

Biomassen auf Basis von Holz als Brennstoffe in Österreich, der Schweiz und Deutschland¹

Nutzungssituation - Theoretische und reale Potentiale - Qualitäten - Wettbewerbssituation - Preistendenzen

Rainer Marutzky
Fraunhofer-Institut für Holzforschung
Wilhelm-Klauditz-Institut (WKI)
Braunschweig

1 Einleitung

Die Energieerzeugung in den westlichen Industrieländern basiert im Wesentlichen auf fossilen Energieträgern und der Kernenergie. Regenerative Energien haben zu meist eine geringe Bedeutung, finden aber aus ökologischen und politischen Gründen zunehmende Unterstützung in Öffentlichkeit und Gesellschaft. In vielen Ländern Europas gibt es inzwischen Förderprogramme, steuerliche Erleichterungen und andere Vergünstigungen, die den Einsatz von regenerativen Energien verstärken sollen. Ein wesentlicher Teil der regenerativen Energieerzeugung beruht auf der Verbrennung von festen Biomassen. Während die Energieerzeugung aus biogenen Festbrennstoffen in Österreich und einigen skandinavischen Ländern inzwischen Anteile zwischen 10 und 20 % erreicht hat, liegen die Werte hierfür in Deutschland noch unter 3 %.

Die vorliegende Ausarbeitung beschränkt sich auf die Verwertungsmöglichkeiten bei biogenen Festbrennstoffen und hierbei ausschließlich auf Holz. Holz ist zum einen der wichtigste unter den vorhandenen biogenen Festbrennstoffen und steht in seinen verschiedenen Varianten praktisch flächendeckend zur Verfügung. Es gibt zum anderen für Holzbrennstoffe - sowohl für naturnahe Resthölzer als auch für mit Stör- oder Schadstoffen versehene Holzabfälle - zugeschnittene Aufbereitungs- und Feuerungstechniken, welche eine energetische Nutzung mit hohem Wirkungsgrad und niedrigen Emissionen ermöglichen [Dussing, Marutzky 2003].

Bei der Beurteilung der Verfügbarkeit ist nicht allein bedeutsam, ob die Brennstoffe vorhanden sind, sondern auch inwieweit ihre Nutzungsmöglichkeiten durch verschiedene Faktoren eingeschränkt werden. Ein wesentlicher Gesichtspunkt der Darstellungen betrifft den Wettbewerb zwischen der energetischen Nutzung und der stofflichen Verwertung von Holz. Nicht eingegangen wird auf den Wirkungsgrad der energetischen Verwertung und Faktoren wie Aufwand für Transport, Aufbereitung und Trocknung. Hier wird auf die Ausarbeitung von Nussbaumer und Oser verwiesen [2004].

Es wird weiterhin darauf hingewiesen, dass die dargestellten Zahlen aus Erhebungen und Auswertungen stammen, deren methodische Ansätze unterschiedlich sind. Die

¹ Überarbeitetes und ergänztes Referat zum Seminar „Energetische Biomasseverwertung – Neue Konzepte für den kommunalen und gewerblichen Bereich“ des VDI-Wissensforums am 29. und 30. Januar 2004 in Salzburg

Zahlenwerte sind in der Regel aus Gründen der Übersichtlichkeit und unter Berücksichtigung von Unsicherheitsfaktoren gerundet.

2 Begriffsbestimmungen

Der Begriff Potential in Zusammenhang mit biogenen Festbrennstoffen umfasst zunächst das theoretische Potential, d.h. die Menge an Material, welches physikalisch vorhanden ist. Das technische Potential ist die Teilmenge des theoretischen Potentials, welches unter Berücksichtigung technischer und ökologischer Einschränkungen verfügbar ist. Das wirtschaftliche Potential berücksichtigt bei der Verfügbarkeit auch die ökonomischen Einschränkungen. Für die energetische Nutzung gibt es somit ein real verfügbares Potential. Es umfasst die Menge an Brennstoffen, die unter Berücksichtigung sowohl technischer und wirtschaftlicher Faktoren als auch der im Wettbewerb stehenden Verwertungs- und Entsorgungswege tatsächlich in die Energiegewinnung gelangen kann. Daneben gibt es visionäre Potentiale, die Biobrennstoffe betreffen, die entweder nicht real vorhanden sind oder deren Aktivierung erhebliche Veränderungen der logistischen und politischen Strukturen erfordern würde.

Die Mengenangaben erfolgen in der Regel in Kubikmetern im Sinne der forstlichen Maßeinheit Festmeter. Gewichtsangaben werden in Tonnen gegeben, wobei der jeweilige Feuchtegehalt zu berücksichtigen ist. Die Begriffe atro und lutro bezeichnen den absolut trockenen und den lufttrockenen Zustand.

3 Übersicht der biogenen Brennstoffe

Als potentielle Biomassen stehen in Mitteleuropa für die Energieerzeugung zur Verfügung

- Holz, Holzreststoffe und Holzabfälle
- Biogas
- Pflanzliche Öle und Fette
- Landwirtschaftliche Abfälle
- Energiepflanzen
- Sonstige biogene Abfälle

Über die Potentiale von biogenen Brennstoffen gibt es verschiedene Erhebungen [Brökeland o. Jg., Handler et al. 2002, Kaltschmitt et al. 2003a, 2003b, Leible et al. 2003 u.a.m.]. Diese Zusammenstellungen geben Anhalte für die Energiemengen, die aus biogenen Quellen erzeugt werden könnten, haben aber in Hinblick auf die derzeitigen Nutzungsmöglichkeiten nur begrenzte Aussagekraft. Zum einen enthalten sie in der Regel Zahlen für Biomassen, die bisher nicht real vorliegen (z.B. Energiepflanzen) oder deren Verfügbarkeit nur begrenzt gegeben ist (Landschaftspflegematerial, Ernterückstände u.a.m.). Zum anderen handelt es sich bei den aufgeführten Biomassen teilweise um Materialien, für die noch keine Feuerungstechnik vorhanden ist, die heutigen Ansprüchen an Wirkungsgrad, Reisezeit, Emissionswerten etc. entspricht. Hierzu gehören insbesondere das Stroh und andere halmartige Pflanzenmaterialien. Auch ist zu beachten, dass für die im landwirtschaftlichen Bereich angeordneten Energieträger nicht nur Sammlungs- und Versorgungsketten aufgebaut werden müssten, sondern auch die rechtlichen Rahmenbedingungen auf nationaler und europäischer Ebene entsprechend auszurichten wären.

In fast allen Erhebungen finden sich somit visionäre Potentiale, die eine gesicherte Darstellung des Marktes regenerativer Energien für die nächste Zukunft nicht zulassen.

sen. Die energetische Nutzung von Biomassen wird sich in Mitteleuropa auch in den nächsten Jahren weit überwiegend auf Holzbrennstoffe begrenzen. Holz und die bei seiner Be- und Verarbeitung anfallenden Reststoffe sind aber Rohstoffe für verschiedene Industriezweige. Damit entsteht zwangsläufig eine Wettbewerbssituation zwischen der staatlich geförderten energetischen Verwertung und der von der Holzwirtschaft praktizierten stofflichen Verwertung.

4 Energie aus Biobrennstoffen

4.1 Gesetzliche Regelungen

In Österreich haben regenerative Brennstoffe gegenüber fossilen Brennstoffen steuerliche Vorteile. Dieser Vorteil hat der energetischen Nutzung von Biomasse in den neunziger Jahren einen großen Schub gegeben. Seit 2002 wird auch Strom aus Biomasse auf der Grundlage des Ökostromgesetzes von 2002 unterstützt. Die Ausführungsbestimmungen regelt seit Anfang 2003 eine Einspeisetarifverordnung.

In der Schweiz gab es bis zum Jahr 2000 Bundesfördergelder für Holzfeuerungen, ergänzt durch verschiedene Zuschüsse auf kantonaler Ebene. Über viele Jahre war die Schweiz deswegen - aber auch wegen der großen Fortschritte der Feuerungstechnik bei kleineren Holzfeuerungen - bei der energetischen Nutzung von Holz führend. Diese privilegierte Stellung ist inzwischen teilweise verloren gegangen. Heute erhältliche Fördermittel beschränken sich auf einige Kantone. Seitens der Vergütung von Strom aus regenerativen Quellen liegt eine Empfehlung des Bundesrates vor, die vom Anlagenbetreiber jedoch im Einzelfall beim Stromversorger durchgesetzt werden muss.

In Deutschland wird die Anschaffung von Feuerungsanlagen für biogene Festbrennstoffe durch verschiedene Förderprogramme des Bundes und der Länder seit Jahren bezuschusst. Regional gesehen wurde insbesondere im süddeutschen Raum die energetische Nutzung von Holzbrennstoffen vorangebracht, bezogen auf die Gesamtenergiebilanz sind die Fortschritte jedoch nur marginal. Ein verbessertes Marktanzreizprogramm soll nunmehr zwischen 2004 und 2006 mit jährlich von 200 Mio. € auf 230 Mio. € ansteigenden Mitteln den Einsatz erneuerbarer Energien durch Zuschüsse und Teilschulderlasse verstärken. In Deutschland konzentriert sich die Förderung im weiteren auf die Vergütung von Strom aus regenerativen Quellen, darunter auch Biomassen. Dieser Strom wird ab 1990 zunächst gemäß den Regelungen des Stromeinspeisegesetzes, seit dem Jahr 2000 durch die des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) vergütet. Die Ausführungsbestimmungen für die Stromerzeugung aus biogenen Festbrennstoffen sind seit 2002 durch die Biomasseverordnung geregelt. Die Konzentration auf die Förderung der Verstromung führt zur Errichtung von vergleichsweise großen Biomasse(heiz)kraftwerken, bei denen die Nutzung der überschüssigen Wärmeenergie² schwierig ist. Derzeit wird das EEG novelliert. Die bisherigen Diskussionen haben die unterschiedliche Zielvorstellungen sowohl in der Regierungskoalition als auch in der Wirtschaft verdeutlicht.

² Der elektrische Wirkungsgrad von Biomasse(heiz)kraftwerken liegt zwischen etwa 15 und 25 %, d.h. etwa 75 bis 85 % der im Brennstoff enthaltenen Energie fallen als Wärme an.

4.2 Energieerzeugung

Reale Kennzahlen zur energetischen Nutzung von Biobrennstoffen liegen seit längerem für Österreich vor. Im Jahr 2001 waren 23 % des Primärenergieverbrauchs in diesem Land regenerativer Herkunft, davon 12 % durch Wasserkraft [Sedmidubsky, Lutter 2003]. Die restlichen 11 % wurden zu mehr als der Hälfte (55 %) durch Brennholz gedeckt, unter Berücksichtigung weiterer holzbasierter Brennstoffe sogar zu fast 85 %. Österreich nimmt damit die Spitzenposition unter den drei hier betrachteten Ländern ein.

In der Schweiz wird Brennholz statistisch erfasst und für das Jahr 2002 mit 990.000 m³ ausgewiesen. Das sind etwa 22 % des Gesamteinschlags von Holz. Hinzu kommen merkliche Mengen an in Selbstwerbung aufbereitetem Säge- und Waldrestholz sowie Althölzer und sonstigen Kleinholzsortimenten. Der überwiegende Teil des Holzes wird in Kleinf Feuerungsanlagen zur Heizung und Warmwasserbereitung eingesetzt. Der vergleichsweise hohe Anteil an Privatwald in der Schweiz dürfte diese Art der Nutzung begünstigen. Inzwischen wird in der Schweiz mehr Holz in Form von Hackschnitzeln als in Form von Stückholz genutzt. Damit werden außer Brennholz aus dem Wald auch beträchtliche Mengen an Sägenebenprodukten für die Energieerzeugung eingesetzt. Die gesamte Energieholznutzung wird zur Zeit auf 2,6 Mio. m³ pro Jahr geschätzt [Keel 2004]. Nach Nussbaumer [2000] deckt Holz rund 5 % des Wärmebedarfs oder 2,5 % des Gesamtenergieverbrauchs der Schweiz. Trotz dieses relativ geringen Anteils ist Holz nach der Wasserkraft der zweitwichtigste erneuerbare und gleichzeitig auch zweitwichtigste einheimische Energieträger.

Für Deutschland lagen trotz der bereits frühzeitig umgesetzten Konzepte zur Energienutzung (Stromeinspeisegesetz von 1990 und Erneuerbare-Energien-Gesetz EEG von 2000) bis vor kurzem keine gesicherten Zahlen zum Anteil regenerativer Energien an der Primärenergieerzeugung vor. Es wurde mit geschätzten Zahlen gearbeitet, die einen Anteil an der Primärenergieerzeugung von maximal 2,5 % für 2002 erkennen lassen [Thöme, Fahl 2003]. Nach Stein [2003] haben erneuerbare Energien einen Anteil am Primärenergieverbrauch von 2,9 %. Davon hat die Biomasse einen Anteil von fast 60 %. In Deutschland ist in jedem Fall der Anteil der energetischen Biomasse- und damit vornehmlich Holznutzung erheblich niedriger als in der Schweiz oder gar in Österreich.

Belastbare Zahlen zur Stromerzeugung aus Biomassen wurden 2003 auf der Basis eines Projektes des Bundesumweltministeriums erstellt [Falkenberg et al. 2003, IE Institut für Energetik und Umwelt 2003]. Der vor kurzem veröffentlichte Endbericht des Vorhabens gibt für diesen wichtigen Teilbereich konkrete Zahlen. Bild 1 zeigt eine Übersicht bestehender und geplanter Biomasse(heiz)kraftwerke in Deutschland, Bild 2 die in diesen Anlagen installierte bzw. bis 2005 erwartete elektrische Leistung.

Die im November 2003 installierte elektrische Leistung von ca. 380 MW lässt bei einem durchschnittlichen Verstromungsgrad von 16 % auf eine Gesamtfeuerungswärmeleistung der Biomasse(heiz)kraftwerke von 2.400 MW schließen. Dies entspricht bei der ermittelten jährlichen Nutzungsdauer der Anlagen von rund 46 % (rund 4.000 h) weniger als 0,3 % des bundesdeutschen Primärenergieverbrauchs für 2002. Der Holzbedarf der Anlagen lässt sich – bezogen auf die wichtigsten Energieträger Altholz und Produktionsabfälle – mit etwa 2,9 Mio. t luto/a abschätzen. Die konservative Abschätzung des Instituts für Energetik und Umwelt geht bis zum Jahr 2005 von einer installierten elektrischen Leistung von 500 MW aus. Der Anteil der in diesen

Biomasse(heiz)kraftwerken erzeugten Energie würde damit etwa 0,4 % des derzeitigen Gesamtenergieverbrauchs betragen.

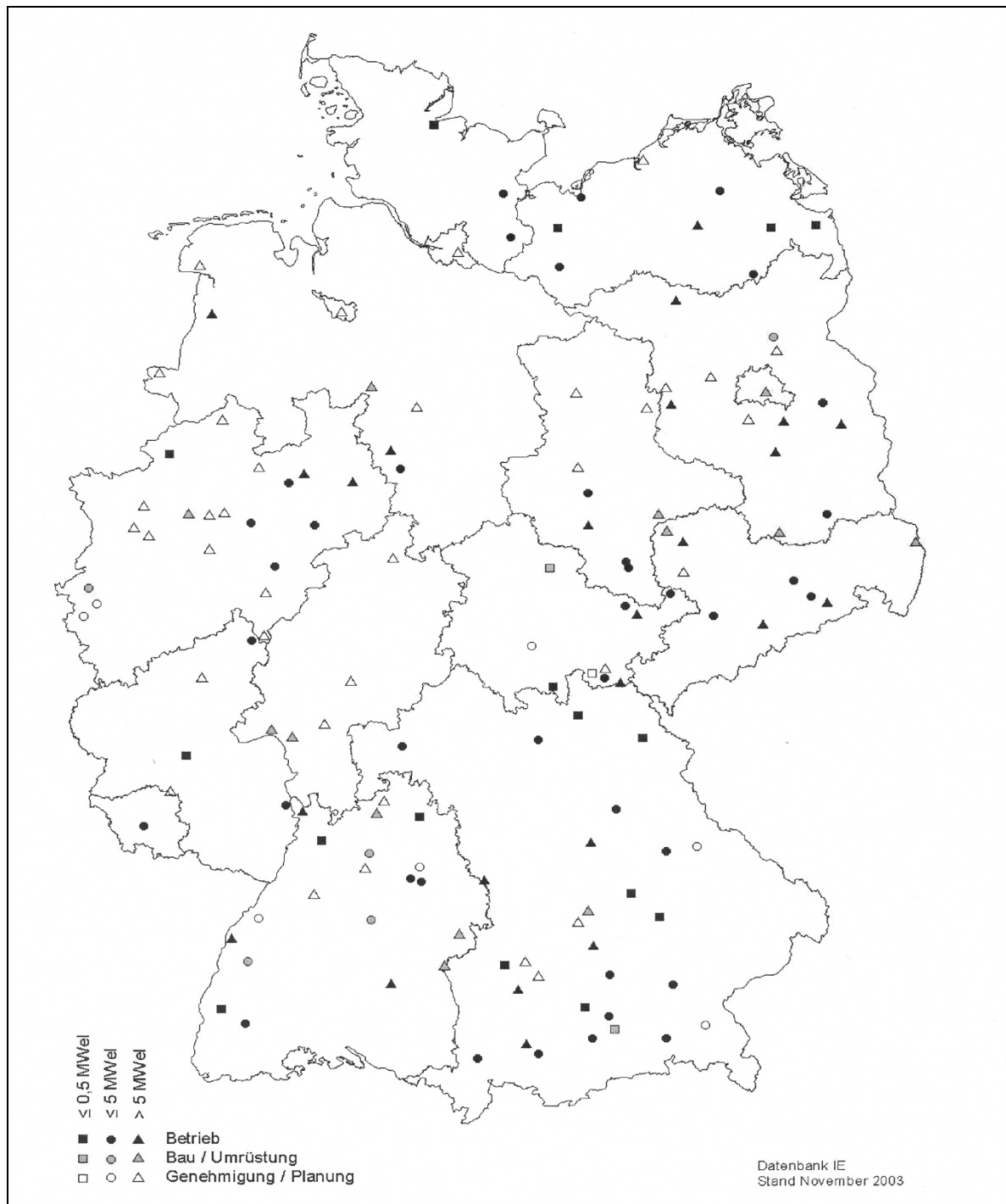


Bild 1: Übersicht bestehender und geplanter Biomasse(heiz)kraftwerke mit Stromerzeugung in Deutschland nach [IE Institut für Energetik und Umwelt 2003]

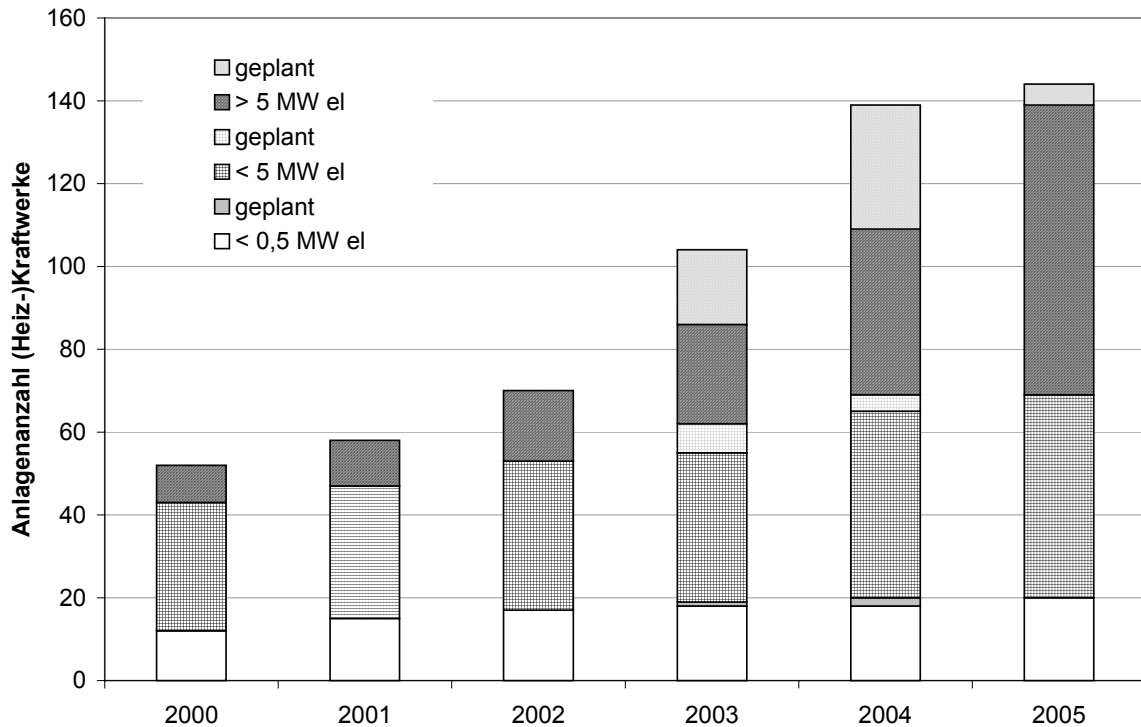


Bild 2: Installierte elektrische Leistung aus Biomasse(heiz)kraftwerken und Entwicklung bei Annahme einer Realisierung von 30 % nach [IE Institut für Energetik und Umwelt 2003]

Legt man für die Hochrechnung unter Berücksichtigung der noch zu realisierenden Anlagen einen höheren elektrischen Wirkungsgrad von 20 % und eine längere Nutzungsdauer von 6.000 Jahresstunden zu Grunde, so ergäbe sich für die für 2005 prognostizierten 500 MW elektrische Leistung eine Gesamtfeuerungswärmeleistung von 2.500 MW und ein Brennstoffbedarf von etwa 5 Mio. t lutro /a. Dieser Brennstoffbedarf soll im Wesentlichen durch Produktionsabfälle und Althölzer gedeckt werden.

5 Nutzungssituation für Holz

Ausgangspunkt aller Überlegungen zur Steigerung der energetischen Verwertung von Holz ist die Kenntnis der derzeitigen Nutzungssituation. In allen drei Ländern ist der wichtigste Abnehmer für Waldholz die Sägeindustrie (Bilder 3 bis 5). Weitere wichtige Abnehmer von Waldholzsortimenten sind die Holzwerkstoffindustrie sowie die Papier- und Zellstoffindustrie. Andere stoffliche Verwertungswege sind mengenmäßig bedeutungslos. Der Anteil des Holzes für die stoffliche Verwertung liegt stets bei Werten zwischen 80 und 90 % des Einschlags. Etwa 10 bis 20 % des Rohholzes werden unmittelbar als Brennholz vermarktet (Meterholz, Scheitholz, Hackschnitzel). In der Schweiz wird der Anteil von Brennholz am Einschlag noch ausgewiesen, in Österreich und Deutschland dagegen schon seit Jahren nicht mehr. Es gibt aber in allen Ländern auch energetische Verwertungen, die an amtlichen Statistiken vorbeilaufen. So wird auf der Basis der vorhandenen Heizkessel zwischen 15 und 100 kW Feuerungswärmeleistung³ in Deutschland ein Brennholzeinsatz von ca. 10,4 Mio t lutro abgeleitet [Merten 2004].

³ Ca. 130.000 Einzelanlagen

Im Bereich der anschließenden Be- und Verarbeitung des Rohholzes fallen Reststoffe und Holzabfälle an, die teilweise in den Betrieben energetisch genutzt werden. Auch Gebrauchtholz (Altholz) wird - wie bereits dargestellt - zunehmend in größeren Biomasse(heiz)kraftwerken energetisch genutzt.

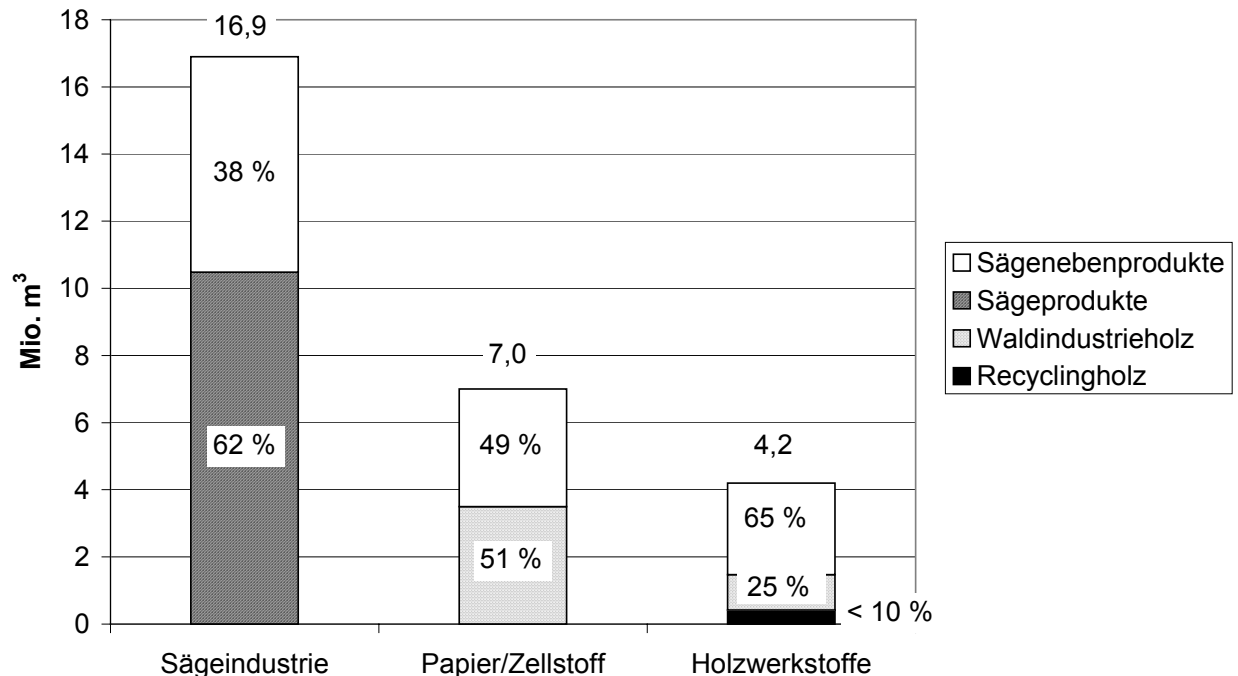


Bild 3: Holznutzung in Österreich im Jahr 2002

Österreich: Bei den Zahlen für Österreich fällt zunächst der hohe Nutzungsgrad des eingeschlagenen Holzes in der Sägeindustrie auf. Diese Besonderheit ist darauf zurückzuführen, dass fast die Hälfte des Rohholzbedarfs der Sägewerke durch Importe gedeckt wird. Etwa 38 % des eingeschnittenen Rundholzes fallen als Reststoffe an. Diese Sägenebenprodukte sind wichtige Rohstoffe für die Papier- und Zellstoffindustrie sowie für die Holzwerkstoffindustrie. Bei der Fertigung von Holzwerkstoffen wird auch durch Aufbereitung von Altholz gewonnenes Recyclingholz eingesetzt. Der Anteil liegt unter 10 %. Ein Teil der Holzsortimente und Holzreststoffe geht, ohne dass es in der Rohstoffbilanz durch Zahlen ausgewiesen wird, in die energetische Verwertung.

Schweiz: Auch in der Schweiz ist die Sägeindustrie der größte Nutzer von Waldholz, allerdings in weniger ausgeprägtem Maße als in Österreich. Danach folgen die Papier- und Zellstoffindustrie und die Holzwerkstoffindustrie auf einem vergleichbaren Verbrauchsniveau. Recyclingholz wird in der Schweiz nur in geringen Anteilen stofflich verwertet und ist daher statistisch nicht ausgewiesen. Für die Aufbereitung zu Recyclingspänen geeignete Altholzsortimente gehen überwiegend in den Export (siehe Abschnitt 6.5).

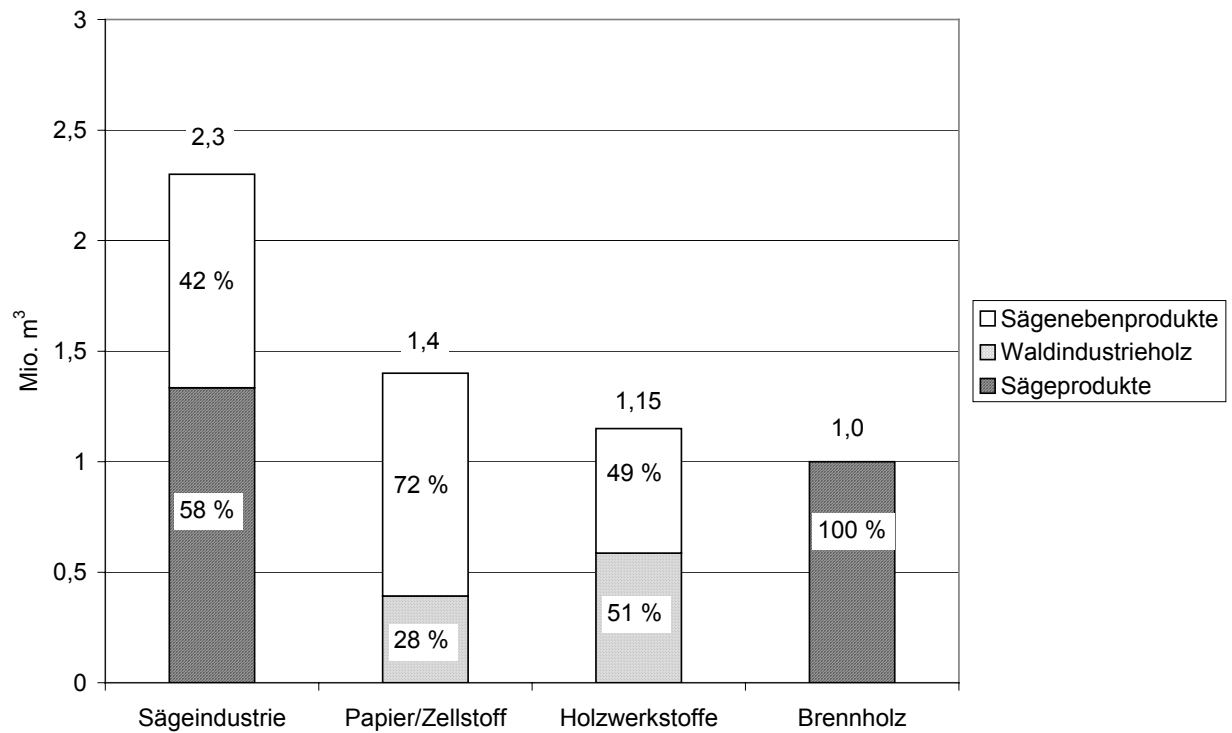


Bild 4: Holznutzung in der Schweiz im Jahr 2002

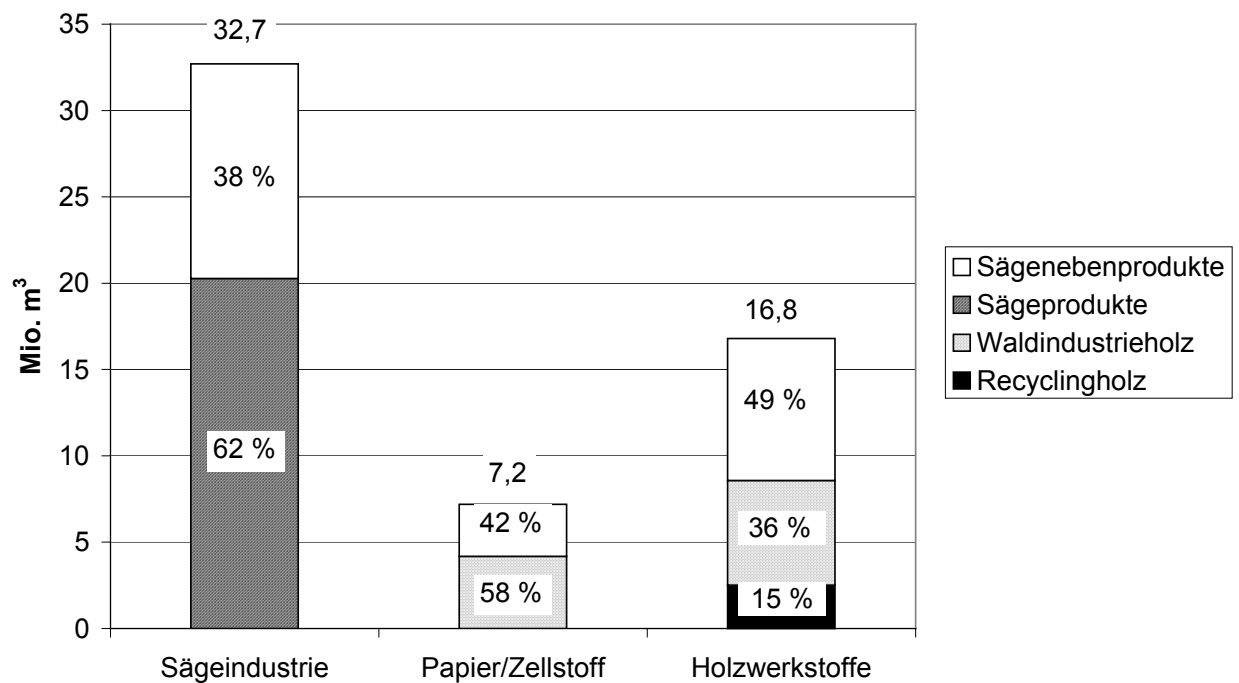


Bild 5: Holznutzung in Deutschland für das Jahr 2002

Deutschland: Wie in den beiden zuvor dargestellten Ländern ist auch in Deutschland die Sägeindustrie der wichtigste Verwerter von Holz. Abweichend davon ist in Deutschland die Holzwerkstoffindustrie ein deutlich größerer Holznutzer als die Papier- und Zellstoffindustrie. Mit der Inbetriebnahme des Zellstoffwerks in Stendal im Sommer 2004 wird der Rohholzbedarf in diesem Bereich auf Werte von über 10 Mio. m³/a ansteigen⁴.

Der Anteil von Recyclingholz bei der Holzwerkstofffertigung liegt bei etwa 15 % und ist damit höher als in den beiden Alpenländern. Der dominierende Verwertungsweg ist die Spanplattenfertigung, sehr geringe Anteile gehen auch in die Faserplattenfertigung. Die Altholzverordnung von 2003 erlaubt nicht nur den Einsatz naturnaher Recyclingholzprodukte (Altholzkategorie I), sondern auch solche versehen mit Klebstoffen, Anstrichen und Beschichtungen (Altholzkategorie II). Althölzer der Kategorien III (mit halogenorganischen Beschichtungen und Schwermetallen) und IV (mit Holzschutzmitteln) sind von der stofflichen Verwertung ausgeschlossen. Die Menge an Recyclingspänen, gewonnen nach dem WKI-Aufschlussverfahren aus Spanplattenresten und Altmöbeln, liegt derzeit bei etwa 60.000 t atro/a und spielt daher in der Holzverwertungsbilanz nur eine untergeordnete Rolle.

6 Holzreserven

6.1 Waldholzsortimente

In den mitteleuropäischen Wäldern wächst seit Jahren mehr Holz nach als eingeschlagen wird. Tabelle 2 gibt eine Übersicht für die drei Länder auf der Basis bisheriger Waldinventuren.

Tabelle 2: Rohholzbilanzen für Deutschland, Österreich und die Schweiz für 2002, zusammengestellt aus verschiedenen Quellen

		A	CH	D
Waldfläche	Mio. ha	3,9	1,2	10,7
Anteil an Gesamtfläche	%	47	30	30
Holzmenge	Mio. m ³	1.160	416	2.890
Zuwachs	Mio. m ³ /a	31,4	10	57
Einschlag	Mio. m ³ /a	19,8	4,6	42,4
Differenz*	Mio. m ³ /a	11,6	5,4	14,6

* Zuwachs abzüglich Einschlag ohne Berücksichtigung von Import/Export

Die Zahlen lassen erkennen, dass in allen drei Ländern beträchtliche Reserven nicht genutzten Waldholzes vorhanden sind, wobei Österreich und die Schweiz relativ gesehen höhere Anteile aufweisen als Deutschland. Gleichzeitig weisen die beiden Alpenländer jedoch vergleichsweise große Waldschutzzonen - z.B. bei Berg- und Bannwäldern - auf, was die Verfügbarkeit des Zuwachses begrenzen wird.

⁴ Prognostizierter Rohholzbedarf im Zellstoffwerk Stendal ca. 3 Mio. m³/a, davon zwei Drittel Waldholz und ein Drittel Sägenebenprodukte

Derzeit laufen Waldinventuren, die höhere Zuwachsraten und Waldholzmengen ausweisen. Die Ergebnisse für Österreich wurden bereits veröffentlicht [Bundesamt und Forschungszentrum für Wald 2004]. Gegenüber der Waldinventur 1992 - 1996 steigt für den Zeitraum 2000 - 2002 der Zuwachs von 8,2 auf 9,3 m³ je Hektar an, d.h. um 13 %. Die durchschnittliche Nutzung hat von vormals 5,9 m³/ha auf 5,6 m³/ha abgenommen. Bei leicht vergrößerter Waldfläche beträgt der Vorrat an Nutzholz in den österreichischen Wäldern nunmehr 1.290 Mio. m³.

In Hinblick auf die energetische Nutzbarkeit ist zu beachten, dass ein beträchtlicher Anteil des Zuwachses im Starkholzbereich angesiedelt ist, also in einem Holzsegment, welches nicht als Energieholz angesehen wird. Auf den im Zuwachs enthaltenen Schwachholzanteil und die beim Einschlag anfallenden Nebenprodukte wird im folgenden eingegangen.

Unter Berücksichtigung weiterer Hemmnisse für die Aktivierung verdeutlichen die Zahlen für den Zuwachs jedoch, dass in allen drei Ländern Holz im Wald zur Verfügung steht, dass einer energetischen Nutzung zugeführt werden könnte, ohne das Prinzip der Nachhaltigkeit zu verletzen.

Die aktivierbare Potentiale an Waldholz können unter dem Begriff Waldenergieholz⁵ zusammengefasst werden. Es sind nach einer Erhebung des LWF [2000] für Bayern

- Hölzer, die bei der Gewinnung von Nutzholz mit aufgearbeitet werden (Brennholz, Schwachholz)
- und Resthölzer, die bei der traditionellen Nutzholzaufbereitung im Bestand verbleiben.

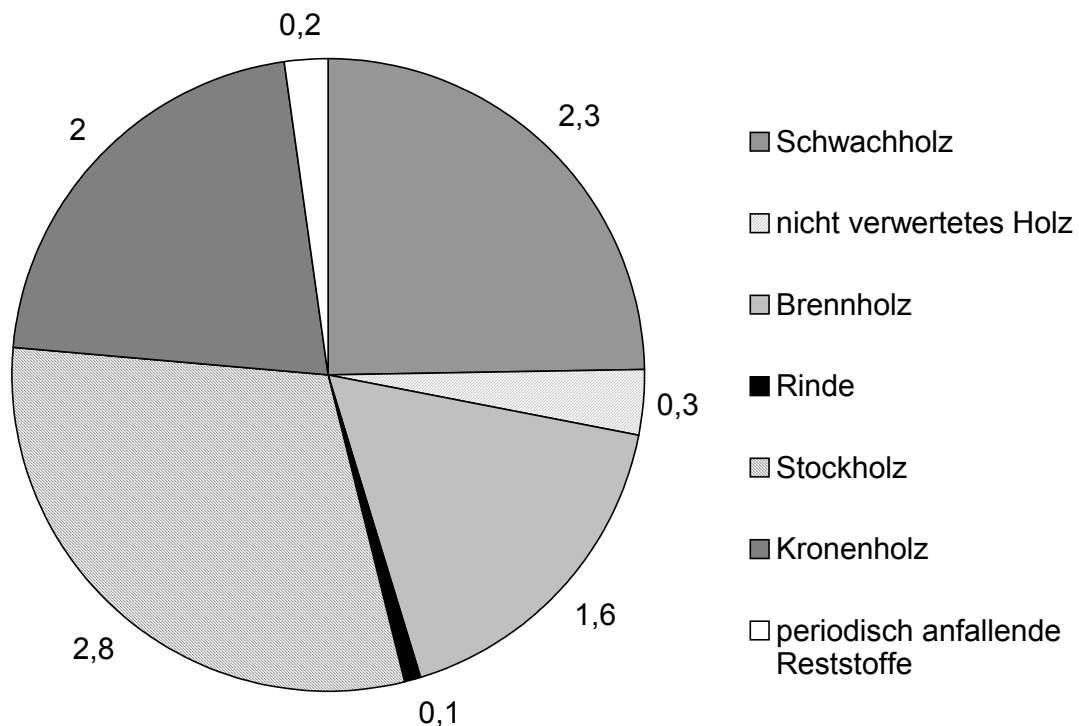


Bild 6: Theoretisches Waldenergieholzpotential in Bayern in Mio. t at/a nach [LWF 2000]

⁵ Der auch benutzte Begriff „Waldrestholz“ wird als wenig zutreffend angesehen.

Für Bayern wurde in der LWF-Studie eine hektarbezogene jährliche Menge von 3,92 t Trockenmasse berechnet. Bild 6 zeigt die Zusammensetzung nach Art und Herkunft. Überträgt man diese Zahlen auf die drei Länder, so ergeben sich die in Tabelle 3, Zeile 3 aufgeführten Werte an Waldenergieholzpotentialen. Die hochgerechneten Zahlen für das theoretische Potential erscheinen zunächst unplausibel, denn sie liegen höher als die für den jährlichen Zuwachs an Nutzholz (in Deutschland z.B. ca. 30 Mio. t TS/a). Als technisches Potential wird in der LWF-Studie ein Ertrag von 2,91 t TS pro Jahr und Hektar angesehen. Unter Berücksichtigung regionaler Eigenheiten und Restriktoren wird letztlich für das wirtschaftliche Potential eine Reduktion des theoretischen Potentials auf 27 % abgeschätzt. Daraus ergeben sich für die drei Länder die in der letzten Zeile aufgeführten Werte.

Tabelle 3: Hochgerechnete Waldenergieholzpotentiale auf Basis der Erhebungen des LWF [2000] für Bayern

		A	CH	D
Waldfläche	Mio. ha	3,9	1,2	10,7
Theoretisches Potential	Mio. t TS/a	15,3	4,7	41,9
Technisches Potential	Mio. t TS/a	11,3	3,5	31,1
Wirtschaftliches Potential	Mio. t TS/a	4,1	1,3	11,3

TS: Trockensubstanz

Zum Vergleich dieser Zahlen für Waldenergieholz bieten sich für Deutschland Schätzwerte von Haschke [1988] von 34 Mio. m³ (ca. 17 Mio. t TS) und von Dieter et al. [2001] von 25 bis 30 Mio. m³ (ca. 12,5 bis 15 Mio. TS) holzartiger Biomassen an, die im Wald für energetische Zwecke nutzbar gemacht werden könnten. Zahlen von Buddenberg und Kralemann [2002], die bezogen auf waldfrisches Material ein Teilpotential für Deutschland von 11,03 Mio. t/a und ein Zusatzpotential von 20,49 Mio. t/a prognostizieren, dürften an der oberen Grenze liegen. Bezüglich der mit der Aktivierung verbundenen Kosten wird auf die umfassenden Darstellungen der LWF-Studie sowie der Arbeit von Dieter et al. [2001] verwiesen.

6.2 Sägenebenprodukte und andere Holzabfälle

Der größte Rohholznutzer ist - wie bereits in Abschnitt 5 dargestellt - in allen drei betrachteten Ländern die Sägeindustrie. Beim Zuschnitt fallen etwa 40 % des Rundholzes (eingesetzt als 100 %) als Sägenebenprodukte an. Hinzu kommen zusätzlich bis etwa 10 % Rinde und bis etwa 5 % Kapphölzer. Das typische Verarbeitungsschema eines modernen Sägewerks ist in Bild 7 dargestellt.

Tabelle 4: Mengen an eingeschnittenem Rundholz in Österreich, der Schweiz und Deutschland und den dabei anfallenden Sägenebenprodukten für 2002

		A	CH	D
Einschnitt	Mio. m ³	18	2,3	32,7
Anteil am Einschlag	%	91	50	77
Sägenebenprodukte	Mio. m ³	5,4	1,0	12,3
Anteil am Zuschnitt	%	38	42	38

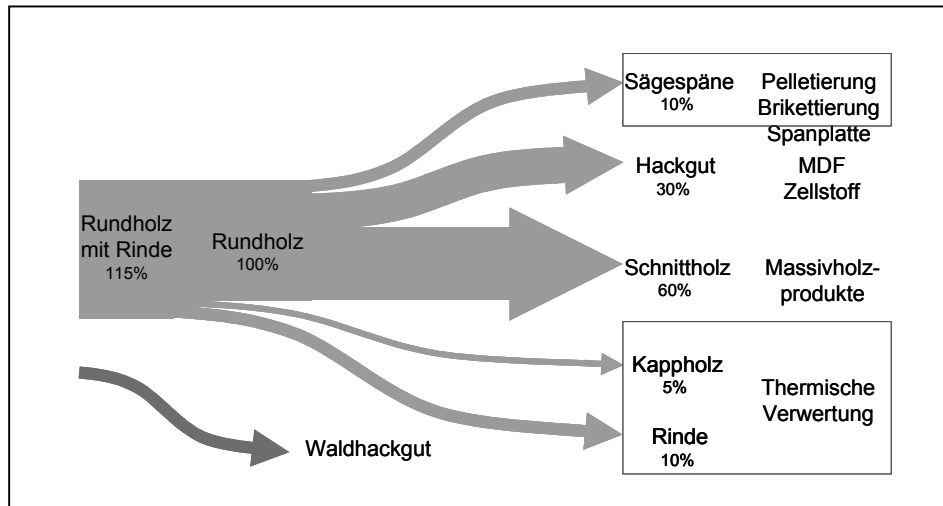


Bild 7: Stoffströme in einem modernen Sägewerk mit eigener Energieerzeugung nach [Portenkichner, Binder 2004]

In den drei Ländern lagen die Zahlen für eingeschnittenes Rundholz im Jahr 2002 auf dem in Tabelle 4 zusammengefassten Niveau.

Der verglichen mit dem Einschnitt besonders hohe Wert von 91 % für Österreich erklärt sich – wie bereits dargestellt - aus einem überdurchschnittlichen Anteil von importiertem Rundholz. Die Schweiz weist dagegen mit 50 % einen unterdurchschnittlichen Anteil auf, der bei Ausklammerung des Brennholzanteils in der Holzbilanz zwar auf knapp 64 % zunimmt, aber dennoch die durch Studien belegte derzeitige Strukturschwäche der schweizerischen Sägeindustrie aufzeigt [Pauli 2003]. Weitere Angaben zum Verbleib und zur Zusammensetzung von Sägeprodukten gibt es für Deutschland. Diese finden sich in Tabelle 5.

Tabelle 5: Aufkommen, Verbleib und Zusammensetzung von Sägenebenprodukten für 2000 in Deutschland nach [Mantau et al. 2003]

Gesamtmenge:	12,2 Mio. m ³ (brutto)
Eigennutzung:	0,9 Mio. m ³ (7 %)
Vertrieb:	11,3 Mio m ³ (93 %)
	davon: Hackschnitzel 55 %
	Sägespäne / -mehl 37 %
	Schwarten / Spreißel 8 %

Die Sägenebenprodukte sind Rohstoffe für die Holzwerkstoffindustrie sowie die Papier- und Zellstoffindustrie. Der überwiegende Teil der Sägenebenprodukte wird also vermarktet, wäre aber bei entsprechenden Preisen auch für die energetische Verwertung zugänglich. Ein kleiner Teil der anfallenden Sägenebenprodukte geht in werkeigene Feuerungsanlagen, ein zunehmender Teil wird als Pellets für den Einsatz in Holzfeuerungen vermarktet. In Deutschland geht man aktuell von einem Anteil von etwa 10 % aus, der in den Sägewerken selbst energetisch genutzt wird. Ein zunehmender Anteil von Sägespänen wird zu Holzpellets verarbeitet.

In der Holzverarbeitenden Industrie und im Holzhandwerk fallen ebenfalls Holzabfälle an. Die Schätzungen über diese Potentiale sind ungenau, da gesicherte Daten fehlen und ein erheblicher Anteil der Holzabfälle vom Erzeuger selbst energetisch genutzt wird. Für Deutschland wurden von Marutzky und Seeger [1999] folgende Zahlen genannt:

- Holz-/Möbelindustrie und Holzverarbeitendes Handwerk ⁶	3,0 Mio. t/a
- Holzwerkstoffindustrie	0,5 Mio. t/a

Neuere Erhebungen von Marutzky [2003] kommen für die Holzwerkstoffindustrie zu deutlich höheren Zahlen von 1,25 Mio. t/a und zu einem Gesamtanfall von 5 Mio. t Produktionsabfällen in der Holz- und Möbelindustrie. Dies entspricht rund 25 % der Menge des in Deutschland eingeschlagenen Holzes. Insgesamt dürfte von diesen Produktionsabfällen aber nur etwa ein Drittel auf dem Markt gehandelt werden, der überwiegende Teil wird entweder energetisch in werkseigenen Feuerungen verwertet oder im Fall der Span- und Faserplattenherstellung in die Plattenherstellung zurückgeführt. Die Bestimmungen der Altholzverordnung von 2003, wonach zwischen Dritten gehandelte Holzabfälle (außer Sägenebenprodukten) dem Regime der Verordnung unterliegen, dürfte den Trend verstärken, Produktionsabfälle möglichst im eigenen Betrieb zu verwerten.

6.3 Rinden

Rinden sind Nebenprodukte der Holzbe- und -verarbeitung. Der Anteil der Rinde am Rundholz beträgt etwa 8 Gew.-% der Trockenmasse, bei Schwachholz liegt der durchschnittliche Wert bei etwa 10 Gew.-%. Legt man beim Einschlag ein durchschnittliches Trockengewicht von 500 kg/m³ Holz zugrunde, so ergeben sich auf der Basis eines Anteils von 9 % folgende theoretische Mengen für Rinden (Tabelle 6). Die realen Mengen an Rinden sollten niedriger liegen, da Rinden vor allem in der Sägeindustrie anfallen. Auch hier enthält Tabelle 6 entsprechende Werte von Hochrechnungen auf der Basis der genannten Einschnittzahlen in der Sägeindustrie.

Tabelle 6: Hochgerechnete Rindenholzpotentiale auf Basis des Einschlags und der in der Sägeindustrie eingesetzten Rundholzmengen

		A	CH	D
Potential aus Einschlag	Mio. t TS / a	0,9	0,3	1,8
Potential aus Holzeinschnitt	Mio. t TS / a	0,8	0,1	1,5

TS: Trockensubstanz

Für Österreich weist die amtliche Abfallstatistik für 2001 eine Menge von 1,4 Mio. t/a aus. Da die Rinde in der Abfallstatistik nach Gewicht erfasst wird, dürften bei einem durchschnittlichen Wassergehalt zwischen 45 und 50 % Werte zwischen 0,7 und 0,8 Mio. t TS/a gegeben sein. Diese Zahlen entsprechen im Rahmen der vorhandenen Unsicherheiten den berechneten Werten der Tabelle 6.

Eigene, frühere Schätzungen zum Rindenanfall gehen für Deutschland von etwa 0,9 Mio. t/a aus, also nur 50 % des theoretischen Wertes oder 60 % des aus dem Zugschnitt in der Sägeindustrie hochgerechneten Wertes [Marutzky 2003a]. Diese Zah-

⁶ ohne Säge- und Hobelwerke

len werden durch aktuelle Erhebungen von Mantau [2004] bestätigt. Er berechnet das theoretische Aufkommen von Rinde im Jahr 2002 auf 9.839 Mio. Schüttraummeter. Dies entspricht etwa 3 Mio. Kubikmeter Rinde⁷. Zur Verfügbarkeit wird eine Menge von 7,095 Mio. Schüttraummeter entsprechend 2,1 Mio. Kubikmeter angegeben. Diese beiden Werte entsprechen, bezogen auf Trockensubstanz⁸, Mengen von rund 0,9 Mio. bzw. 0,65 Mio. t TS. Die Verwendung der Rinde wird von Mantau mit den in Tabelle 7 dargestellten Werten belegt.

Tabelle 7: Verwendung von Rinde vereinfacht nach [Mantau 2004]

Anfallsort	Rindenanfall in Srm	Interne Verwendung	Verkauf
Waldentrindung*	28.000	0,5 %	99,5 %
Sägeindustrie	4.580.000	30 %	70 %
Holzwerkstoffindustrie	610.000	14 %	86 %
Zellstoff/Papier	1.390.000	47 %	53 %
Furnier/Sperrholz	80.000	14 %	86 %
Gesamt	6.688.000	32 %	68 %

* 93,7 % verbleiben im Wald

Ein Teil der Rinden wird - mit Ausnahme der Waldentrindung - im Anfallwerk selbst energetisch genutzt, der größere Rest wird an Dritte abgegeben, entweder zur energetischen Verwertung oder zur Herstellung von Rindenhumus und anderen Rindenprodukten für Landwirtschaft und Gartenbau.

6.4 Sonstige holzartige Reststoffe

Sonstige holzartige Reststoffe finden sich vor allem im sogenannten Landschaftspflege- und Grünschnitt. Für Deutschland liegt geschätzt ein theoretisches Potential von etwa 400.000 t TS/a vor [Marutzky, Seeger 1999]. In Österreich dürften die Mengen bei etwa 40.000 t TS/a liegen, in der Schweiz sind Werte um 30.000 t TS/a realistisch. Buddenberg und Kralemann [2002] geben auf der Basis von Erhebungen in Baden-Württemberg deutlich höhere Werte an. Sie gehen von technischen Potentialen für Deutschland zwischen 4,6 und 9,22 Mio. t/a aus. Da sich die Mengenangaben auf Frischgewicht, d.h. auf einen Wassergehalt um 50 % beziehen, lägen die Potentiale an Trockensubstanz zwischen etwa 2,3 und 4,6 Mio. t/a. Da mehr als 85 % des Landschaftspflegematerials grass- und krautartig sind, stände an holzartiger Trockenmasse nach dieser Hochrechnung zwischen 350.000 und 700.000 t/a zur Verfügung, also Zahlen, die in der Größenordnung der Schätzwerte von Marutzky und Seeger liegen. Sondersortimente wie Schwemmholz oder Knickholz sind regional bedeutsam, bezogen auf die Länderbilanzen aber mengenmäßig unbedeutend.

⁷ Umrechnung: 1 Schüttraummeter entspricht 0,3 Kubikmeter

⁸ 1 Kubikmeter Rinde mit einer Rohdichte von 600 kg/m³ und einem Wassergehalt von 50 %

6.5 Altholz

Abweichend von der bisherigen Reihenfolge der Darstellungen wird beim Altholz zunächst auf Deutschland eingegangen, da hier die meisten Erfahrungen vorliegen.

Deutschland: Über das Aufkommen und die Verwertung von Altholz in Deutschland gibt seit mehr als zehn Jahren zahlreiche Schätzungen, Studien und Erhebungen. Tabelle 8 fasst Werte von Schätzungen aus den Jahren 1999/2000 zusammen.

Tabelle 8: Aufkommen und Verwendung von Altholz in Deutschland nach verschiedenen Schätzungen

	Sundermann et al. [1999]	Marutzky und Seeger [1999]	Lange et al. [2000]	Speckels [2000]
	(Mio. t)	(Mio. t)	(Mio. t)	(Mio. t)
Aufkommen				
Abfall aus Holzverarbeitung			1,4	
Verpackungsholz	1,2	1,0	1,1	1,0
Altmöbel, Sperrmüll	1,6	2,8	2,5	3,0
Abbruchholz, Bauholz	4,9	3,2	2,6	3,5
Bahnschwellen, Masten		0,7		1,0
Kabeltrommeln, Pfähle		0,3		
Holz mit schädli. Verunreinigungen			0,4	
Insgesamt	7,7	8,0	8,0	8,5
Spanne		7,5 - 8,5	7,4 - 8,5	
Verwendung				
Spanplattenproduktion	1,4	1,2	2,2	1,7
Kompostherstellung			0,2	
Energieproduktion	0,7	1,6	5,3	1,9
Deponierung	5,6		0,3	2,6
MVA / Deponie		3,45		
Export		0,8		2,3
Ungeklärt		0,95		
Insgesamt	7,7	8,0	8,0	8,5
Spanne		7,5 - 8,5	7,4 - 8,5	

Alle Angaben beziehen sich auf Festmasse

Danach liegt der Wert für das theoretische Altholzpotalential zwischen etwa 7,5 und 8,5 Mio. t pro Jahr. Bezogen auf die Einwohnerzahl von etwa 82 Millionen kann daraus ein Altholzanfall von etwa 100 kg je Einwohner und Jahr abgeleitet werden. Neue Recherchen aus dem Jahr 2003 haben diese Größenordnung nochmals bestätigt [Marutzky 2003]. Die gehandelten Mengen liegen danach zwischen 5,5 und 6,5 Mio. t/a. Für die Verwertung und Beseitigung wurden in 2001 die in Tabelle 9 dargestellten Anteile ermittelt. Inzwischen haben die Anteile der stofflichen Verwertung und der Beseitigung zugunsten der energischen Verwertung abgenommen. Auch der Export ist geringer geworden.

Tabelle 9: Geschätzte Entsorgungswege und -mengen für Altholz in Deutschland

	Stand 2001	Stand Ende 2003
Gesamtanfall	7,5 bis 8,5 Mio. t	7,5 bis 8,5 Mio. t
stoffliche Verwertung	<20 %	15 %
energetische Verwertung	>20%	35 %
Export	>10 %	<10 %
Beseitigung über MVA/Deponie	>45 %	>30 %
Ungeklärt	<10 %	< 15 %

MVA: Müllverbrennungsanlage

Schweiz: Statistische Zahlen gibt es auch zum Altholz anfall in der Schweiz (Tabelle 10). Diese Statistik enthält aber mit Restholz aus Baustellen ein Segment, welches in der Regel nur begrenzt zum Altholz gerechnet wird. Der Anfall an Altholz im Sinne von gebrauchtem Holz liegt also bei rund 700.000 t/a. Aus dieser Zahl kann bezogen auf die Einwohnerzahl von 7 Millionen ebenso wie in Deutschland ein Altholz anfall von 100 kg pro Einwohner und Jahr abgeleitet werden.

Tabelle 10: Altholz anfall für 1999 in der Schweiz nach [Riegger 2001]

Holzsortiment	Menge in t/a
Restholz von Baustellen	100.000
Bereich Bauteile	300.000
Bereich Möbel / Holzwaren	235.000
Verpackungsmaterial	165.000
Gesamtmenge	800.000

Die Entsorgungswege sind in Tabelle 11 zusammengestellt. Danach geht ein Anteil von einem knappen Drittel in die Beseitigung in Kehrrechtverbrennungsanlagen. Die Entsorgung über Deponien ist seit 2 Jahren verboten und wird in den Statistiken daher nicht mehr ausgewiesen. In den Export gehen mit etwa 37 % Anteil die größten Mengen. Vom exportierten Holz gehen 247.000 t nach Italien und 15.000 t nach Deutschland und Österreich. Die illegale Entsorgung wird mit einem Anteil mit knapp 20 % angesetzt. Verglichen mit Deutschland ist der Anteil der energetisch genutzten Altholzanteile gering. Nicht ausgewiesen ist der Anteil der stofflichen Verwertung in der Schweiz selbst.

Tabelle 11: Entsorgung von Altholz in der Schweiz für 2002 nach [Riegger 2004]

Entsorgungsweg	Menge in t/a
Kehrrechtverbrennungsanlagen	200.000
Industriefeuerungen	106.000
Export	262.000*
Illegale Entsorgung	132.000
Gesamt	700.000

Österreich: Für Österreich wird in der amtlichen Abfallstatistik ein Abfallholz anfall - ohne Berücksichtigung von Holzverpackungen und Sperrmüll - von mehr als 4 Mio. t pro Jahr ausgewiesen (Tabelle 12). Diese Abfalldaten stammen z. T. aus Erhebun-

gen von Firmen und z. T. aus Hochrechnungen. An lizenzierten Holzverpackungen (Einwegverpackungen) werden pro Jahr etwa 50.000 t hergestellt, die rückgenommene Menge liegt bei etwa 17.000 t/a.

Tabelle 12: Holzabfälle ohne Holzverpackungen in Österreich für 2001 [Bundesminister 2002]

Abfallart	Menge in Tonnen
Gefährliche Abfälle	> 1000
Bau- und Abbruchholz	200.000
sonstige nicht gefährliche Abfälle	>3.820.000
Summe	>4.022.000

Weiterhin werden im Jahr in Österreich etwa 3,5 Mio. Mehrweg-Holzpaletten gefertigt, was einer Holzmenge von etwa 175.000 t/a entspricht. Zahlen zur Rücknahme von Holzpaletten liegen nicht vor.

Die detaillierte Abfallbilanz (Tabelle 13) zeigt aber, dass in Österreich auch Holzreste wie Rinden oder Sägenebenprodukte in die Abfallbilanz eingehen, Sortimente also, die in Deutschland oder in der Schweiz nicht als Altholz – zumindest nicht per se – eingestuft werden. Neben Verpackungsmaterialien fehlt in der Auflistung auch das wichtige Sortiment der Altmöbel.

Zieht man für Österreich einen Einwohnerwert zwischen 80 und 100 kg pro Jahr heran, dann dürften die Werte des theoretischen Altholzpentials bei 650.000 bis 800.000 t/a liegen. Über die Entsorgungswege gibt es keine detaillierten Angaben, doch wird von verschiedenen Seiten die italienische Holzwerkstoffindustrie als wichtiger Abnehmer genannt.

Tabelle 13: Abfallaufkommen für Holzabfälle ohne Holzverpackungen in Österreich für 2001 [Bundesminister 2002]

Abfallschlüsselnummern und Abfallbezeichnungen der ÖNORM S 2100 (1997)		Menge in Tonnen
17101	Rinde	1.400.000
17102	Schwarten, Spreißel aus sauberem, unbeschichtetem Holz	320.000
17103	Sägemehl und Sägespäne aus sauberem, unbeschichtetem Holz	1.500.000
17104	Holzschleifstäube und Holzschleifschlämme (Angabe als Trockensubstanz)	103.000
17114	Staub und Schlamm aus Spanplattenherstellung	75.000
17115	Spanplattenabfälle	178.000
17202	Bau- und Abbruchholz	200.000
17207	Eisenbahnschwellen	5.000
17209	Holz (z. B. Pfähle und Masten), ölprägniert	9.400
	Summe gerundet	3.800.000

7 Qualitäten

Bei der energetischen Nutzung ist der Energiegehalt (Heizwert) des Brennstoffs die entscheidende Größe. Der Heizwert realer Holzbrennstoffe wird vermindert durch den Gehalt an Wasser und an mineralischen Begleitstoffen. Holz und Rinden weisen bezogen auf die Trockensubstanz einen unteren Heizwert⁹ zwischen 17,5 und 19 MJ/kg auf. Wichtig für den Heizwert ist insbesondere der Wasser- oder Feuchtegehalt (Bild 8).

Besonders feucht sind Rinden, waldfrische Hölzer und Grünschnitt, die z.T. einen Wassergehalt von 50 % und mehr aufweisen können. Hobelspäne, Reste aus der Holzverarbeitung und Althölzer weisen dagegen Wassergehalte im Bereich der Ausgleichsfeuchte des Holzes und niedriger auf (Wassergehalte zwischen etwa 5 und 20 %). Sägenebenprodukte liegen im Wassergehalt zwischen beiden Extremen (etwa 25 bis 40 %).

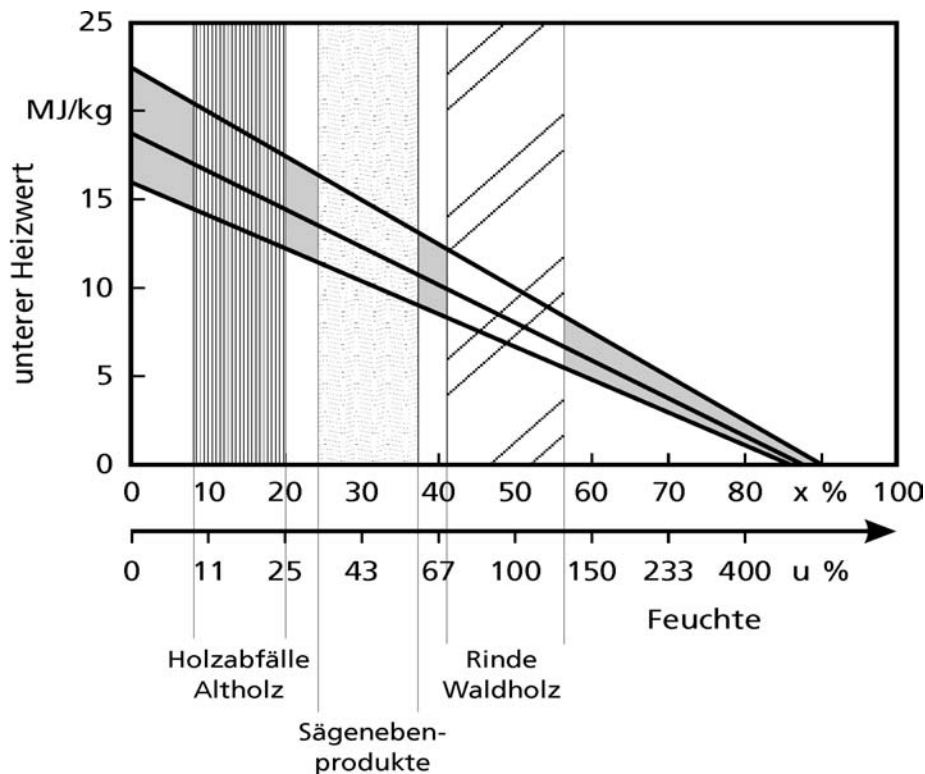


Bild 8: Heizwert von Holz in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt u bzw. vom Wassergehalt x

Der Gehalt an mineralischen Bestandteilen mindert nicht nur den Heizwert, sondern führt zu höherem Ascheanfall und erhöht so die Entsorgungskosten. Hohe Gehalte an mineralischen Bestandteilen (bis 10 %) weisen Rinden und verunreinigte Bauabbruchhölzer auf, während Sägeresthölzer und Waldhölzer nur Aschewerte von 0,5 bis 1 % ergeben.

⁹ Bei der Verbrennung freigesetzte Energie abzüglich der Kondensationswärme des freigesetzten oder gebildeten Wasserdampfs

Die nicht naturbelassenen Hölzer enthalten auch holzfremde Bestandteile, welche in Schadstoffe und Störstoffe differenziert werden. Über typische Schad- und Störstoffe gibt Tabelle 14 eine Übersicht.

Tabelle 14: Holzfremde Bestandteile in nicht naturbelassenen Holzabfällen und in Rinden

Schädliche Verunreinigungen („Schadstoffe“)	Störstoffe
Holzschutzmittel (HSM)	Metalle, Mineralien, Glas
halogenorg. Beschichtungen (PVC)	Pigmente, Füllstoffe
toxische Schwermetalle	Textilien, Kunststoffe u.a.m.
polychlorierte Biphenyle (PCB/PCT)	mineralische Verschmutzungen

Schadstoffe können bei der Verbrennung schädliche Auswirkungen auf Lebewesen und die Umwelt haben. Sie bestimmen in der Regel die genehmigungsrechtliche Einstufung der Feuerungsanlage. Typische Schadstoffe im Sinne der Gesetzgebung sind halogenorganische Beschichtungen und Holzschutzmittel sowie toxische Schwermetalle in Anstrichen und Beschichtungen. Die rechtliche Bewertung von Schadstoffen ist zumeist gewichtiger als die feuerungstechnische Relevanz. Die niedrigen Emissionswerte und der hohe Überwachungsaufwand bei Feuerungen für mit Schadstoffen belastete Holzbrennstoffe führen zu Betriebskosten, die sich erst bei größeren Anlagen rechnen.

Störstoffe sind Brennstoffbestandteile, welche

- die mit der Verbrennung verbundenen technischen Vorgänge stören können,
- ungünstige Auswirkungen auf den Verbrennungsvorgang haben,
- als abgetrennte Bestandteile zu entsorgen sind
- oder als mineralische Rückstände einer Beseitigung zugeführt werden müssen.

Störstoffe sind gesetzlich nicht geregelt, finden sich aber in freiwilligen Liefer- und Betriebsvereinbarungen oder dem RAL-Gütezeichen 428 wieder

Die Entsorgung von Altholz wird seit dem 1. März 2003 durch die Altholz-Verordnung geregelt. Sie legt für die stoffliche Verwertung Grenzwerte fest (Tabelle 15). Im weiteren erlaubt die Verordnung, dass Brennstoffe für genehmigungsbedürftige Anlagen nach TA Luft bis 2 Prozent Althölzer der Kategorien III und IV enthalten dürfen ("Schlupf"), also Altholzsortimente, die ansonsten in Feuerungen nach der 17. Bundes-Immissionsschutzverordnung (Abfallverbrennungsanlagen) zu entsorgen sind. Diese Sonderregelung gilt nicht für nicht-genehmigungsbedürftige Feuerungen (Kleinfeuerungsanlagen).

Die Altholzverordnung hat im Altholzmarkt zu einer Aufteilung in zwei Verwertungsbereiche geführt. Nicht oder nur geringfügig belastete Althölzer – vornehmlich der Kategorie I – gehen in die stoffliche Verwertung, der andere Teil der Althölzer wird der Kategorie III/IV zugerechnet und geht zur Verstromung in größere (Heiz)kraftwerke nach dem EEG, die nach den Bestimmungen der 17. Bundes-Immissionsschutzverordnung genehmigt sind. Nur ein sehr kleiner Teil des vermarkten Altholzes wird einer Beseitigung zugeführt. Davon unbenommen gibt es erhebliche Mengen an Altholz, die bei der Müllsammlung nicht abgetrennt werden und in Müllverbrennungsanlagen oder auf Deponien beseitigt werden.

Tabelle 15: Grenzwerte für die stoffliche Verwertung von Altholz (Holzhackschnitzel und Holzspäne) nach der deutschen Altholz-Verordnung von 2003

Element / Verbindung	Konzentration mg / kg atro
Arsen	2
Blei	30
Cadmium	2
Chrom	30
Kupfer	20
Quecksilber	0,4
Chlor	600
Fluor	100
Pentachlorphenol	3
Polychlorierte Biphenyle	5

atro: absolut trocken

In der Schweiz wird derzeit eine Verordnung über den Verkehr mit Abfällen (VeVa) vorbereitet, die auch für Altholz gilt. Es existieren für die Altholzverwertung Richtwerte gemäß Tabelle 16 [BUWAL 2004]. Die Richtwerte in Spalte 1 gelten für Holzabfälle, die zur Produktion von Holzwerkstoffen verwendet werden. Holzabfälle, die einen oder mehrere Richtwerte der Spalte 2 bedeutend überschreiten, gelten als problematisch und müssen in einer geeigneten Verbrennungsanlage, die über weitergehende Rauchgasreinigung verfügt (z.B. Kehrlichtverbrennungsanlage oder Zementanlage), entsorgt werden. Die Kantone können die Anzahl der Parameter begrenzen und nur die relevanten auswählen.

Tabelle 16: Richtwerte für Holzabfälle in der Schweiz nach [BUWAL 2004]

Parameter	Spalte 1 Richtwerte (mg/kg _{TS}) für die stoffliche Verwertung von Altholz (z. B. Spanplatten)	Spalte 2 Richtwerte (mg/kg _{TS}) für die Unterscheidung zwischen problematischen Holzabfällen und anderen Holzabfällen
Arsen (As)	2	5
Blei (Pb)	30	500
Cadmium (Cd)	2	5
Chrom (Cr)	30	100
Kupfer (Cu)	20	100
Quecksilber (Hg)	0,4	1
Chlor (Cl)	600	5000
Fluor (F)	100	200
Zink (Zn)	400	1000
Pentachlorphenol (PCP)	3	5
Polychlorierte Biphenyle (PCB)	3	5
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	5	15

Für Österreich bestehen beim Altholz bisher keine Regelungen, die denjenigen in Deutschland oder in der Schweiz vergleichbar sind.

8 Wettbewerbssituation und Preistendenzen

Wettbewerber bei der energetischen Verwertung von Holz in gewerblichen und kommunalen Feuerungen sind die stofflichen Verwerter (bei Waldholz, Sägenebenprodukten und unbehandeltem Altholz), die Müllverbrennungsanlagen (bei Altholz) und die Kleinfeuerungsanlagen (bei Waldholz und Sägerestholz). Der Eingriff des Staates in den Holzmarkt zugunsten regenerativer Energieträger wird zu Wettbewerbsverzerrungen führen. Anfang 2004 wurde in Deutschland eine Arbeitsgemeinschaft Rohholzverbraucher e.V. gegründet. Zweck der Arbeitsgemeinschaft ist die Sicherung der Rohstoffbasis für die oben genannten Branchen [VDS 2004].

Als Verwertungsweg mit günstigen Zukunftsaussichten gilt die Verarbeitung von Sägespänen zu Holzpellets für den Einsatz in Kleinfeuerungsanlagen. Hier ist derzeit Österreich mit einer abgesetzten Produktionsmenge von etwa 150.000 t/a (Basis: 2003) führend. Die Produktionskapazität der Pelletieranlagen beträgt inzwischen mehr als 200.000 t/a. In Deutschland lag der Pelletbedarf in 2003 bei 50.000 t/a, mit ebenfalls höheren Produktionskapazitäten. In der Schweiz wurde die Produktionskapazität von bisher etwa 10.000 t/a Anfang 2004 auf 40.000 t/a ausgebaut, der aktuelle Absatz wird mit etwa 20.000 t/a abgeschätzt [Keel 2004].

Die mit dem Wettbewerb verbundene Preisentwicklung lässt sich nur tendenziell vorhersagen. Die höchsten Preissteigerungen sollten sich für die naturnahen Holzsortimente ergeben, die sowohl im Bereich der stofflichen Verwertung als auch in Kleinfeuerungsanlagen genutzt werden können. In etlichen Regionen des hier betrachteten Wirtschaftsraums gibt es aber ein über dem Bedarf liegendes Angebot von Sägenebenprodukten und Rinden. Auch ist jedoch zu berücksichtigen, dass in allen drei Ländern die Produktionskapazitäten für Holzpellets höher sind als der Verbrauch. Hinzu sind die Relationen zu betrachten. Selbst im auf diesem Gebiet führenden Österreich liegt die Produktionskapazität derzeit bei maximal 200.000 t Pellets pro Jahr, der Anfall an Sägespänen liegt mit rund 1,2 Mio. t/a um ein Sechsfaches höher.

Wesentlich stärker Einfluss auf das Preisgefüge ist von mengenmäßig bedeutsamen Verwertern wie das Zellstoffwerk in Stendal zu erwarten. Im norddeutschen Raum haben daher Monate vor Inbetriebnahme der Aufschlussanlage, anders als in Süddeutschland, die Preise für forstliche Schwachholzsortimente und Sägenebenprodukte bereits merklich angezogen.

Aber auch die Großfeuerungen nach dem deutschen Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) sind Wettbewerber um Holz, insbesondere um preisgünstige Altholzsortimente. Neben reinen Kraftwerken auf der „grünen Wiese“ haben in Deutschland vor allem Heizkraftwerke in Leistungsgrößen von z.T. bis 100 MW in Holzwerkstoff- und Papierfabriken einen bedeutsamen Marktanteil erreicht. Die Preise für Althölzer sowohl zur stofflichen als auch zur energetischen Verwertung liegen inzwischen auf einem höheren Niveau als noch vor 1 oder 2 Jahren. Es ist zu erwarten, dass bei Inbetriebnahme weiterer Altholzfeuerungen die Preise für geringwertige Holzsortimente weiter anziehen werden.

Für Feuerungen mittlerer Größe (1 bis 10 MW), unter ökologischen Gesichtspunkten außerhalb der Holzbetriebe die sinnvollste Art der energetischen Holznutzung, bieten sich somit vornehmlich regionale Lösungen an, bei denen in einem überschaubaren Umfeld Wald- und Sägeresthölzer, Rinden, ggf. auch Grünschnitt und andere nicht gefährliche Holzabfälle¹⁰ in ausreichender Menge und Qualität zur Verfügung stehen. Vertragliche Bindungen mit Betrieben der Holz- und Möbelwirtschaft sowie Integration der Feuerungsanlagen in Betriebe mit ganzjährigem Wärmebedarf helfen, den Betrieb versorgungssicher und wirtschaftlich zu gestalten.

In Österreich ist das Ökostromgesetz vornehmlich auf naturnahe Waldhölzer und Sägeresthölzer ausgelegt. Vergleichbare gesetzliche Rahmenbedingungen vorausgesetzt, könnten in der Schweiz und in Österreich noch Potentiale im Altholzbereich für die energetische Verwertung aktiviert werden.

9 Zusammenfassung und Ausblick

Die größten Reserven an Energieholz bestehen zweifellos beim Waldenergieholz. Schwierigkeiten bei der Aktivierung des Waldenergieholzes finden sich

- in der Struktur des Waldbesitzes,
- im hohen Ernteaufwand,
- in der fehlenden Logistik
- und damit in den hohen Kosten der Gewinnung und Bereitstellung.

Die Gestehungskosten für Waldenergieholz lassen im Einzelfall die Einbindung in regionale Anlagenkonzepte zu, hier in Anlagen kleiner und mittlerer Leistung mit einfachen Genehmigungsverfahren. Bei größeren Heizkraftwerken im aufwendigen Genehmigungsbereich - in Deutschland z.B. nach der 17. Bundes-Immissionsschutzverordnung - ist eine Wirtschaftlichkeit nicht gegeben.

Ob hier zusätzliche Vergütungen für Strom aus Waldholz - wie die bei der Novellierung des EEG in Deutschland vorgesehen - Spielräume schaffen, bleibt abzuwarten. Auch die Auswirkungen des österreichischen Ökostromgesetzes sind derzeit nicht voll abzusehen. Bei den Potentialen im derzeit nicht genutzten Zuwachs ist im Weiteren zu beachten, dass es sich zu einem wesentlichen Teil um Starkholzsortimente handelt, bei denen die stoffliche Verwertung der sinnvollere Weg der Verwertung ist. Auch ist zu erwarten, dass bei weiterem Ausbau der Zellstoff- und Holzwerkstoffproduktion der Bedarf dieser Branchen an Waldindustrieholz zunehmen wird. Naturschutzforderungen, die bislang produktive Waldflächen aus der Nutzung ausklammern wollen, gelten ebenfalls als Gefahren für die stoffliche Rohholznutzung. Die Interessensgegensätze werden zunehmen, wenn der Anteil nicht wirtschaftlich genutzter Wälder ansteigt. So beabsichtigen die Bundesregierung und die Bundesländer, infolge der europäischen Initiative NATURA 2000 den Anteil der Schutzgebiete in Deutschland von derzeit 3 % auf 10 % der Gesamtfläche auszuweiten (Anonymus 2004). Es ist zu erwarten, dass diese Zunahme vor allem bewaldete Gebiete betrifft.

Bei den Sägenebenprodukten, den Rinden und den industriellen Holzabfällen gibt es Verwertungswege, die für eine zusätzliche energetische Nutzung unter den derzeitigen Rahmenbedingungen nur einen geringen Spielraum lassen. Die größten Aussichten beim Transfer von stofflicher zu energetischer Verwertung wird die Aufarbeitung von Sägespänen zu Holzpellets für den Einsatz in Kleinfeuerungsanlagen bei-

¹⁰ In Deutschland Althölzer der Kategorien A I und A II

gemessen. Nur wenn der Absatz an Pelettf Feuerungen deutlich zunimmt, kann mit angemessenen Absätzen gerechnet werden. Alternativ verbleiben regionale Lösungen zur energetischen Nutzung von Holzabfällen unter Einbezug holzbe- und -verarbeitender Firmen im mittleren Leistungsbereich (etwa 1 bis 10 MW Feuerungswärmeleistung). In den meisten größeren Betrieben der Holzwerkstoffindustrie sind Feuerungsanlagen bereits errichtet oder befinden sich in der Realisierungsphase. Die Holzwerkstoffindustrie ist damit einerseits vielfach von der Verteuerung bisheriger Rohstoffsportimente betroffen, kann aber andererseits – zumindest in Deutschland – von der finanziellen Vergütung des Ökostroms profitieren. Ähnliche Entwicklungen laufen bei einigen Betrieben der Papierherstellung. Die Zellstoffwerke haben zwar ebenfalls Anlagen zur energetischen Verwertung der anfallenden Ablaugen¹¹, sie partizipieren aber nicht an den Vergütungssätzen des EEG, da diese Ablaugen keine anerkannten Biomassen nach der Biomasseverordnung sind.

Im Altholzbereich in Deutschland dürfte der größte Teil des auf dem Markt verfügbaren Altholzes (Kategorien AIII + AIV sowie Mischholzsortimente) bereits durch bestehende oder im Bau befindliche Biomasse(heiz)kraftwerke mit Verstromung nach EEG gebunden sein. Die zunehmende Einbindung von importiertem Altholz in Versorgungskonzepte für grenznahe Biomasse(heiz)kraftwerke ist ein Indikator für die Altholzverknappung in Deutschland. Ungenutzte Potentiale finden sich zwar noch im Sperrmüll und im Hausmüll, sind aber nur schwer in ausreichender Menge und Qualität gewinnbar. Die Qualität der verfügbaren Holzbrennstoffe ist bereits bei Planung und Betrieb der Feuerung zu beachten und wird in Zukunft zu einer wesentlichen Vorbedingung für den wirtschaftlichen Betrieb eines Biomasse(heiz)kraftwerks. Aus den Erfahrungen der letzten Jahre wird deutlich, dass angemessene Aufbereitungssysteme bei Einsatz problematischer Brennstoffe (Altholz, Rinden) unumgänglich sind.

Die Zahlen für Österreich und die Schweiz lassen erkennen, dass bei entsprechenden gesetzlichen Rahmenbedingungen und bei angemessener Förderung der Stromerzeugung ein größerer Anteil des Altholzes für die energetische Verwertung aktivierbar wäre als derzeit gegeben, allerdings unter Rückführung der Exporte insbesondere nach Italien.

In Deutschland wird der Import von Altholz aus den angrenzenden Ländern in deutsche Biomasse(heiz)kraftwerke nach dem EEG zunehmen, doch gibt es auch gegenläufige Tendenzen wie die zunehmende Verwendung von aufbereitetem Altholz als Rohstoff bei der Spanplattenfertigung in Westeuropa¹².

Mit Veränderungen im Holzmarkt ist in allen drei Ländern zu rechnen. Dies gilt insbesondere für Deutschland, wo die energetische Nutzung sich noch auf einem im Vergleich mit Österreich und der Schweiz niedrigen Niveau befindet. Auch wenn die derzeit absehbaren Brennstoffmengen für Biomasse(heiz)kraftwerke vom Markt gedeckt werden können, sind weitere Verschiebungen im Preisgefüge nach oben zu erwarten, welche die Wirtschaftlichkeit der Anlagen betreffen. Die verfügbaren Mengen an Waldholz und Sägenebenprodukten sind ausreichend, um den Rohstoffbedarf der stofflichen Verwertungsbetriebe zu decken, wobei Preissteigerungen mehr die Holzwerkstofffertigung als die Zellstoff- und Papierindustrie betreffen werden. Sollte die

¹¹ Bei der Zellstoffgewinnung fallen zwischen 45 und 55 % der Holzmasse als Ablaugen an.

¹² In Belgien liegt der Recyclingholzeinsatz bereits bei 48 %, in anderen westeuropäischen Ländern bei Werten um 30 %.

Novellierung des EEG zu besonderen Vergünstigungen für naturnahe Hölzer führen, sind weitere Verschiebungen zu erwarten, die sich vor allem auf den Markt der Schwachhölzer und der Sägenebenprodukte auswirken werden. Der Ausbau der Zellstoffkapazitäten und die Herausnahme von derzeit noch bewirtschafteten Waldflächen aus der Nutzung durch die NATURA 2000 werden die Tendenz zu steigenden Holzpreisen verstärken.

10 Literaturverzeichnis

Anonymus 2004: Länder erzielen Einigung über „Natura 2000“-Flächen. Holz-Zentralblatt vom 03.02.2004

R. Brökeland, o. Jahresangabe: Biobrennstoffe – Potentiale und Eigenschaften. C.A.R.M.E.N., Straubing

J. Buddenberg, M. Kralemann 2002: Welches Potential bietet der Energieholzmarkt wirklich? Studie der Niedersächsischen Energie-Agentur, Hannover

Bundesamt und Forschungszentrum Wald 2004: Ergebnisse der Österreichischen Waldinventur 2000 – 2002. Internet-Darstellung

Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft 2002: Bundes-Abfallwirtschaftsplan – Bundesabfallbericht 2001, Wien

BUWAL Bundesamt für Umwelt, Wald und Landwirtschaft 2004: Bereinigter Entwurf der Vollzugshilfe Holzabfälle von Januar 2004, Bern

M. Dieter 2003: Holzbilanzen 2001 und 2002 für die Bundesrepublik Deutschland. Arbeitsbericht der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Hamburg

M. Dieter, H. Englert, M. Klein 2001: Abschätzung des Rohstoffpotentials für die energetische Nutzung in der Bundesrepublik Deutschland. Arbeitsbericht der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Hamburg

G. Dussing, R. Marutzky 2003: Moderne Feuerungstechnik zur energetischen Verwertung von Holz und Holzabfällen, Teil 2. Springer VDI Verlag, Düsseldorf

M. Englisch 2004: Brennstoffe und Logistik für Biomasseverbrennungsanlagen. VDI-Seminar, Salzburg

D. Falkenberg, S. Schneider, M. Kaltschmitt 2003: Erneuerbare Energien. BWK 55, Nr. 4, S. 68 – 77

F. Handler, M. Wörgetter, J. Rathbauer, H. Prankl 2002: Nachwachsende Rohstoffe in Österreich. Bundesanstalt für Landtechnik, Wieselburg

P. Haschke 1998: Forstliche Energieholzpotentiale in Deutschland und Aspekte ihrer künftigen Nutzung. Holz-Zentralblatt 124, S. 801 und 806

R. Hofer, Verein der Holzpackmittel in Pinkafeld 2004: Persönliche Mitteilung an den Verfasser

IE Institut für Energetik und Umwelt 2003: Monitoring zur Wirkung der Biomasseverordnung auf Basis des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG). Endbericht zum Vorhaben 201 41 132 des Bundesumweltministeriums, Berlin

M. Kaltschmitt, D. Thrän 2003: Biomasse für Strom, Wärme und Kraftstoff. Vortrag auf dem Deutschen Bauerntag, Freiburg

M. Kaltschmitt, D. Merten, N. Fröhlich, M. Nill 2003: Energiegewinnung aus Biomasse. Externe Expertise für das WBGU-Hauptgutachten 2003 „Welt im Wandel: Energiegewende durch Nachhaltigkeit“. Berlin, Heidelberg

A. Keel, Holzenergie Schweiz in Zürich 2004: Persönliche Mitteilung an den Verfasser

A. Lange, J. Spennemann, H. Weimar, O. Ringema 2000: Altholz - eine Gefahr für den Rohholzabsatz. Abschlussbericht Universität Hamburg

LWF Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft 2000: Der Energieholzmarkt in Bayern. LWF-Bericht Nr. 26, München

L. Leible, A. Arlt, B. Fürniß, S. Kälber, G. Kappler, S. Lange, E. Nieke, C. Rösch, D. Wintzer 2003: Energie aus biogenen Rest- und Abfallstoffen. Wissenschaftliche Berichte FZKA 6882, Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse des Forschungszentrums Karlsruhe

U. Mantau, H. Weimar, J. Laber 2003: Aufkommen und Vertrieb von Sägenebenprodukten. Holz-Zentralblatt 129, S. 1405 - 1406

U. Mantau 2004: Rohstoffbilanz Deutschland – Bestandsaufnahme 2002. Unveröffentlichter Bericht

R. Marutzky 2003: Neue Wettbewerbssituation bei Holzsortimenten. Holz-Zentralblatt 129, S. 180 - 181

R. Marutzky, K. Seeger 1999: Energie aus Holz und anderer Biomasse, DRW-Verlag Stuttgart

M. Merten, vormals IE Leibzig 2004: persönliche Mitteilung an den Verfasser.

Th. Nussbaumer 2000: Holzenergie/ Energie du bois. Schweizer Baudokumentation, Blauen

Th. Nussbaumer, M. Oser 2004: Evaluation of Biomass Combustion based Energy Systems by Cumulative Energy Demand and Energy Yield Coefficient. Verunum press, Zürich

K. Portenkirchner, M. Binder 2004: Kombinierte Energieversorgung eines Großsägewerks und einer Kommune mit Hilfe einer Biomasse-KWK-Anlage (30 MW). VDI-Seminar, Salzburg

B. Pauli 2003: Struktur- und Potenzialanalyse der Schweizer Sägeindustrie. Jaako Pöyry Management Consulting, Freising

W. Riegger 2001: Künftige Verwertung von Altholz. Schweizer Holzzeitung 113, Nr. 24, S. 4 - 5

W. Riegger, IG Altholz in Zürich 2004: Persönliche Mitteilung an den Verfasser

A. Sedmidubsky, E. Lutter 2003: Daten zu erneuerbarer Energie in Österreich 2001, E.V.A. Energieverwertungsagentur Wien

L. Speckels, Universität Hamburg 2000: Zitiert nach [Leible et al. 2003]

C. Stein, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit o.J.: Ziele und Konzepte der Bundesregierung für erneuerbare Energien/Bioenergie. Vortragspräsentation im Internet

E. Thön, U. Fahl 2003: Energiewirtschaftliche Gesamtsituation. BWK 55, Nr. 4, S. 26 - 37

VDS Verband der Deutschen Säge- und Holzindustrie 2004: Arbeitsgemeinschaft Rohholzverbraucher e.V. gegründet. Pressemitteilung Wiesbaden, 19.01.2004