzte Potenziale erschlossen werden können. Aus den geringeren Aufkommensmengen bei Mantau / Weimar (2003) ergibt sich ein energetisch nutzbares Mengenpotenzial, welches ebenfalls deutlich unter dem von Kaltschmitt et al. (2003), Scheuermann et al. (2003) und Fritsche / Dehoust (2004) berechneten liegt. Es beträgt rd. 2,7 Mio. t (lutro) Material, wovon 0,12 Mio. t innerbetrieblich und 2,51 Mio. t im Inland verwertet werden. In den anderen Studien ergibt sich die energetisch nutzbare Menge von ca. 6 Mio. t FM (bzw. 5 Mio. t TS) aus dem Aufkommen abzüglich des in der Spanplattenindustrie stofflich genutzten Anteils von rd. 1,9 Mio. t FM. Während Mantau / Weimar (2003) kein Energiepotenzial ermittelt haben, ergibt sich aus anderen Arbeiten ein Potenzial von jährlich ca. 80 PJ (vgl. Tabelle 3). Kaltschmitt et al. (2003) geben dabei eine deutlich größere Spanne von bis zu 112 PJ/a an als Scheuermann et al. (2003) und Fritsche / Dehoust (2004) mit 78 PJ/a. Bei letzteren stimmen die Energiepotenziale nur dann überein, wenn man von Fritsche / Dehoust (2004) das Biomasseszenario heranzieht, welches im Unterschied zum Referenzszenario von einer 100 %igen Verfügbarkeit der Altholzfraktionen aus Mischmüllfraktionen (anstelle von 90 %) und einer generellen Verfügbarkeit von Altholz aus dem Hausmüll ausgeht.³

Tabelle 3: Energiepotenziale aus Altholz

Datenart	Mantau / Weimar 2003	Kaltschmitt 2003	Fritsche / Dehoust 2004	Scheuermann 2003 FNR 2005b ⁽²⁾
Aufkommensmenge ⁽¹⁾ [Mio. t FM/a]	5 (lutro)		7,9	7,9
	8 Mio. t FM			
energetisch nutzbare Menge [Mio. t FM/a]	2,7 (lutro)	5,1 – 7,2	6	6
	6 Mio. t FM (5 Mio. t TS)			
Energiepotenzial [PJ/a]		80 bis 112	69 ⁽³⁾	78
	80 PJ/a			

lutro = lufttrocken

⁽¹⁾ weitere Angaben zum Altholzaufkommen 7,7 Mio. t FM (Leible et al. 2003) und 7,5-8,5 Mio. t FM (Marutzky 2004)

⁽²⁾ Werte von Scheuermann et al. (2003) im Original übernommen

⁽³⁾ Biomasseszenario 78 PJ/a

³ In der Studie von Fritsche / Dehoust (2004) werden insgesamt drei Szenarien untersucht. Die hier angegebenen Werte beziehen sich auf das energiewirtschaftliche Referenzszenario, welches eine Fortschreibung der aktuellen Entwicklungen ohne aktive Politik wiedergibt. Die beiden anderen Szenarien unterstellen eine massive Effizienzsteigerung und den Ausbau erneuerbarer Energien insgesamt bei starken umwelt- und naturschutzbedingten Restriktionen (Umweltszenario) bzw. einen maximal technischen Fortschritt bei der Anlagentechnik ohne weitergehende Naturschutzrestriktionen und eine massive Unterstützung der Biomasse (Biomasseszenario).

3. Landwirtschaftliche Biomasse

3.1. Landwirtschaftliche Abfälle und Reststoffe

3.1.1. Stroh

Das gesamte Aufkommen an Stroh wird über die Kornerträge (je ha), die Getreideanbauflächen und das Korn-Stroh-Verhältnis ermittelt. Die Angaben für das jährlich anfallende Stroh auf landwirtschaftlichen Flächen liegen in den untersuchten Arbeiten im Bereich von 36 bis 49 Mio. t (im Jahr 2000, Anfallzustand - keine Trockensubstanz) (Fritsche / Dehoust 2004; Kaltschmitt et al. 2003; Leible et al. 2003; Scheuermann et al. 2003). Der deutlich geringere Wert bei (Fritsche / Dehoust 2004) von 36 Mio. t/a ergibt sich durch die Eingrenzung der betrachteten Anbauarten. So beschränken sie sich auf das Strohaufkommen von Getreide, während in den übrigen Studien auch Ölsaatenstroh (Raps) und Mais sowie sonstiges Stroh (v.a. Körnerleguminosen) Berücksichtigung finden. Auf die Berechnung des energetisch nutzbaren Anteils vom Gesamtaufkommen haben zwei Faktoren maßgeblichen Einfluss, der Einstreubedarf in der Tierhaltung und das für den Nährstoffkreislauf auf dem Feld verbleibende Stroh. Hier variieren die Annahmen in den einzelnen Studien stark. Während Leible et al. (2003) für diese Faktoren einen Abschlag auf das Gesamtaufkommen von ‚nur‘ 48-63 %⁴ vornimmt, sind es bei Kaltschmitt et al. 2003 und Scheuermann et al. 2003 durchschnittlich 80 % und bei Fritsche et al. 2004 sogar 88 %. Bei letzterem verringert sich die energetisch nutzbare Menge zusätzlich durch das Herabsetzen der Mobilisierungsrate auf 90 %. So lassen sich die divergierenden Angaben für die energetisch nutzbaren Strohmenge (Leible 19 Mio. t/a, Kaltschmitt 9,3 Mio. t/a, Scheuermann 9,3 Mio. t/a, Fritsche 4,2 Mio. t/a) nicht nur auf die zu Grunde gelegten Aufkommensmengen, sondern auch auf unterschiedliche Wertungen der Einflussfaktoren zurückführen. In den ausgewerteten Arbeiten wird die energetische Verwertung des Strohs als Festbrennstoff angenommen und über den Heizwert aus der energetisch nutzbaren Strohmenge das Energiepotenzial berechnet. Die FNR (2005b), Kaltschmitt et al. (2003) und Scheuermann et al. (2003) übernehmen in ihren Studien das von Hartmann / Kaltschmitt (2002) ermittelte Energiepotenzial von 130 PJ/a, während Fritsche / Dehoust (2004) auf der Basis der zuvor errechneten deutlich geringeren nutzbaren Strohmenge nur 59 PJ/a angeben. In zwei Arbeiten (Kaltschmitt et al. (2003); Scheuermann et al. (2003)) wird zusätzlich die Option einer Nutzung des Energieträgers zur Biogasgewinnung betrachtet, woraus Energiepotenziale von 38-66 PJ/a bereitgestellt werden können (Tabelle 4).

Bezieht man anstelle des Referenzszenarios das auf eine stärkere Förderung der Biomasse abzielende Biomasseszenario von Fritsche / Dehoust (2004) in die Potenzialbetrachtungen ein und berücksichtigt aus den anderen Studien nur den Anteil des Getreides am Gesamtpotenzial, nähern sich die Werte der energetisch nutzbaren Strohmenge einander an (rd. 7,9 Mio. t/a bei Fritsche / Dehoust (2004) und 7,6 Mio. t/a bei Kaltschmitt sowie Scheuermann). Gleiches gilt für die Energiepotenziale (110 PJ bei Fritsche und rd. 109 PJ bei Kaltschmitt sowie Scheuermann). In Abhängigkeit von der energetischen Nutzungsart sind demnach Energiepotenziale aus dem anfallenden (Überschuss-)Stroh (alle Stroharten) im mittleren Bereich der Spanne von 60-130 PJ/a (Brennstoff) bzw. 38-66 PJ/a (Biogas) wahrscheinlich.

⁴ Leible et al. 2003 unterstellt bei der Abschätzung der energetisch nutzbaren Strohmenge, dass rd. 70 % des Strohs, das als Einstreu oder Futter in der Viehhaltung verwendet wird, wieder auf das Feld zurückgelangt (ebd. S.27). Diese Annahme lässt sich bei Fritsche et al. 2004 wieder finden (ebd. S.83).

3.1.2. Ernterückstände und Grünlandbiomasse

Neben dem Stroh, das den Hauptanteil des aus der Landwirtschaft stammenden Energiepotenzials stellt, gibt es noch weitere Biomassesortimente aus diesem Sektor, die sich für eine energetische Nutzung eignen. Hierzu gehören Ernterückstände (vorrangig Rübenblätter und Kartoffelkraut aber auch Rückstände aus der Gemüse- und Zierpflanzenproduktion und dem Wein- und Hopfenanbau), Gras von Dauergrünland und tierische Abfälle, wie Exkremamente und Einstreu. Diese landwirtschaftlichen Abfallstoffe fallen teilweise in erheblichen Mengen an, Ernterückstände 28 bis 30 Mio. t FM/a (Kaltschmitt et al. (2003); Scheuermann et al. (2003)) und Gras von Dauergrünland ca. 33 Mio. t FM/a (Fritsche / Dehoust 2004); Kaltschmitt et al. (2003); Scheuermann et al. (2003)), können auf Grund konkurrierender Nutzungen (Tierfutter, Gründünger) oder technischer Einschränkungen jedoch nur zum Teil für eine Energiegewinnung herangezogen werden. Dabei wird vorrangig von einer Verwendung zur Biogasgewinnung ausgegangen. Variierende Trockensubstanzgehalte und Gaserträge der einzelnen Energieträger beeinflussen die Energiepotenziale erheblich. So fällt Kartoffelkraut im Vergleich zu Rübenblatt in deutlich geringerem Umfang an (K: 4,4 Mio. t FM/a, R: 23 Mio. t FM/a), weist jedoch auf Grund des höheren Trockensubstanzanteils (K: 20 %, R: 10 %) und Gasertrages (K: 0,89 m³/kg, R: 0,475 m³/kg) ein ähnlich hohes Energiepotenzial (K: 6,15 PJ/a, R: 8,85 PJ/a) auf (Kaltschmitt et al. 2003). Insgesamt stehen aus Ernterückständen jährlich 0,9 bis 1,2 Mio. t TS bzw. 9 bis 16 PJ und aus Gras von Dauergrünland 1,2 bis 2,3 Mio. t TS bzw. 19,5 PJ für eine energetische Verwertung zur Verfügung (Tabelle 4). Die FNR (2005b) geht von einer Verwendung des Grasnchnitts als Festbrennstoff aus und übernimmt dafür die Daten von Scheuermann et al. 2003, mit einer energetisch nutzbaren Menge von 2,6-3,9 Mio. t FM, aus welcher ein Brennstoffpotenzial von 37-55 PJ/a resultiert. Dabei verweist sie jedoch darauf, dass dieses Potenzial bei einer Nutzung des Energieträgers zur Biogasgewinnung nicht zur Verfügung steht.

3.1.3. Tierische Abfälle

Das höchste energetische Potenzial zur Biogasgewinnung im Landwirtschaftssektor stammt aus der Nutztierhaltung. Die hier anfallenden Exkremamente- und Festmistmengen von rd. 162 Mio. t FM (entspricht 15,5 Mio. t TS) im Jahr können zu 100 % energetisch genutzt werden und stellen ein Energiepotenzial von rd. 96 PJ/a dar (Kaltschmitt et al. (2003); Scheuermann et al. (2003)). Restriktionen ergeben sich jedoch bereits bei der Berechnung der Anfallsmengen. So können aus technischen und wirtschaftlichen Gründen nicht alle Exkremamente für eine energetische Nutzung erfasst werden, ausgenommen sind Tierbestände in Weidehaltung bzw. Freilandgeflügel sowie kleine Bestände mit Tierbestandszahlen von weniger als 20 (50) Rindern, 100 Schweinen oder 5.000 Geflügel (Fritsche / Dehoust (2004); Kaltschmitt et al. (2003)). Unterschiede in den berechneten Energiepotenzialen von Fritsche et al. 2004 und Kaltschmitt et al. (2003) ergeben sich durch abweichende Annahmen hinsichtlich der betrachteten Tierbestandszahlen⁵. Bezieht man jedoch anstelle des hier aufgeführten Referenzszenarios von Fritsche et al. (2004) das Biomasseszenario - in welchem mit dem Ziel einer Maximierung der nutzbaren Exkrementmenge auf Weidehaltung von Rindern verzichtet wird - in den Vergleich mit ein, so nähern sich die Energiepotenziale einander an (94 PJ/a bei Fritsche et al. (2004) und 96,5 PJ/a bei Kaltschmitt et al. (2003)).

⁵ Fritsche et al. 2004 betrachten Rinderbetriebe erst ab Tierbestandszahlen von > 50, Kaltschmitt et al. (2003) und Scheuermann et al. (2003) dagegen schon ab > 20. Dadurch ergibt sich für die energetisch nutzbare Menge eine Differenz von 420 Mio. m³ und ein entsprechend niedrigeres Energiepotenzial bei Fritsche et al. (2004).

Tabelle 4: Energiepotenziale von landwirtschaftlichen Reststoffen

Energie-träger	Datenart	Kaltschmitt 2003	Scheuermann 2003	Fritsche / Dehoust 2004	FNR 2005b	FNR 2005a
Stroh	Anfall (Mio. t FM/a)	48,9	49,2	36,1	46	
	energetisch nutzbar (Mio. t TS/a)	7,6	7,3	4,2		
	Brennstoffpotenzial (PJ/a)	130	130	59	130	
	Alternativ: Biogaspotenzial (PJ/a)	38,5-66,4	38-63			
Ernterück-stände	Anfall (Mio. t FM/a)	29,6	29,55	27,6		
	energetisch nutzbar (Mio. t TS/a)	1,2	1,20	0,9		
	Brennstoffpotenzial (PJ/a)	16,4	13,5	9,1		13,7
Gras	Anfall (Mio. t FM/a)	32,8	32,8			
	energetisch nutzbar (Mio. t TS/a)	1,2	2,3	0,0	3,3 (FM)	
	Brennstoffpotenzial (PJ/a)	20,0	19,0	0,0	46,0	
tierische Abfälle	Anfall (Mio. t FM/a)	162,3				
	energetisch nutzbar (Mio. t TS/a)	15,5	15,5	4,1 Mrd. m ³ /a		
	Brennstoffpotenzial (PJ/a)	96,5	96,0	88,0		96,5
Biogaspotenzial						

Anfallsmengen für FM im Erntezustand, energetisch nutzbare Mengen für FM mit Wassergehalt (W) 15 %

Weitere Angabe für Stroh von Leible et al. 2003: Aufkommen 42,7 Mio. t FM und energetisch nutzbare Menge 16-22 Mio. t FM

3.2. Energiepflanzen

Darüber hinaus sind weitere Potenziale durch die energetische Nutzung von Energiepflanzen aktivierbar. An dieser Stelle soll mittels vereinfachter Annahmen vorab eine Abschätzung über dieses Potenzial gegeben werden.

Als Energiepflanzen werden ein- oder mehrjährige Kulturpflanzen bezeichnet, die zur ausschließlichen energetischen Verwertung auf landwirtschaftlichen Nutzflächen angebaut werden (Kaltschmitt et al. 2003; Scheuermann et al. 2003). Die so erzeugte Biomasse kann zur Biogas- und Ethanolgewinnung, als flüssiger Energieträger oder als Festbrennstoff eingesetzt werden. In den einschlägigen Studien wird von aktuell rd. 2 Mio. ha für den Energiepflanzenanbau zur Verfügung stehenden Flächen ausgegangen, die sich aus 1,1 Mio. ha Stilllegungsflächen zusätzlich der bereits bestehenden Rapsanbauflächen zur Energiegewinnung zusammensetzen (Kaltschmitt et al. 2003; Scheuermann et al. 2003; beide zitiert nach Kaltschmitt/ Hartmann 2001 und Schneider 2002).

Kaltschmitt et al. 2003 gehen davon aus, dass diese Flächen zu jeweils einem Drittel zum Anbau von Pflanzen zur Biogassubstrat-, Pflanzenölsubstrat- und Festbrennstoffgewinnung genutzt werden. Methodisch werden dabei die Biogas-, Pflanzenöl- und Brennstoffpotenziale für jeweils 2 Mio. ha ermittelt und anschließend je ein Drittel in die Summe des gesamten Potenzials eingerechnet (Ebd.: 33). Bei Scheuermann et al. 2003 findet man eine ähnliche Vorgehensweise, hier werden jedoch die Potenziale für vier Verwendungsarten von Energiepflanzen bestimmt. Es erfolgt eine Potenzialabschätzung für die Erzeugung von Biogas, Pflanzenöl, Festbrennstoff und Bioethanol auf jeweils 2 Mio. ha Anbaufläche. In die abschließenden Potenzialberechnungen gehen jedoch nur die Potenziale für Anbauflächen von je 500.000 ha für die vier Verwertungswege ein und bilden zusammen die Summe des gesamten Potenzials (Scheuer-

mann et al. 2003: 34/35). Damit wurde sichergestellt, dass keine Mehrfachnutzung bzw. -berücksichtigung der vorhanden 2 Mio. ha Anbaufläche erfolgt. Die FNR (2005b) nimmt bei der Ermittlung des Energiepotenzials eine ausschließliche Nutzung als Festbrennstoff an, bestätigen jedoch gleichzeitig, dass eine solche Verwendung bisher kaum stattfindet (ebd.: 30, 35). Ihre Berechnungen basieren auf denen von Scheuermann et al. 2003 und gehen von einem Anbau auf 2 Mio. ha im Drittmix aus Getreidepflanzen, Energiegräsern (*Miscanthus* u. a.) sowie im Kurzumtrieb bewirtschaftete schnell wachsende Baumarten (Pappeln) aus. In der Studie Fritsche / Dehoust 2004 gibt es keine Angaben zum heutigen Stand der Energiepflanzenutzung, es werden jedoch Annahmen für Szenario-Zeiträume bis 2030 getroffen. Die Berechnung der Anbauflächenpotenziale (Tabelle 5) erfolgt über die Ermittlung der Flächensalden (Acker-, Grünland- und Stilllegungsflächen) zwischen dem Szenariojahr und dem Basisjahr (2000) abzüglich der Flächenverluste, des Flächenverbrauchs für Verkehr und Siedlung sowie der Flächen für Naturschutzanforderungen (Fritsche / Dehoust 2004: 190).

Tabelle 5: Energiepotenziale aus dem Energiepflanzenanbau

Nutzung als ...	Datenart	Kaltschmitt 2003	Scheuermann 2003	Fritsche / Dehoust 2004		
		2000	2000	2010	2020	2030
	Anbaufläche (Mio. ha)	2,0	2,0	2,0	2,5	3,5
Festbrennstoff	energetisch nutzbare Menge (Mio. t TS/a)	6,9	5,1			
	Energiepotenzial (PJ/a)	122,0	91,0			
Biogas	energetisch nutzbare Menge (Mio. t TS/a)	8,7	6,5			
	Energiepotenzial (PJ/a)	79,0	59,0			
Pflanzenöl	energetisch nutzbare Menge (Mio. t FM/a)	6,5	4,0			
	Energiepotenzial (PJ/a)	97,6	73,0			
Bioethanol	energetisch nutzbare Menge (Mio. t TS/a)		3 Mio. m ³			
	Energiepotenzial (PJ/a)		87,0			

Weitere Angaben für Energiepotenziale auf jeweils 2 Mio. ha Anbaufläche: Biogasgewinnung 236 PJ/a (FNR 2005a), Festbrennstoffgewinnung 365 PJ/a (FNR 2005b)

4. Biomasse aus der Landschaftspflege

4.1. Landschaftspflegeholz

Ein zusätzliches, wenn auch eher geringes Potenzial an energetisch verwertbarem Brennstoff lässt sich aus Landschaftspflegeholz gewinnen. Es fällt bei der Unterhaltung von Windschutzhecken, Ufergehölzen und Straßenrandhölzern an. Ein zusätzliches Potenzial stammt aus den Rechenanlagen wasserbaulicher Einrichtungen, z.B. Schleusen und Wasserkraftwerke. Insgesamt ergeben sich energetisch nutzbare Mengen von jährlich ca. 0,5 Mio. t FM (Wassergehalt 50 %) bzw. 0,2 Mio. t TS (vgl. Kaltschmitt et al. 2003; Scheuermann et al. 2003). Davon stammen 0,11 Mio. t FM/a von Verkehrswegen, 0,02 Mio. t FM/a von Gewässerrändern, 0,33 Mio. t FM/a von Windschutzpflanzungen und 0,04 Mio. t FM/a aus Rechenanlagen. Das daraus resultierende Energiepotenzial beträgt rd. 4 PJ/a (Scheuermann et al. 2003).

4.2. Landschaftspflegematerial

Unter Landschaftspflegematerial werden in den untersuchten Studien sowohl organische Rückstände aus der Pflege von öffentlichen Grünflächen (Parks und Sportplätze, Friedhöfe, Straßenrandpflege) als auch das aus der Landschaftspflege anfallende Material (ehemalige landwirtschaftliche Nutzflächen, die aus Gründen des Landschafts- und Naturschutzes gepflegt werden) verstanden. Die Ermittlung der anfallenden Mengen erfolgt auf Basis der in Anspruch genommenen Flächen (in ha) und Straßenlängen (in km) und dem mittleren spezifischen Biomasseaufkommen (in t/ha bzw. t/km). So ergeben sich im Mittel Aufkommensmengen von ca. 3 Mio. t FM im Jahr (Kaltschmitt et al. 2003). Für die energetische Nutzung stehen etwa ein bis zwei Drittel der Aufkommensmengen von Parks und Sportplätzen, Friedhöfen sowie Straßenrändern und 25-50 % des Landschaftspflegematerials von Naturschutzflächen als Potenzial zur Verfügung (Kaltschmitt et al. 2003; Scheuermann et al. 2003). Entsprechend dieser variablen Berechnungsgrundlagen erhält man Mengenbereiche von 0,5 - 0,9 Mio. t TS (bzw. 0,8 - 1,8 Mio. t FM) (FNR 2005b; Kaltschmitt et al. 2003; Scheuermann et al. 2003). Je nach der Art der energetischen Verwendung – Verbrennung oder Gasgewinnung - ergeben sich über die Gaserträge (0,8 - 1,6 m³/kg⁽⁶⁾) und die mittleren Heizwerte (Brennstoff: 12 MJ/kg, Biogas: 21,4 MJ/m³) Energiepotenziale von 6 - 16 PJ/a (Biogas) bzw. 10 - 22 PJ/a (Brennstoff) (Tabelle 6).

Tabelle 6: Energiepotenziale von Landschaftspflegeresten

Datenart	Energieträger	Kaltschmitt 2003	Scheuermann 2003	FNR 2005b	FNR 2005a
Aufkommensmenge (Mio. t FM/a)	Gesamte Landschaftspflegereste	3,09			
	Parks und Sportplätze	0,55			
	Friedhöfe	0,22			
	Straßenrandpflege	0,92			
	Landschaftspflegematerial	1,4			
energetisch nutzbare Menge (Mio. t TS/a)	Gesamte Landschaftspflegereste	0,45-0,9	0,5-0,9	0,9-1,8 (FM)	
	Parks und Sportplätze	0,2-0,4			
	Friedhöfe				
	Straßenrandpflege				
	Landschaftspflegematerial	0,25-0,5			
Biogas-potenzial (PJ/a)	Gesamte Landschaftspflegereste	6-12	8-16		12,00
	Parks und Sportplätze	2,6-5,2			
	Friedhöfe				
	Straßenrandpflege				
	Landschaftspflegematerial	3,4-6,8			
Brennstoff-potenzial (PJ/a)	Gesamte Landschaftspflegereste	9,8-19,8	11-22	11-22	
	Parks und Sportplätze	2,4-4,8			
	Friedhöfe	0,8-1,8			
	Straßenrandpflege	2,4-4,8			
	Landschaftspflegematerial	4,2-8,4			

Anfallsmengen für FM im Erntezustand

Energetisch nutzbare Mengen für FM mit Wassergehalt (W) 15 %, TS mit W = 0 %

Biogas- bzw. Brennstoffpotenzial bezieht sich jeweils auf die gesamte energetisch nutzbare Menge.

⁶ Scheuermann et al. 2003 geben einen Gasertrag von 0,83 m³/kg an. Kaltschmitt et al. 2003 geben keinen Gasertrag sondern nur ein Gaspotenzial von 280-560 Mio. m³ an. Zusammen mit der energetisch nutzbaren Trockensubstanz (0,45-0,9 Mio. t) lässt sich daraus rechnerisch ein deutlich höherer Gasertrag von 1,6 m³/kg ermitteln.

5. Sonstige Biomasse

5.1. Industrielle und gewerbliche Abfälle

Unter industriellen und gewerblichen Abfällen werden in den hier betrachteten Studien vergärbare organische Substrate (flüssig) verstanden, die in nennenswerten Mengen anfallen und sich für eine energetische Nutzung eignen. Die potenziellen Energieträger Klärgas und Klärschlamm werden ausgeklammert und als eigenständige Biomassefraktion behandelt. Die gesamte Aufkommensmenge industrieller und gewerblicher Abfälle beträgt nach Fritsche / Dehoust (2004), Kaltschmitt et al. (2003) und Scheuermann et al. (2003) (alle zitiert nach Hartmann / Kaltschmitt (2002)) rd. 7 Mio. t FM (im Anfallzustand). Dieses Aufkommen ergibt sich aus den Abfallmengen in den Wirtschaftszweigen Bierherstellung, Produktion und Verarbeitung von Früchten, Weinkelterei, Schlachthöfe / Fleischverarbeitung und Zuckerindustrie in den Jahren 1998/99. Die Berechnung der energetisch nutzbaren Menge erfolgt über die durchschnittlichen Trockensubstanzgehalte und prozentuale Abschätzungen der stofflich ungenutzten Anteile in den einzelnen Abfallfraktionen. Insgesamt beträgt die nutzbare Energiemenge aus allen Abfällen durchschnittlich 0,8 Mio. t TS, das entspricht bei mittleren Gaserträgen von 0,3 - 0,9 m³/kg TS einem Biogaspotenzial von 9 PJ im Jahr (Scheuermann et al. 2003).

5.2. Siedlungsabfälle

Organische Siedlungsabfälle fallen als biogene Anteile des privaten Hausmülls sowie als Garten-, Park- und Bioabfälle in den Kommunen an. Die Aufkommensmengen werden aus dem Anfall pro Einwohner und Jahr für Deutschland hochgerechnet. Die allen hier betrachteten Studien zu Grunde liegende jährliche Menge beträgt ca. 100 kg/E*a, also rd. 8,2 Mio. t. Kaltschmitt et al. (2003) und Scheuermann et al. (2003) gehen davon aus, dass rd. 90 % des gesamten Aufkommens, also 7,6 Mio. t FM (entspricht 1,5 Mio. t TS) im anaeroben Verfahren energetisch genutzt werden können, zuzüglich 50 % der organischen Abfälle aus Wochen- und Großmärkten (0,2 - 0,3 Mio. t). Bei Fritsche / Dehoust (2004) sind es dagegen 100 % der Bioabfälle und nur rd. 40 % der Garten- und Parkabfälle, die für die Biogaserzeugung genutzt werden. Die restlichen 60 % werden als holziges Material verbrannt. Insgesamt ergeben sich somit Biogaspotenziale von 12 PJ/a (Tabelle 7).

Tabelle 7: Energiepotenziale von Siedlungsabfällen

Datenart	Kaltschmitt 2003	Scheuermann 2003	Leible et al. 2003	Fritsche / Dehoust 2004	FNR 2005a
Aufkommensmenge [Mio. t FM/a]	8,2 ⁽¹⁾	8,2 ⁽¹⁾	7,7	8,17	
	8 Mio. t FM				
energetisch nutzbare Menge [Mio. t FM/a]	7,6 ⁽²⁾	7,6 ⁽²⁾			
	1,5 Mio. t TS (7,6 Mio. t FM)				
Biogaspotenzial [PJ/a]	12,5	13		11,7	12,5
	12 PJ/a				

⁽¹⁾ entspricht 100 kg/E*a

⁽²⁾ Frischmasse (FM) mit Wassergehalt von 15 %, entspricht 1,5 Mio. t TS

6. Zusammenfassung

In den vorangegangenen Kapiteln wurden anhand der einschlägigen Literaturquellen die Potenziale verschiedener Biomassesortimente dargestellt und die Annahmen und Methoden zur Bestimmung des Potenzials erläutert. Mit diesem Potenzial könnte theoretisch ein Teil des Bedarfs an Biomasse für die energetische Nutzung gedeckt werden. In Tabelle 8 sind zusammenfassend die Ergebnisse der betrachteten Biomassesortimente aufgeführt. Danach ergibt sich ein Potenzial zwischen 500 und 700 PJ/a, das sich zu ca. 40 % aus Waldrest- und Schwachholz zusammensetzt. Einen großen Anteil an dem Gesamtpotenzial stellen danach auch landwirtschaftliche Abfälle und Reststoffe mit 135 bis 200 PJ/a dar.

In Deutschland wurden bereits im Jahr 2005 über 400 PJ aus biogenen Quellen in der Energieversorgung eingesetzt (BMU 2006). Wenn biogene Energieträger weit über das heutige Maß hinaus zur Energieversorgung beitragen sollen, wird der Bedarf nach Strategien für eine Angebotserhöhung deutlich. Als Optionen steht zum einen die Nutzung von landwirtschaftlichen Flächen zur Verfügung, die in den Studien mit etwa 300 PJ/a durch den Anbau von Energiepflanzen ausgewiesen werden. Dabei wurde eine gleichmäßige Aufteilung auf die Bereiche Festbrennstoff, Biogas, Pflanzenöl und Bioethanol (nur bei Scheuermann et al. 2003) pauschal unterstellt und keine weiteren Kriterien für die Aufteilung auf die Endenergieträger berücksichtigt. Zum anderen ist im Bereich des Waldholzes ebenfalls theoretisch ungenutztes Potenzial vorhanden, das nach der gängigen Definition (über 16 cm Brusthöhendurchmesser) dem Potenzial für die stoffliche Nutzung zugerechnet wird. Allerdings wird kontrovers diskutiert, ob Teile dieses Potenzials überhaupt für die energetische Nutzung zur Verfügung stehen könnten. Dagegen sprechen ökonomische Gründe sowie andere Hemmnisse. Als Obergrenze kann das von Kaltschmitt et al. (2003), Scheuermann et al. (2003), FNR (2003) und Fritsche / Dehoust (2004) angegebene Waldholzpotenzial in der Größenordnung zwischen 132 und 140 PJ/a angesehen werden, das aus dem jährlichen nicht genutzten Zuwachs hergeleitet wurde. Damit könnte insgesamt das Biomassepotenzial auf 1.000 bis 1.200 PJ/a erhöht werden.

Tabelle 8: Übersicht über Biomassepotenziale

Energieträger	Brennstoffpotenzial [PJ/a]
Waldrestholz	80-180
Schwachholz	110-130
Industrierestholz	55 – 58
Altholz	80
Landschaftspflegeholz	4
Landwirtschaftliche Abfälle und Reststoffe	135 - 200
Landschaftspflegematerial	10 – 22
Industrielle und gewerbliche Abfälle	9 (Biogaspotenzial)
Siedlungsabfälle	12 (Biogaspotenzial)
Summe	500 - 700
Zusätzlich aktivierbares Potenzial:	
Energiepflanzen	etwa 300
Waldholz	max. 140

7. Literatur

- Aretz, Astrid; Hirschl, Bernd; Muchin, Alexander; Bilke, Gernod; Walotek, Przemyslaw** (2006): Dendromassepotenziale – Vergleich von Potenzialstudien und neuere Ansätze. In: Tagungsband zur 1. Fachtagung "Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen" am 6. und 7. November 2006 in Tharandt/Sachsen, S. 81-90.
- BMU [Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit]** (2006): Erneuerbare Energien in Zahlen – nationale und internationale Entwicklung, Stand: Mai 2006; Berlin.
- BWI [Bundeswaldinventur]** (2005): Gründe und Hintergründe der zweiten Bundeswaldinventur; <http://www.bundeswaldinventur.de/>, Recherche vom 5.12.2005.
- Dieter, Matthias; Englert, Hermann et al.** (2001): Abschätzung des Rohholzpotentials für die energetische Nutzung in der Bundesrepublik Deutschland; Hamburg.
- FNR [Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe]** (2005a): Basisdaten Biogas 2005; <http://www.fnr.de/>; Zugriffsdatum: 13.09. 2005.
- FNR [Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe]** (2005b): Leitfaden Bioenergie - Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen; Gülzow.
- Fritsche, Uwe; Dehoust, Günther** (2004): Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse; Verbundprojekt gefördert vom BMU; Darmstadt.
- Kaltschmitt, Martin; Merten, Dieter et al.** (2003): Energiegewinnung aus Biomasse. Externe Expertise für das WBGU-Hauptgutachten 2003 "Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit"; Berlin.
- Leible, Ludwig; Arlt, Andreas et al.** (2003): Energie aus biogenen Rest- und Abfallstoffen. Bereitstellung und energetische Nutzung organischer Rest- und Abfallstoffe sowie Nebenprodukte als Einkommensalternative für die Land- und Forstwirtschaft – Möglichkeiten, Chancen und Ziele; FZK Wissenschaftliche Berichte; Karlsruhe.
- Marutzky, Rainer** (2003): Feste Biomassen: Brennstoffspezifikationen, Eignung und Verfügbarkeit.; Zugriffsdatum: 07.09.2005.
- Marutzky, Rainer** (2004): Biomassen auf Basis von Holz als Brennstoffe in Österreich, der Schweiz und Deutschland. Nutzungssituation - Theoretische und reale Potentiale - Qualitäten - Wettbewerbssituation -Preistendenzen; VDI-Wissensforum 29./30.1.2004; Seminar "Energetische Biomasseverwertung - Neue Konzepte für den kommunalen und gewerblichen Bereich"; Salzburg.
- Marutzky, Rainer; Seeger, Klaus** (1999): Energie aus Holz und anderer Biomasse. Grundlagen, Technik, Entsorgung, Recht; Leinfelden-Echterdingen.
- Polley, Heino; Kroiher, Franz** (2006): Struktur und regionale Verteilung des Holzvorrates und des potenziellen Rohholzaufkommens in Deutschland im Rahmen der Clusterstudie Forst- und Holzwirtschaft. Arbeitsbericht des Instituts für Waldökologie und Waldinventuren 2006/03, Eberswalde.
- Scheuermann, Anne; Thrän, Daniela et al.** (2003): Monitoring zur Wirkung der Biomasseverordnung auf Basis des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG); in: Umweltsicht.
- Schneider, Sven** (2002): Potenziale regenerativer Energien in Deutschland in: Hartmann, Hans; Kaltschmitt, Martin: Die Stellung der Biomasse im Vergleich zu anderen erneuerbaren Energieträgern aus ökologischer, ökonomischer und technischer Sicht; in: FNR [Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe]: Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe; Münster.