

Der Holzfluss in der Bundesrepublik Deutschland 2009

Methode und Ergebnis der Modellierung
des Stoffflusses von Holz

Holger Weimar

Institut für Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft



Johann Heinrich von Thünen-Institut:
Institut für Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft
Hausadresse: Leuschnerstr. 91, 21031 Hamburg
Postadresse: Postfach 80 02 09, 21002 Hamburg

Tel: 040 / 73962-301
Fax: 040 / 73962-399
Email: oef@vti.bund.de
Internet: <http://www.vti.bund.de>

Institut für Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft

Der Holzfluss in der Bundesrepublik Deutschland 2009

**Methode und Ergebnis der Modellierung
des Stoffflusses von Holz**

von

Holger Weimar

Arbeitsbericht des Instituts für Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft 2011 / 06

Hamburg, Dezember 2011

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Zielsetzung	1
2	Methodik und Struktur des Holzflussmodells	3
3	Datenquellen	10
3.1	Amtliche Statistiken	10
3.2	Verbandsstatistiken	12
3.3	Studien und sonstige Quellen	13
3.4	Annahmen	15
4	Ergebnisse	18
5	Diskussion.....	26
	Literatur und Datenquellen.....	30
	Abbildungsverzeichnis	34
	Tabellenverzeichnis	35
	Anhang Umrechnungsfaktoren.....	36
	Anhang Flussbild	37

1 Einleitung und Zielsetzung

Das Wissen um die Verfügbarkeit und die Verwendung von Ressourcen in einer Volkswirtschaft ist eine wichtige Grundlage für die von unterschiedlichen Interessen geleiteten Investitionsentscheidungen und Konkretisierungen staatlicher Ziele. Eine besondere Stellung kann dabei den Ressourcen zufallen, die im Inland produziert werden und nicht – eventuell in Abhängigkeit anderer Rahmenbedingungen – aus anderen Regionen eingeführt werden müssen.

In der Bundesrepublik Deutschland ist Holz eine der wichtigsten Ressourcen, die im Inland produziert werden und unmittelbar zur Verfügung stehen. Zudem handelt es sich um einen nachwachsenden Rohstoff, der bei entsprechender forstwirtschaftlicher Tätigkeit planbar auf konstantem Niveau zur Verfügung gestellt werden kann.

Der Rohstoff Holz mit seinen vielfältigen Verwendungsmöglichkeiten, seinen klimaneutralen Eigenschaften als Energieträger und seiner Herkunft aus einer wiederum im Fokus vielfältiger Ansprüche stehenden Waldwirtschaft leistet daher in der Bundesrepublik Deutschland einen wichtigen und nachhaltigen Beitrag im Rahmen des Ressourcenmanagements der nationalen Wirtschaft.

Eine detaillierte Analyse von Aufkommen und Verwendung von Holz, vor allem im Hinblick auf weitere zusätzlich verfügbare Mengen, die die unterschiedlichen Ansprüche an Wald und Rohstoff bedienen können, erfordert eine vollständige Kenntnis der Aufkommens- und Verbrauchssituation. Dies ist für die Bundesrepublik Deutschland gegenwärtig weder beim Aufkommen noch bei der Verwendung von Holz gegeben. Die verfügbaren amtlichen Statistiken zum Einschlag von Holz, zum Holzeinsatz in verschiedenen Bereichen der Holzbearbeitung oder zur Produktion von Halbwaren ermöglichen es nicht, ein vollständiges Bild von Aufkommen und Verwendung von Holzrohstoffen und Holzhalbwaren zu geben. Verstärkt wird dieses unvollständige Bild durch unzureichende Informationen bezüglich Holz und Holzprodukten, die zur Energieerzeugung produziert oder verwendet werden.

Ansätze, diese unbefriedigende Situation zu verbessern, wurden von unterschiedlicher Seite und auf unterschiedlichste Weise diskutiert und in einigen Fällen auch zum Abschluss gebracht (z. B. Mellinghoff und Becker 1998, Mantau 2004; Dieter und Englert 2005). Grundlegendes Problem bleibt jedoch, dass Berechnungen auf jährlicher Basis dauerhaft und aktuell nicht vorgenommen werden. Zielsetzung dieser Arbeit ist es daher, den gesamten Holz basierten Mengenfluss in Deutschland für das Jahr 2009 ausgehend von seinen unterschiedlichen Quellen bis zur Herstellung von Halbwaren und die Verwendung von Holz zur Energieerzeugung unter Berücksichtigung der Verflechtungen der unterschiedlichen Rohstoff- und Produktströme abzubilden. Das methodische

Konzept dieser Arbeit soll zum Einen die Grundlage sein für weitere Holzflussmodellierungen, die entweder für nachfolgende Jahre erstellt werden oder auch für einen historischen Rückblick dienen können. Zum Anderen sollen die Ergebnisse für andere, zum Teil auch jährlich zu erstellende, Analysen und Berichterstattungen die Datenbasis darstellen.

Der weitere Inhalt dieser Arbeit stellt sich folgendermaßen dar. In Kapitel 2 werden das methodische Konzept sowie die Struktur des Holzflussmodells erläutert. Kapitel 3 stellt die verwendeten Datenquellen dar. In Kapitel 4 folgen die Ergebnisse der Holzflussmodellierung für das Jahr 2009. Dies beinhaltet zum einen das Flussbild, das den Holzfluss visuell darstellen soll, und zum anderen die Resultate der Berechnungen. Kapitel 5 schließt mit der Diskussion der Ergebnisse und einem Ausblick an.

Ein ganz besonderer Dank gilt an dieser Stelle Frau Johanna Schliemann vom Institut für Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft des vTI, die den Holzfluss unter Verwendung des Programms e!Sankey® bildlich darstellte.

2 Methodik und Struktur des Holzflussmodells

Das Holzflussmodell soll den gesamten Stofffluss von Holz in der Bundesrepublik Deutschland bis zur Halbwarenebene bzw. bis zur energetischen Nutzung sowie die dazugehörigen Außenhandelsströme abdecken. Die Modellierung erfolgt durch die Untergliederung des Holzflusses in Prozesse und Flüsse. Ein Prozess beschreibt entweder eine Transformation eines Rohstoffs (Herstellung eines Produktes) oder stellt eine Zusammenführung (Aggregation) oder eine Aufteilung (Allokation) des Holzflusses dar. Die Verknüpfung der Prozesse geschieht durch Materialflüsse. Diese Stoffflüsse repräsentieren Holzrohstoffe oder Holz basierte Reststoffe und Produkte, jeweils abhängig davon, welche Prozesse miteinander in Verbindung stehen. Aggregation und Allokation von Stoffflüssen können in einem Prozess gemeinsam auftreten. In einen Prozess können unterschiedliche Stoffe fließen, ebenso wie der Output eines Prozesses aus verschiedenen Stoffen bestehen kann.

Sowohl die Vielfalt an Bearbeitungsprozessen von Holz als auch das Spektrum unterschiedlicher Produkte ist groß und kann nur in reduzierter Form im Holzflussmodell abgebildet werden. Das erforderliche Detailmaß orientiert sich an der Zielsetzung, alle Bearbeitungsprozesse zu erfassen, die Rohholz oder andere Holzrohstoffe einsetzen. Die Untergliederung des gesamten Holzflusses in einzelne Prozesse orientiert sich daher an Rohstoffen, Bearbeitungsschritten und Produkten, die einerseits aufgrund ihrer Eigenschaften in sich möglichst homogen sind und die sich andererseits hinreichend von anderen Prozessen unterscheiden.

Die Modellierung des Stoffflusses beschränkt sich ausschließlich auf die Abbildung des Flusses von Holz, genauer gesagt der Holzfasern. Andere Materialien und Rohstoffe, die entweder für den Herstellungsprozess erforderlich sind oder neben Holz Bestandteil eines Produktes sind, werden nicht berücksichtigt. Dies gilt beispielsweise für den Einsatz von Chemikalien bei der Zellstoffherstellung oder für Klebstoffe bei der Herstellung von Holzwerkstoffen.

Bezugseinheit Holzfasernäquivalent

Aus der Zielsetzung, ausschließlich den Holzfluss abzubilden, leitet sich die einheitliche Bezugsgröße für das gesamte Modell ab. Vor dem Hintergrund der sehr unterschiedlichen Bearbeitungsschritte von Holz und der daraus resultierenden unterschiedlichen Produkte ist es nicht ausreichend, lediglich branchenübliche Einheiten wie Kubikmeter (m³) oder Tonne (t) zu vereinheitlichen. In diesen Produktionsmengen wären neben Holz noch weitere Materialien enthalten, die im Holzfluss nicht berücksichtigt werden sollen. Zusätzlich müssten die Eigenschaften des Schwindens und Quellens von Holz vom Rohholzeinsatz

zum Holzprodukt und die damit verbundenen Volumenveränderungen berücksichtigt werden. Schließlich liegen oftmals, wie bei Zellstoff, herausgelöste Bestandteile von Holz vor, deren Mengenfluss nicht direkt mit dem von Holzrohstoffen oder Holzhalbwaren vergleichbar ist.

Bekannte Bezugsgrößen, die bereits verschiedentlich in der Literatur verwendet werden, erscheinen für die Zwecke dieser Arbeit nicht geeignet. Eine lange Historie in der Anwendung hat beispielsweise die Umrechnung von Holzprodukten in sogenannte Rohholzfestmeter oder Rohholzäquivalente (z. B. Endres 1905; Köstler 1936; Wiebecke 1961; FAO 1982; UNECE 2005). Dieser Wert beschreibt die Menge Rohholz, die zur Herstellung eines bestimmten Produktes eingesetzt werden muss. Bei Schnittholz z. B. beinhaltet das Rohholzäquivalent auch Sägenebenprodukte, die während des Produktionsprozesses anfallen und anschließend für andere Verwendungen zur Verfügung stehen. Durch die Rückrechnung auf die eingesetzte Faser besteht bei diesem Umrechnungsfaktor jedoch nicht die Möglichkeit, den Stofffluss aus einem Prozess auf die unterschiedlichen weiteren Verwendungswege aufzuteilen. Andere Flussdarstellungen für Holzprodukte rechnen mit Verdichtungsfaktoren, um einen vergleichbaren Mengenstrom darstellen zu können (z. B. Mantau und Bilitewski 2005) oder betrachten den Holzstrom lediglich bis zum Eingang in die Holz bearbeitende Industrie, so dass keine weiteren Umrechnungen erforderlich sind (z. B. Hagauer und Lang 2007).

Einen ähnlichen Ansatz für die Bezugsgröße wie in dieser Arbeit wählen Müller und Becker (1987) bzw. Mellinghoff und Becker (1998) für Distributionsanalysen des Holzes. Für diese Arbeiten wird die Bezugseinheit definiert als „m³ Holz oder Holzbestandteile im Festmaß“ und soll nur die Holzmengen berücksichtigen, die tatsächlich in einem Produkt enthalten sind (Müller und Becker 1987; Mellinghoff und Becker 1998). Die dafür erforderlichen Umrechnungsfaktoren werden von Rohholzäquivalenten (nach Ollmann 1986 und 1993) abgeleitet. Die Umrechnungen erfolgen jedoch nicht für alle Daten, sondern vornehmlich für die Angaben, die nicht in Kubikmeter vorliegen. Die Daten von Span- und Faserplatten beispielsweise übernehmen Müller und Becker (1987) und Mellinghoff und Becker (1998) direkt aus den Datenquellen.

Für die Modellierung des Holzflusses dieser Arbeit wird daher eine neue Bezugsgröße, das Holzfasenäquivalent, definiert. Das Holzfasenäquivalent ist eine Volumeneinheit und beschreibt das äquivalente Volumen der in dem Produkt enthaltenen Holzfasern oder holzbasierenden Fasern in fasergesättigtem Zustand und ist insofern vergleichbar mit der von Müller und Becker (1987) und Mellinghoff und Becker (1998) gewählten Definition eines Kubikmeters Holz oder Holzbestandteile im Festmaß.

Die umgerechneten Werte in Holzfaseräquivalent werden mit $m^3(f)$ gekennzeichnet. Zur Veranschaulichung soll diese Einheit anhand einiger Beispiele erläutert werden:

- Der amtliche Einschlag wird in m^3 ohne Rinde gemessen. Das Holzvolumen wird in fasergesättigtem Zustand gemessen. Der Umrechnungsfaktor eines Kubikmeters frisch eingeschlagenen Holzes in Holzfaseräquivalent ist demnach 1,0. Bei Volumenangaben von Rohholz wird daher auch auf die Kennzeichnung mit $m^3(f)$ verzichtet und nur m^3 angegeben.
- Zur Produktion von Holzspanplatten werden neben Holzrohstoffen auch andere Materialien, wie Bindemittel und Hilfs- und Zuschlagstoffe eingesetzt. Zur Ermittlung der in einer Spanplatte enthaltenen Holzfasern wird von der Masse eines Kubikmeters Spanplatte die gesamte Nicht-Holzmasse subtrahiert. Die verbleibende Masse besteht aus Holz und Wasser. Unter Berücksichtigung der Raumdichte und der Holzartenanteile lässt sich das Holzfaservolumen, das in einem Kubikmeter Spanplatte enthalten ist, bestimmen. Der Umrechnungsfaktor eines Kubikmeters Spanplatte in Holzfaseräquivalent berechnet sich für 2009 auf 1,26.
- Das Produkt Zellstoff enthält ausschließlich holzbasierte Fasern. Unter Berücksichtigung des Wassergehaltes in der Produktionsmenge berechnet sich die Masse holzbasierter Zellstofffasern. Als Umrechnungsfaktor in Holzfaseräquivalent und unter Berücksichtigung der eingesetzten Holzarten ergibt sich ein Umrechnungsfaktor von 2,13. Das bedeutet, eine Tonne Zellstoff entspricht 2,13 Kubikmeter Holz.
- Stoffe, die, wie z. B. die Ablauge aus der Zellstoffherstellung, nicht Bestandteil des eigentlichen Zielproduktes sind, werden im Holzflussmodell als Reststoffe oder Restholz weitergeführt.

Die angeführten Beispiele verdeutlichen, dass für die Produkte und zum Teil auch einzelne Holzrohstoffe spezifische Umrechnungsfaktoren hergeleitet werden müssen. Nach Maßgabe der weiter oben beschriebenen Definition des Holzfaseräquivalents lässt sich die Berechnung eines Umrechnungsfaktors eines Produktes in Holzfaseräquivalente folgendermaßen allgemein ausdrücken:

Zunächst muss die Masse der Holzfasern Hm ermittelt werden:

$$Hm = Pm - Wm - \sum_{i=1} NHBm_i$$

Wobei Pm = Masse der Gesamtproduktion; Wm = Masse des im Produkt enthaltenen Wassers; $NHBm$ = Masse der Nicht-Holz-Bestandteile i = Nichtholzbestandteile sind.

Von der Holzfasermasse Hm leitet sich das Holzfaservolumen Hv der Holzfasern im fasergesättigten Zustand ab, das anteilig der eingesetzten Holzarten berechnet wird:

$$Hv = \sum_{j=1} \frac{Hm}{\frac{R_j}{A_j}}$$

Es gilt R_j = Raumdichte der Holzart j ; A_j = Anteil der Holzart j am eingesetzten Rohstoffmix; j = Holzart.

Der Umrechnungsfaktor F für die Umrechnung eines Produktes in Holzfaserveräquivalente wird als Relation des Holzfaservolumens zur Produktionsmenge ermittelt:

$$F = \frac{Hv}{Pv} \vee \frac{Hv}{Pm} \quad \text{oder nur:} \quad \frac{Hv}{P}$$

Wobei Hv = Volumen der Holzfasern im fasergesättigten Zustand; Pv = Produktionsmenge gemessen in Volumeneinheiten; Pm = Produktionsmenge gemessen in Masseeinheiten.

Zu berücksichtigen ist, dass die Umrechnungsfaktoren F je nach den Anteilen der eingesetzten Holzarten von Jahr zu Jahr unterschiedliche Ausprägungen haben können (siehe dazu auch die Liste mit Umrechnungsfaktoren im Anhang).

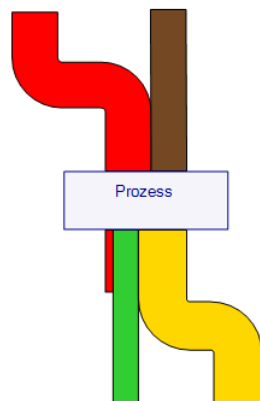
Die Datenmatrix

Eine wichtige Grundlage zur Modellierung des Holzflusses ist der Aufbau einer zentralen Datenbasis. Die Struktur der Datenbasis ist als Matrix angelegt. Die Daten können für das Holzflussmodell direkt abgelesen werden, ohne dass es erforderlich ist, in einem weiteren Zwischenschritt Berechnungen vorzunehmen. Der Detailgrad der Datenmatrix orientiert sich dabei sowohl an der Zielsetzung für das Holzflussmodell als auch an den verfügbaren Daten. Die Informationen für einen spezifischen Stofffluss sind in den Zeilen enthalten. Die Spalten enthalten die Informationen zur eindeutigen Identifizierung sowie das dazugehörige Mengenvolumen. Jeder einzelne Stofffluss ist durch ein Produkt, einen Quellprozess und einen Zielprozess eindeutig identifizierbar. Der Quellprozess definiert die Herkunft eines Materialflusses. Der Zielprozess zeigt an, für welchen Prozess das jeweilige Produkt als Input bestimmt ist. In vielen Fällen wird das Produktmerkmal um Informationen zur Holzart ergänzt. Dies gilt für die gesamten Stoffflüsse von Rohholz und Restholz sowie für alle weiteren Produkte, bei denen eine Aufgliederung in Laub- und Nadelholz möglich war.

Das Flussbild

Die Prozesse werden durch Stoffflüsse miteinander verknüpft. Die Stoffflüsse stellen Mengenströme dar, die als ausgehendes Produkt eines Prozesses entweder Eingangsprodukt eines einzelnen nachfolgenden Prozesses sind oder sich auf mehrere nachfolgende Prozesse aufteilen. Zugänge von oben kennzeichnen immer Materialzuflüsse in den Prozess. Abgänge fließen aus dem Prozess nach unten. Einzige Ausnahme bilden die Prozesse zum Außenhandel, deren Materialab- bzw. -zugänge seitlich verankert sind. Nachstehende Abbildung stellt einen Prozess mit eingehenden und ausgehenden Stoffflüssen beispielhaft dar.

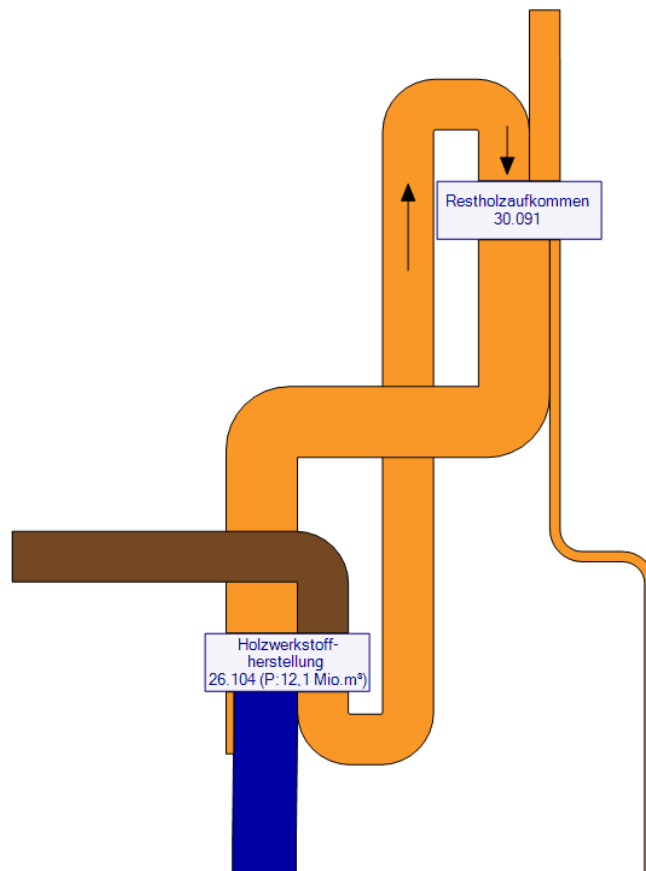
Abbildung 1: Schematische Darstellung eines Prozesses mit Stoffzu- und -abflüssen



Der oben dargestellte Prozess umfasst einen Zufluss von zwei Strömen mit jeweils unterschiedlichen Quellprozessen sowie drei Materialabflüsse. Einer dieser Materialabflüsse ist im Flussbild ohne Verknüpfung zu einem Zielprozess dargestellt. In solchen Fällen handelt es sich um Materialflüsse in den Lagerbestand bzw. aus dem Lagerbestand bei Materialzuflüssen zum Prozess. Bei Lagerbestandsänderungen wird im Holzflussmodell ausschließlich die Nettoveränderung angezeigt. Ein Materialzugang zum Prozess bedeutet demnach einen Lagerabbau. Ein Stofffluss aus dem Prozess ohne Verknüpfung zu einem Zielprozess kennzeichnet einen Lageraufbau. Sind Stoffflüsse mit gleicher Farbe gekennzeichnet, handelt es sich auch um den gleichen Rohstoff, Reststoff oder das gleiche Produkt.

Durch die Produktion von Kuppelprodukten oder Reststoffen, die bei vielen holzwirtschaftlichen Produktionsprozessen entstehen, und die wiederum als Rohstoffe Eingangsprodukt für andere Prozesse sein können, ergeben sich im gesamten Stoffflussmodell Rückkopplungen bzw. Rückflüsse. Abbildung 2 stellt dies schematisch dar.

Abbildung 2: Schematische Darstellung einer Rückkopplung im Stofffluss



Das dargestellte Rückkopplungssystem tritt bei einer Reihe von holzwirtschaftlichen Bearbeitungsprozessen auf. Der Bearbeitungsprozess hat zwei Inputströme, zum Beispiel Rohholz und Restholz. Während des Produktionsprozesses fällt wiederum Restholz an, das neben dem eigentlichen Produkt den zweiten Materialabfluss darstellt. Dieses Restholz fließt in einer Rückkopplung wieder dem Restholz-Quellprozess zu und steht damit einer neuerlichen Verteilung, auch in dem ursprünglichen Herstellungsprozess, zur Verfügung.

Die vorangestellten Abbildungen verdeutlichen, dass es sich bei der grafischen Darstellung des Holzflusses um ein größenproportionales Flussbild handelt. Die Breite eines Stoffflusses verhält sich relativ zu den anderen Stoffflüssen. Demgegenüber sind die Prozesse nicht größenproportional dargestellt.

Die Prozesse sind entsprechend ihrer Eigenschaften beschriftet. Zusätzlich beschreibt die dazu angegebene Zahl das Volumen an Holzfaseräquivalenten in 1.000 m^3 (f), das in dem jeweiligen Prozess umgesetzt wird. Für den oben abgebildeten Prozess Restholzaufkommen bedeutet dies eine Menge von $30,1 \text{ Mio. m}^3$ (f). Zur besseren Einordnung der angegebenen Mengen in Holzfaseräquivalenten ist bei den Herstellungsprozessen ebenfalls in inländische Produktionsmenge in der branchenspezifischen Einheit mit angegeben. In obiger Abbildung bedeutet das für den Prozess der Holzwerkstoffherstellung ein Volu-

men an Holzfaseräquivalenten in Höhe von 26,1 Mio. m³ (f) und ein Produktionsvolumen von 12,1 Mio. m³ an Holzwerkstoffen.

Bilanzierungen

Das gesamte Holzflussmodell zeigt eine ausgeglichene Mengenbilanz. Die Summe aller Inputströme ist gleichgroß der Summe aller Outputströme. Grundlage für diese ausgeglichene Gesamtbilanz sind die Einzelbilanzen jedes Prozesses. Mit Ausnahme der Start- und Endprozesse verfügt jeder Prozess im Holzflussmodell über einen ausgeglichenen Materialzu- und -abfluss. In einigen wenigen Fällen ergeben die Bilanzen einzelner Prozesse zunächst einen Saldo; so z. B. beim Schnittholzaufkommen, dessen Bilanz dann durch den resultierenden Materialabfluss in die Inlandsverwendung von Schnittholz rechnerisch ausgeglichen wird.

Die Gesamtbilanz des Holzflussmodells muss in ähnlicher Weise ausgeglichen werden. Durch das Zusammenführen vieler unterschiedlicher Datenquellen berechnet sich bei den Input- und Outputflüssen keine ausgeglichene Bilanz. Diese Salden ergeben sich vornehmlich bei den Rohstoffen, deren Aufkommen nach den verfügbaren Informationen geringer ist als die Verwendung. Sofern für einen Rohstoff kein explizites Aufkommen bekannt ist, kann das erforderliche Rohstoffaufkommen über den Verbrauch zurückgerechnet und in einen entsprechenden Startprozess als Quelle eingefügt werden. Dieses Verfahren findet beispielsweise beim Holz aus der Landschafts- und Gartenpflege Anwendung. Ähnlich stellt sich dies für die Rohstoffe Altholz und Altpapier aus der Abfallentsorgung dar.

Weiterhin kann ein solches Vorgehen bei Rohholz und Restholz erforderlich sein. In diesen Fällen dient ein zusätzlicher Startprozess als Ergänzung zu bereits bestehenden Prozessen. Beim Aufkommen von Rohholz kann sich beispielsweise in der Gegenrechnung mit der Verwendung ein negativer Saldo ergeben. Dieses Defizit wird ausgeglichen über das Einfügen eines Prozesses, der den nicht erfassten Einschlag kennzeichnet. Dieser nicht erfasste Einschlag stellt den Saldo von Aufkommen und Verwendung von Rohholz dar. Das Rohholzaufkommen wird, bei Berücksichtigung des Außenhandels, über die Inlandsverwendung in der Holzbearbeitung, bei der Herstellung von Energieprodukten (Pellets, Briketts, Holzkohle) und bei der direkten energetischen Verwertung ermittelt. Diese Rückrechnung erfolgt nach dem Grundsatz, dass das Aufkommen, bestehend aus der inländischen Produktion und dem Import, gleichgroß der Verwendung, bestehend aus der Inlandsverwendung und dem Export, sein muss. Lagerbestandsveränderungen sind bei diesen Berechnungen zu berücksichtigen.

3 Datenquellen

Das Detailmaß des Holzflussmodells ist vornehmlich abhängig von den jährlich zur Verfügung stehenden Daten. Daher bilden die Veröffentlichungen der amtlichen Statistik die Datengrundlage für das Holzflussmodell. Die Informationstiefe der einzelnen Statistiken wie auch der Grad der Abdeckung der unterschiedlichen Verwendungswege von Holz erfordert es jedoch, neben amtlichen Datenquellen auch sekundärstatistische Literatur sowie spezifische Informationen einzelner Verbände hinzuzuziehen.

Eine Zielsetzung war es, alle Rohholzverbraucher im Holzflussmodell zu berücksichtigen. Eine weitere Zielsetzung war, den gesamten Rohstofffluss, dies beinhaltet sowohl Rohholz- als auch die Restholzsortimente, getrennt nach Laub- und Nadelholz zu modellieren. Diese Informationen werden von der amtlichen Statistik nur für einige Prozessebenen des Holzflusses abgebildet.

Zu berücksichtigen beim Umgang mit Daten der amtlichen Statistik waren weiterhin spezifische Erfassungsgrenzen bei einzelnen Branchen und Doppelzählungen bei den Meldungen zur Produktionsstatistik, hervorgerufen durch unterschiedliche Bearbeitungsstufen von Holzprodukten innerhalb eines Betriebes.

In den nächsten Abschnitten dieses Kapitels sollen die Datenquellen diskutiert werden, die zur Modellierung des Holzflusses verwendet wurden. Zunächst werden die amtlichen Statistiken, dann die Informationen von Verbänden und schließlich Studien und sonstige Quellen aufgeführt. Ergänzend werden in Abschnitt 3.4 alle weiteren Annahmen erläutert, die erforderlich waren, um den Holzfluss vollständig darstellen zu können.

3.1 Amtliche Statistiken

Die unterschiedlichen Datenquellen der amtlichen Statistik stellen die Grundlage für die Holzflussmodellierung dar. Diese Daten sind jährlich verfügbar und decken ein Großteil des Stoffflusses ab. Im Einzelnen handelt es sich dabei um folgende Veröffentlichungen:

- Holzeinschlagsstatistik (Fachserie 3, Reihe 3)
- Produktionsstatistik (Fachserie 4, Reihe 3.1)
- Außenhandelsstatistik (Fachserie 7, Reihe 2)
- Holzbearbeitungsstatistik (Arbeitsunterlage Rohholz und Holzhalbwaren)
- Grenzüberschreitende Abfallverbringung (UBA 2011)
- Zeitreihen Erneuerbare Energien (AGEE-Stat, BMU 2011)

- Sonderauswertungen des Statistischen Bundesamtes zur Produktionsstatistik (StBA 2011d)

Die Statistiken zu Außenhandel, Produktion und Holzbearbeitung sind als Totalerhebungen mit Abschneidegrenzen konzipiert. Etwaige Antwortausfälle werden vom Statistischen Bundesamt durch Schätzungen ergänzt. Die Abschneidegrenze der Erhebungseinheiten bei der Produktions- und der Holzbearbeitungsstatistik liegen bei jeweils 20 Beschäftigten (StBA 2011b; StBA 2011c). Für Sägewerke gilt eine besondere Abschneidegrenze von 10 und mehr Beschäftigten. In einigen Fällen können vom Statistischen Bundesamt erhobenen Angaben aus Gründen des Datenschutzes nicht veröffentlicht werden. Dies gilt vor allem für Bereiche mit wenigen produzierenden Unternehmen.

Im Außenhandel liegt für alle Unternehmen Auskunftspflicht vor, deren Warenverkehr je Handelsrichtung den Wert von 400.000 Euro übersteigt. Diese Grenze gilt für den Warenverkehr innerhalb der Europäischen Union (Intrahandel). Für den Warenverkehr mit Drittländern (Extrahandel) wird der Warenverkehr von den Zollstellen erfasst. Eine Abschneidegrenze gilt für den Extrahandel nicht (StBA 2011a).

Die Holzeinschlagsstatistik erfasst den Einschlag von Rohholz. Erhebungseinheiten sind Betriebe, die Rohholz erzeugen (StBA FS 3 R 3). Nicht erfasste Daten können von Fachstellen der Bundesländer geschätzt werden (§ 80 Agrarstatistikgesetz, AgrStatG). Verschiedene Publikationen zeigen jedoch, dass auch durch diese Schätzungen das gesamte Einschlagvolumen unterschätzt wird (Mantau 2004; Dieter und Englert 2005).

Die genannten Erhebungsgrenzen können im Holzflussmodell zu einer Untererfassung der Stoffflüsse führen. Aus diesen Gründen werden für die entsprechenden Bereiche unter Hinzuziehung weiterer Quellen Zuschätzungen vorgenommen, um den Stofffluss umfassend abzubilden. Im Wesentlichen werden Zuschätzungen für den inländischen Rohstoffverbrauch und die Produktion vorgenommen. Beim Außenhandel unterliegen nach Angaben des Statistischen Bundesamtes etwa zwei bis drei Prozent des gesamten Handelsvolumens (in Euro) nicht der Auskunftspflicht (StBA 2011a). Inwiefern diese Größenordnungen auch auf den Intrahandel mit Holz und Produkten auf Basis Holz übertragbar sind, kann nicht beurteilt werden. Studien, die die Datenqualität der Außenhandelsstatistik analysieren, liegen für diesen Bereich nicht vor. Allerdings liefern Verbandsstatistiken Hinweise darauf, dass die statistisch gemeldeten Handelsvolumina einiger Produkte deutlich von den tatsächlichen Werten abweichen, so dass beispielsweise der Verband Deutscher Papierfabriken (VDP) selbständig Handelsdaten erfasst und regelmäßig in der Verbandsstatistik publiziert (VDP div. Jahrgänge).

Vergleichbare Schwierigkeiten bei der Interpretation veröffentlichter Daten können auch bei der Produktionsstatistik auftreten. So kann es beispielsweise bei einer direkten Übernahme und Aggregation von Produktionsdaten unterschiedlicher Meldenummern zu Doppelzählungen kommen. Es kann der Fall auftreten, dass Betriebe, die zunächst ein Produkt (z. B. eine Rohspanplatte) herstellen und dann einen Teil der Produktionsmenge intern weiterbearbeiten (z. B. zu beschichteten Spanplatten) beide Produktionsmengen melden, da das jeweilige Produkt unter eine separate Meldenummer fällt. Eine einfache Addition dieser Meldenummern führt folglich zu Doppelzählungen. In welchem Umfang diese Art Doppelzählungen auftreten, lässt sich anhand der vorhandenen Informationen nicht beurteilen. Sofern die betreffenden Produktionsbereiche identifiziert sind, müssen weitere Datenquellen hinzugezogen werden.

Die Datengrundlage für die Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien wird von der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) erstellt und vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) veröffentlicht (BMU 2011). Die Gliederung dieser Statistik des Energieverbrauchs unterschiedlicher Gliederung nach Sektoren und Energieart dienen dazu, den Holzverbrauch zur Energieerzeugung abzuschätzen. Explizite Daten zum Holzverbrauch liegen dafür für 2009 nicht vor.

Vom Umweltbundesamt (UBA) werden Daten zur grenzüberschreitenden Abfallverbringung im Rahmen der Abfallstatistik veröffentlicht. Auf Grundlage des Basler Übereinkommens muss der Handel mit notifizierungspflichtigen Abfällen erfasst werden. Dazu zählen auch gefährliche Holzabfälle. Diese Mengen werden nicht im Rahmen der Außenhandelsstatistik (FS 7, R 2) berichtet, sondern vom Umweltbundesamt veröffentlicht (UBA 2011).

3.2 Verbandsstatistiken

Einige Verbände, die dem Sektor Forst und Holz zuzurechnen sind, erstellen eigene Statistiken mit unterschiedlichen Schwerpunkten. In einigen Fällen basieren diese auf Mitgliederbefragungen. Gegebenenfalls werden zusätzlich Schätzungen vorgenommen.

Für die vorliegende Modellierung des Holzflusses wurden Informationen folgender Verbände verwendet:

- Verband Deutscher Papierfabriken (VDP-Leistungsbericht)
- Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband e.V. (DEPV)
- Verband der Deutschen Holzwerkstoffindustrie e.V. (VHI)

Detailgrad und Umfang dieser Verbandsstatistiken sind sehr unterschiedlich. Der Leistungsbericht des VDP enthält umfassende Darstellungen zu Produkti-

on, Rohstoffeinsatz und Außenhandel der Papierindustrie. Die Informationen des DEPV und des VHI, die hinsichtlich des Holzflussmodells relevant sind, beziehen sich auf die jährliche Produktion einzelner Produkte bzw. Produktgruppen sowie auf die verwendeten Rohstoffsortimente (Anonymus 2011b; Anonymus 2009b; Anonymus 2011a; DEPV 2010; DEPV 2011). Die Verbandsstatistiken bilden damit für die entsprechenden Teilbereiche Ergänzungen zu den Informationen der amtlichen Statistik.

3.3 Studien und sonstige Quellen

Verschiedene Teilbereiche des Holzflusses werden durch die amtliche Statistik nicht oder nur unzureichend abgedeckt. Besonders im Hinblick auf die Differenzierung der Rohstoffströme in die unterschiedlichen Verwendungsbereiche war es notwendig, wissenschaftliche Publikationen und Primärstudien hinzuzuziehen. Ein weiterer Bereich war die energetische Verwertung von Holz, da sich aus offiziellen Statistiken zur Energieerzeugung (v .a. BMU 2011) der Verbrauch Holz basierter Rohstoffe nicht ableiten lässt. Nachfolgend sollen die ergänzenden Publikationen detaillierter erläutert werden.

Im Bereich der Holzbearbeitung setzen sich eine Reihe von Studien mit dem Einschnitt von Rundholz in Sägewerken auseinander (Lückge und Weber 1997; Mantau, Weimar und Wierling 2002; Mantau und Sörgel 2004; Sörgel und Mantau 2005; Mantau und Hick 2008). In diesen Studien wird zudem der Einschnitt, getrennt nach Laubholz und Nadelholz, sowie die Produktion von Sägenebenprodukten behandelt. Ein wichtiges Ergebnis dieser Arbeiten ist die deutliche Unterschätzung des Sägeeinschnitts durch die amtliche Statistik. Die Differenz zur Holzbearbeitungsstatistik schwankt je nach Untersuchung zwischen 8 Mio. m³ für 2004 (Sörgel und Mantau 2005) und 14 Mio. m³ für 2007 (Mantau und Hick 2008). Aus diesen Gründen werden für den Rohholzverbrauch in der Sägeindustrie – und folglich auch für die Produktion von Sägenebenprodukten – Zuschätzungen zu den Angaben der amtlichen Statistik vorgenommen. Diese beziehen sich zum einen auf den Bereich der statistischen Abschneidegrenze von unter zehn Beschäftigten und zum anderen auf den Rohholzeinschnitt von Betrieben, deren Daten nicht für die Holzbearbeitungsstatistik erhoben werden. Anhand der erfassten Vergleichsjahre ist es möglich, Schätzungen für die jeweils fehlenden Anteile vorzunehmen und so den Gesamteinschnitt zu ermitteln.

Für die Herstellung von Furnieren und Sperrholz sind vor allem Arbeiten verfügbar, die die Ausbeute im Herstellungsprozess behandeln. Die vorliegenden Studien haben einen ökobilanziellen Hintergrund (Frühwald et al. 1996; Wilson und Sakimoto 2005). Untersuchungen zu Produktion oder Rohstoffverbrauch liegen nicht vor. Als weitere Informationsquellen, vor allem für Dichte und Auf-

bau unterschiedlicher Sperrholzplatten, dienen Angaben des Holzabsatzfonds (2008) und von einzelnen Herstellern.

Für den Stofffluss bei Holzwerkstoffen wie Span- und Faserplatten und auch Holz-Polymer-Werkstoffen (Wood-Polymer-Composites, WPC) konnten ebenfalls eine Reihe von Studien herangezogen werden. Von Interesse sind Studien, die den Rohstoffeinsatz für die Produktion differenziert darstellen, die Dichte unterschiedlicher Plattentypen behandeln oder Anteile von Nicht-Holz-Bestandteilen diskutieren (Rivela et al. 2006; Rivela, Moreira und Feijoo 2007; Sörgel und Mantau 2006b; UNECE 2010; Vogt et al. 2006; Wilson 2010a; Wilson 2010b).

Ergänzende Informationen im Bereich Holz- und Zellstoff bietet neben der amtlichen Statistik und der Verbandsstatistik nur eine weitere Untersuchung aus dem Jahr 2006 (Sörgel und Mantau 2006a).

Im Bereich der Energieprodukte wie Pellets, Briketts oder Holzkohle sind keine Daten zu Rohstoffeingang oder Produktion in den amtlichen Statistiken verfügbar. Als ergänzende Datenquellen müssen auch hier vor allem Informationen von Verbänden und Unternehmen herangezogen werden (Anonymus 2009b; Anonymus 2011a; holzpellet.com 2011; proFagus 2011; Welling und Wosnitza 2009).

Die energetische Nutzung von Holz wird in offiziellen Statistiken nur als Teilagregat aufgeführt, so dass von diesen Daten keine Ableitung der eingesetzten Holz mengen möglich ist. Die in diese Arbeit eingeflossenen Daten stützen sich daher auf eine Reihe von Arbeiten, die neben dem Gesamtverbrauch von Holz zur Energieerzeugung auch die eingesetzten Sortimente dokumentieren (Hick und Mantau 2008; Musialczyk und Mantau 2007; Weimar 2009; Weimar und Mantau 2006). Da diese Studien die Daten für unterschiedliche Jahre vor 2009 dokumentieren, wurde der Gesamtverbrauch in Anlehnung an die sektorale Entwicklung der Endenergieerzeugung durch biogene Festbrennstoffe für 2009 berechnet (BMU 2011). Die jeweiligen Rohstoffanteile wurden konstant gehalten, sofern keine ergänzenden Informationen vorlagen.

Datenquellen für das Aufkommen von Holz basierten Rohstoffen wurden, abgesehen von den Rohholzmengen, die die Einschlagsstatistik berichtet, verbrauchsseitig abgeschätzt. Das bedeutet, dass die Verbrauchsmengen eines Sortiments in den unterschiedlichen Verwendungsbereichen, unter Berücksichtigung des Außenhandels, das rechnerische Aufkommen ergeben. Lediglich für Altpapier und Altholz, deren Aufkommen von den jeweiligen Abfallmengen abhängt, liegen detaillierte Informationen zum Aufkommen vor (Weimar und Mantau 2008; VDP-Leistungsbericht).

3.4 Annahmen

Trotz der großen Zahl verfügbarer Statistiken und weiterer Quellen lagen nicht für alle Stoffflüsse die erforderlichen Informationen vor. Einige dieser Datenlücken und deren Annahmen zur Zuschätzung wurden bereits im vorherigen Kapitel erläutert. Die weiteren Fälle betreffen vorwiegend fehlende Informationen zur Aufgliederung des Holzflusses in Laubholz und Nadelholz sowie Informationen, die zwar die erforderliche Detailgenauigkeit aufweisen, jedoch nicht für das Jahr 2009 vorliegen. Sofern solche älteren Informationen für die Modellierung des Holzflusses relevant sind, wurden diese Daten auf das Jahr 2009 übertragen; in den meisten Fällen Anteile von Holzarten und Sortimenten aus älteren Publikationen. Diese, wie auch einige andere Annahmen, die zur vollständigen Darstellung des Holzflusses erforderlich sind, sollen im Folgenden näher erläutert werden.

Für den Außenhandel von Brennholz liegen keine nach Laubholz und Nadelholz differenzierten Angaben vor. Zur Aufteilung der Handelsmengen auf die beiden Holzartengruppen wird das Verhältnis aus dem Energieholzeinschlag verwendet.

Der Rohstoffeinsatz für die Furnierherstellung ist lediglich für die in der Holzbearbeitungsstatistik beschriebene Produktion bekannt (126.316 m³). Für die Gesamtproduktion von 166.503 m³, für die der Einsatz nach Holzarten nicht bekannt ist, werden diese Anteile übertragen.

Die Herstellung von Sperrholz teilt sich auf in die Produktion von Furniersperrholz, Tischlerplatten und sonstigem Sperrholz. Die Vielfalt der Plattentypen bei Sperrholz ist sehr groß. Für die Berechnung des Stoffflusses bei Sperrholz wurde von Standardplatten ausgegangen, die auch bei ökobilanziellen Untersuchungen betrachtet werden (vgl. Frühwald et al. 1996; Wilson und Sakimoto 2005). Für die Aufteilung des Furniereinsatzes nach Laubholz und Nadelholz wurden die Anteile aus der Furnierproduktion übertragen. Für die Mittellagen bei Tischlerplatten liegen keine Informationen zum Anteil der eingesetzten Holzarten vor. Hier wurde eine Holzartenverteilung von je 50 % Nadelholz und 50 % Laubholz angenommen. Nach Angaben verschiedener Hersteller wird als Laubholz-Mittellage Pappelholz angenommen.

Bei Spanplatten und Faserplatten wird in der Holzbearbeitungsstatistik nur die Gesamtmenge der Eingänge an Restholz aus der Holzbe- und -verarbeitung angegeben. Für den Verbrauch des Restholzes nach Holzarten werden die Angaben aus der Untersuchung von Sörgel und Mantau (2006b) übernommen. Für den Rohstoffinput zur Spanplattenproduktion wird unterstellt, dass in den Restholzmengen auch die Altholzmengen enthalten sind, die für die Herstellung von Spanplatten eingesetzt werden. Unter Verwendung der Angaben in Sörgel

und Mantau (2006b) und Weimar und Mantau (2008) werden diese Mengen berechnet.

Für die Holzstoff- und Zellstoffherstellung liegen detaillierte Angaben zum Rohstoffeinsatz im VDP-Leistungsbericht vor. Für einige dieser Sortimentspositionen, wie z. B. Sägenebenprodukte musste dennoch eine Aufteilung in Laubholz und Nadelholz vorgenommen werden. Dies erfolgte wie auch bei den Span- und Faserplatten in Anlehnung an eine Untersuchung von Sörgel und Mantau (2006a).

Bei Altpapier wurde der Anteil an Mineralien und Additiven aus dem Mittelwert vergangener Jahre bei der Herstellung von Papier nach Angaben im VDP-Leistungsbericht übernommen. Dieser Wert liegt im Mittel der letzten fünf Jahre bei 19 %, mit einem Minimum von 18 % und einem Maximum von 20 %. Zur Berechnung des Holzfaseräquivalents wurde weiterhin das mittlere Holzfaseräquivalent von Holzstoff und Zellstoff verwendet.

Der Rohstoffeinsatz bei der Herstellung von Pellets wird in einer Mitteilung des DEPV detailliert beschrieben (Anonymus 2009b). Das dort aufgeführte Sortiment „Hackschnitzel und Rundholz“ wird zu je 50 % auf Waldholz und Restholz aufgeteilt. Die dort genannten Anteile Laubholz und Nadelholz werden auf alle Sortimente übertragen. Bei Briketts wird angenommen, dass als Rohstoff ausschließlich Restholz eingesetzt wird. Die Aufteilung der Anteile der Holzarten erfolgt wie bei Pellets. Bei der Verwendung von Pellets in Privathaushalten wird die besondere Dynamik in den vergangenen Jahren berücksichtigt und der Verbrauch entsprechend der Angaben des DEPV (Anonymus 2011a) angepasst.

Für das Aufkommen von Altholz liegen lediglich für das Jahr 2006 Informationen vor (Weimar und Mantau 2008). Nach Informationen in Anonymus (2009a) wird der Wert für 2009 entsprechend angepasst.

Das Reststoffaufkommen, das sich aus den Reststoffen aus der Holz- und Zellstoffherstellung und der Altpapieraufbereitung zusammensetzt, wird vollständig der energetischen Verwertung in Feuerungsanlagen zugeführt.

Zum Aufkommen von Landschaftspflegeholz und Gartenholz liegen keine Informationen vor. Das Aufkommen wird daher aus den Berechnungen zur Verwendung geschätzt. Ein Handel mit diesen Sortimenten ist nicht bekannt.

Die Angaben zum sonstigen Holzaufkommen sind ebenfalls Schätzungen, die sich aus den Berechnungen zum Verbrauch ableiten. Dieses sogenannte sonstige Holz wird ausschließlich in Privathaushalten und Feuerungsanlagen energetisch verwertet. In den herangezogenen Primärstudien dient es meist als Restposten für Mengen, die keinem anderen Sortiment zugeordnet werden können.

Die aus den vorhandenen Daten berechneten Holzfaseräquivalente der einzelnen Produkte werden auf die importierten und exportierten Waren übertragen. Tatsächlich können sich die Holzfaseräquivalente der importierten Waren von denen der inländischen Produktion unterscheiden, wenn die Holzartenanteile unterschiedlich sind oder der Anteil der Nichtholzbestandteile von den verwendeten Angaben abweicht, z. B. durch einen anderen Anteil von Mineralien und Additiven bei Altpapier.

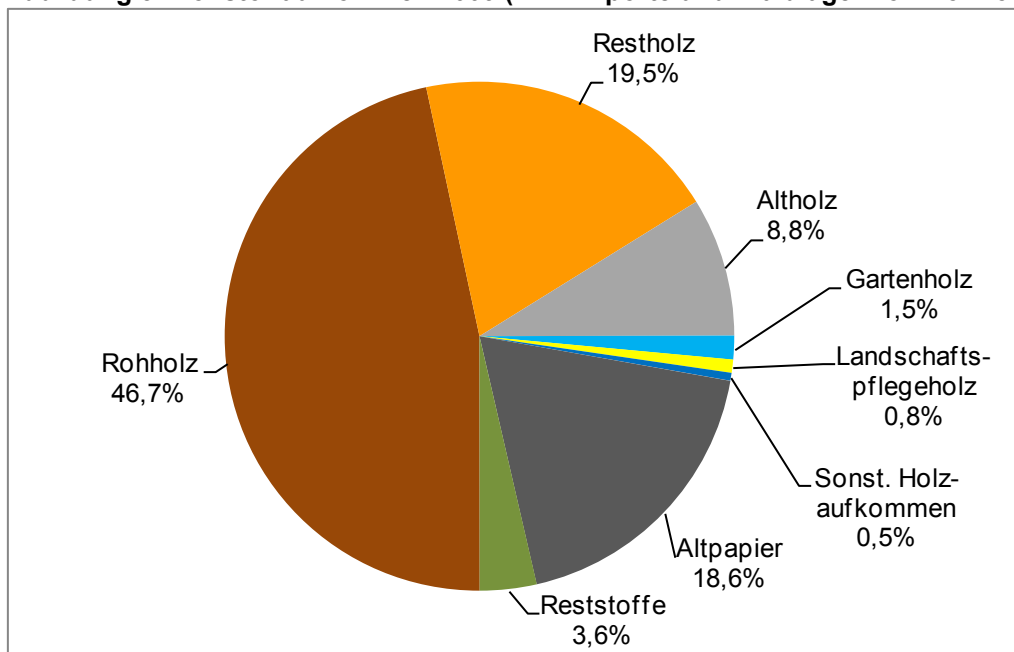
4 Ergebnisse

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt unter zwei Gesichtspunkten. Ein zentrales Ziel dieser Studie war es, den Holzfluss in der Bundesrepublik Deutschland zu visualisieren. Auf Grundlage der vorgenommenen Berechnungen wurde, wie in Kapitel 2 erläutert, eine Darstellung entwickelt, die den Holzfluss abbildet. Ein weiteres Ziel war die vollständige Erfassung aller Stoffströme von Holz bis zur Halbwarenebene bzw. zum Verbrauch von Rohstoffen für energetische Zwecke. Die Ergebnisse sollen nun nachfolgend dargestellt werden.

Gesamtbilanz

Das Gesamtaufkommen aller Rohstoffe berechnet sich auf ein äquivalentes Holzfaservolumen von 154,2 Mio. m³ (f). Mit 15,3 Mio. m³ (f) werden 9,9 % des Rohstoffaufkommens eingeführt. Wichtigster Rohstoff mit einem Anteil von 46,7 % am Gesamtaufkommen ist Rohholz bei einem Faseräquivalent von 71,9 Mio. m³ (f). Nachstehende Abbildung zeigt eine Übersicht der Anteile der verschiedenen Rohstoffe.

Abbildung 3: Rohstoffaufkommen 2009 (inkl. Importe und Waldlager von Rohholz)



Innerhalb der Position Rohholz hat das Sortiment Stammholz mit 34,1 Mio. m³ (f) den größten Anteil. Die Aufkommen von Industrieholz mit 18,9 Mio. m³ (f) und Energieholz mit 19,0 Mio. m³ (f) liegen in der gleichen Größenordnung. Eine detailliertere Ergebnisdarstellung zum Rohholz erfolgt im anschließenden Abschnitt zur Rohholzbilanz.

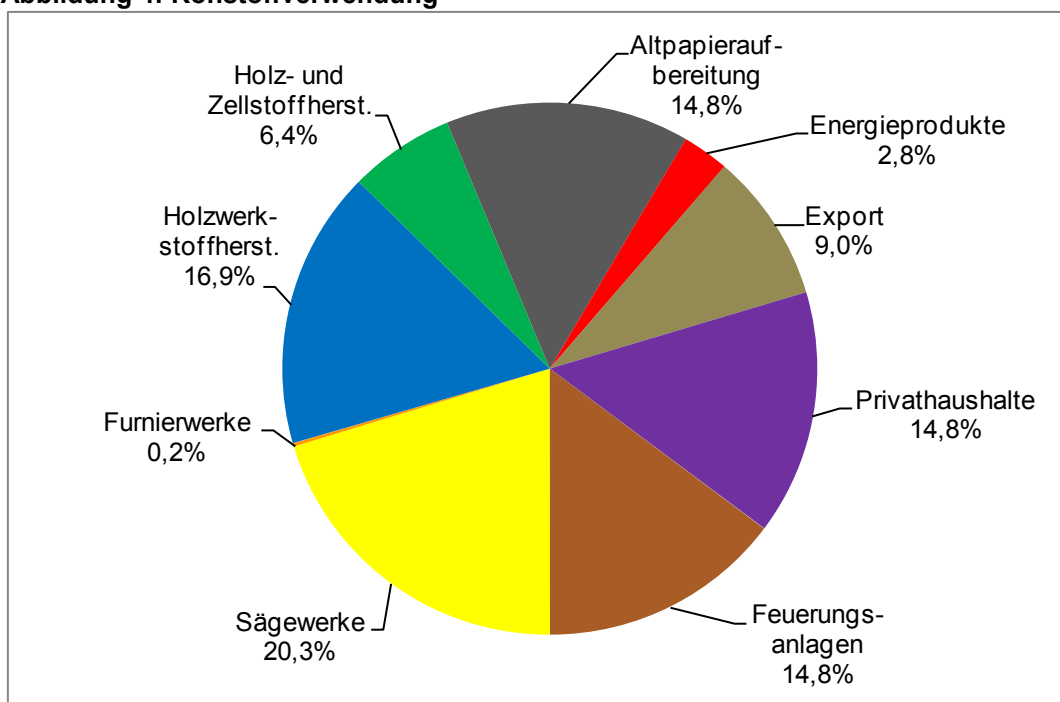
Mit Faservolumina von 30,1 Mio. m³ (f) bzw. 28,7 m³ (f) haben Restholz und Altpapier ebenfalls bedeutende Anteile am Gesamtaufkommen. Das Aufkom-

men von Altholz summiert sich bei einem Anteil von knapp 9 % auf 13,6 Mio. m³ (f).

Der Anteil der Importe am Aufkommen ist bei Altholz am größten. Mit 4 Mio. m³ (f) wurden im Jahr 2009 knapp 30 % des Aufkommens eingeführt. Bedeutende Anteile der Importe liegen mit 17 % auch bei Altpapier vor. Dies entspricht knapp 4,9 Mio. m³ (f). Bei Rohholz mit 6,4 % und Restholz mit 5 % liegen die Importanteile zwar deutlich niedriger, bezogen auf die Einfuhrmenge hat Rohholz jedoch mit über 4,9 Mio. m³ (f) das größte Volumen. Bei Restholz werden 1,5 Mio. m³ (f) eingeführt. Für das Aufkommen von Rohholz wird weiterhin der Abbau von Waldlagern in Höhe von 1,5 Mio. m³ (f) berücksichtigt. Diese Mengen stammen noch aus den Lagern des Sturms Kyrill im Jahr 2007 (Seintsch 2010).

Die Verwendung der Rohstoffe stellt Abbildung 4 dar. Neben dem Verbrauch der Rohstoffe sind hier auch die Exporte als Summe aller exportierten Rohstoffe aufgeführt.

Abbildung 4: Rohstoffverwendung



Sägewerke und die Altpapieraufbereitung nehmen mit 31,3 Mio. m³ (f) bzw. 22,8 Mio. m³ (f) die größten Stoffflüsse auf. Wichtige stoffliche Abnehmer sind ebenfalls die Hersteller von Holzwerkstoffen. Furnierwerke verwenden mit 300.000 m³ (f) nur gut 0,2 % der Rohstoffe. Insgesamt fließen 58,5 % an stoffliche Verwerter. Etwa 4,4 Mio. m³ (f) werden von Herstellern von Energieprodukten wie Pellets, Briketts und Holzkohle verwendet. Der Anteil der Exporte liegt mit einem Faservolumen von 13,9 Mio. m³ (f) bei 9,0 %. Die größten Anteil ha-

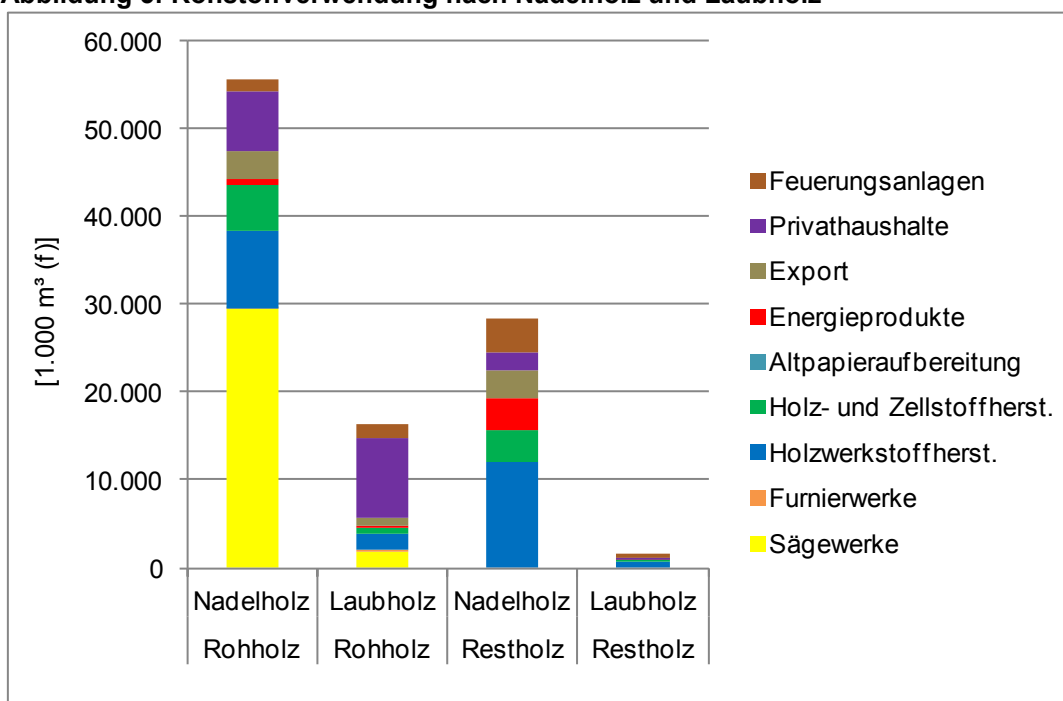
ben hier Altpapier (3,8 % bzw. 5,9 Mio. m³ (f)), Restholz (2,2 % bzw. 3,3 Mio. m³ (f)) und Rohholz (2,1 % bzw. 3,1 Mio. m³ (f)).

Mit 45,7 Mio. m³ (f) werden 29,6 % der Rohstoffe energetisch verwertet. Reststoffe aus der Holz- und Zellstoffherstellung und der Altpapieraufbereitung, die energetisch verwertet werden, sind bei diesen Darstellungen berücksichtigt.

Eine Betrachtung der Inlandsverwendung der Holzrohstoffe, also ohne Altpapier und Reststoffe, zeigt eine deutliche Verschiebung der Anteile zur energetischen Verwertung. Stoffliche Verwerter von Holzrohstoffen haben insgesamt einen Anteil von 58,4 %. In die energetische Verwertung fließen 37,9 %. Nicht mit eingerechnet bei diesen beiden Anteilswerten sind die 3,8 %, die im Inland zur Herstellung von Energieprodukten verwendet werden, da ein Teil dieser Mengen exportiert wird.

Für die Sortimente Rohholz und Restholz wurde der Einsatz in den Verwendungsbereichen getrennt nach Laubholz und Nadelholz berechnet. Die Nadelholzverwendung im Jahr 2009 lag bei 84,2 Mio. m³ (f), davon 55,7 Mio. m³ (f) Rohholz und 28,5 Mio. m³ (f) Restholz. Die Verwendung von Laubholz lag bei 17,9 Mio. m³ (f), davon 16,3 Mio. m³ (f) Rohholz und 1,6 Mio. m³ (f) Restholz. Die Verwendungsstrukturen von Laub- und Nadelrohholz und –restholz weiter untergliedert nach Bereichen zeigt Abbildung 5.

Abbildung 5: Rohstoffverwendung nach Nadelholz und Laubholz



Hauptabnehmer von Nadelrohholz ist die Sägeindustrie. Bedeutende Mengen fließen ebenfalls in die Holzwerkstoffindustrie, die Holz- und Zellstoffindustrie und in Form von Scheitholz an Privathaushalte. Für Laubrohholz sind Privat-

haushalte mit einem Verwendungsanteil von 55,8 % der bedeutendste Abnehmer. Wichtige Abnehmer sind hier noch Sägewerke, die Holzwerkstoffindustrie und Feuerungsanlagen. Die Hersteller von Furnieren nehmen mit 273.000 m³ (f) lediglich 1,7 % des Laubrohholzes auf.

Hauptabnehmer von Nadelrestholz ist die Holzwerkstoffindustrie mit 12,1 Mio. m³ (f) (42,5 %). Die weiteren Verwendungsbereiche nehmen Nadelrestholz in Größenordnungen von 2 Mio. bis 4 Mio. m³ (f) auf. Laubrestholz wird vor allem in der Holzwerkstoffindustrie (773.000 m³ (f)) und in Feuerungsanlagen (541.000 m³ (f)) eingesetzt. In diesen beiden Bereichen werden 82 % des Laubrestholzes verwendet. Der Einsatz dieses Sortimentes erfolgt weiterhin in der Holz- und Zellstoffherstellung, zur Herstellung von Energieprodukten, in Privathaushalten und im Export. Der Anteil von Laubrestholz liegt jedoch in keinem Verwendungsbereich über 5 %.

Rohholzbilanz

Die Berechnungen für das Holzflussmodell ergeben ein Rohholzaufkommen in Höhe von 71,9 Mio. m³. Dieser Wert setzt sich zusammen aus 4,9 Mio. m³ Importen, einem Waldlagerabbau von 1,5 Mio. m³ und einem Gesamteinschlag von 65,5 Mio. m³. Während die amtliche Statistik einen Einschlag für das Jahr 2009 in Höhe von 48,1 Mio. m³ berichtet, ergeben die Berechnungen für das Holzflussmodell einen zusätzlichen nicht amtlich erfassten Einschlag von 17,5 Mio. m³. Der Gesamteinschlag stellt somit die Summe aus amtlichem Einschlag und nicht erfasstem Einschlag dar.

In nachstehender Tabelle werden die beiden Abschätzungen zum Einschlag gegenübergestellt. Der jeweilige Einschlag wird differenziert nach Laubholz und Nadelholz sowie nach Stammholz, Industrieholz und Energieholz dargestellt.

Tabelle 1: Gegenüberstellung des amtlichen Einschlags und des rückgerechneten Einschlags nach Sortimenten

Sortiment [in 1.000 m ³]	Einschlag amtlich	Einschlag rechnerisch	Saldo*
Nadelstammholz	23.072	28.064	-4.992
Nadelindustrieholz	7.984	14.039	-6.055
Nadelenergieholz	5.994	7.940	-1.946
Laubstammholz	2.409	2.350	60
Laubindustrieholz	2.876	2.879	-3
Laubenergieholz	5.738	10.257	-4.519
Nadelrohholz Summe	37.050	50.043	-12.994
Laubrohholz Summe	11.023	15.486	-4.463
Gesamt Rohholz	48.073	65.529	-17.456

*) Negative Werte kennzeichnen ein geringeres Volumen des amtlichen Einschlags

Der gesamte nicht erfasste Einschlag setzt sich aus 13 Mio. m³ Nadelholz und 4,5 Mio. m³ Laubholz zusammen. Den größten Saldo in dieser Gegenüberstellung weist Nadelindustrieholz mit 6,1 Mio. m³ aus. Trotz der Zuschätzungen für den Einschnitt in Sägewerken mit 5,6 Mio. m³ Nadelstammholz liegt der Saldo niedriger. Beim Einschlag von Laubstamm- und Laubindustrieholz zeigen die Ergebnisse der Holzflussmodellierung eine nahezu vollständige Übereinstimmung mit den Daten des amtlichen Einschlags.

Deutlich negative Salden zeigen sich bei den Energieholzsortimenten. Beim Nadelenergieholz sind lediglich 75 % der berechneten Menge in der Statistik ausgewiesen; bei Laubenergieholz fällt dieser Wert mit 56 % noch geringer aus.

Außenhandel

Der Außenhandel der Holzfasern aller betrachteten Rohstoffe und Produkte ist mit Importen von 31,6 Mio. m³ (f) und Exporten von 33 Mio. m³ (f) in etwa ausgeglichen. Der Exportüberschuss liegt lediglich bei 1,4 Mio. m³ (f). Die beiden nachstehenden Tabellen stellen den Außenhandel untergliedert in die einzelnen Rohstoffe und Holzhalbwaren dar. Der Außenhandel der einzelnen Sortimente zeigt sehr unterschiedliche Mengenbewegungen.

Tabelle 2: Gegenüberstellung des Außenhandels der Rohstoffsortimente

Sortiment [in 1.000 m ³ (f)]	Einfuhr	Ausfuhr	Saldo*
Rohholz	4.905	4.010	-895
Restholz	1.498	3.347	1.849
Altholz	4.023	738	-3.285
Altpapier	4.879	5.851	972
Gesamt Rohstoffe	15.305	13.945	-1.360

*) Negative Werte kennzeichnen Importüberschüsse

Der Außenhandelsaldo der Rohstoffe zeigt insgesamt einen Importüberschuss in Höhe von 1,4 Mio. m³ (f). Rohholz und Altholz wurden bei negativen Salden in Höhe von 0,9 Mio. m³ (f) bzw. 3,3 Mio. m³ (f) eingeführt. Restholz zeigt einen hohen Exportüberschuss und kann gemeinsam mit Altpapier den insgesamt negativen Rohstoffsaldo nicht ausgleichen.

Bei den Außenhandelsmengen der Holzhalbwaren zeigt sich in Summe ein Exportüberschuss in Höhe von 2,7 Mio. m³ (f).

Tabelle 3: : Gegenüberstellung des Außenhandels der Holzhalbwaren

Sortiment [in 1.000 m ³ (f)]	Einfuhr	Ausfuhr	Saldo*
Furniere	114	81	-34
Schnittholz	3.870	6.788	2.918
Holzwerkstoffe	4.409	8.059	3.650
Holz- und Zellstoff	7.262	2.228	-5.034
Altpapierstoff	5	130	125
Energieprodukte	560	1.665	1.105
Gesamt Halbwaren	16.221	18.951	2.730

*) Negative Werte kennzeichnen Importüberschüsse

Während Holzhalbwaren wie Schnittholz und Holzwerkstoffe deutliche Exportüberschüsse erzielen, werden Halbwaren, die zur weiteren Verarbeitung im Papiergewerbe bestimmt sind, mit einem Überschuss von 5 Mio. m³ (f) eingeführt. Energieprodukte, hier vor allem Pellets, erzielen einen Exportüberschuss in Höhe von 1,1 Mio. m³ (f).

Flussbild

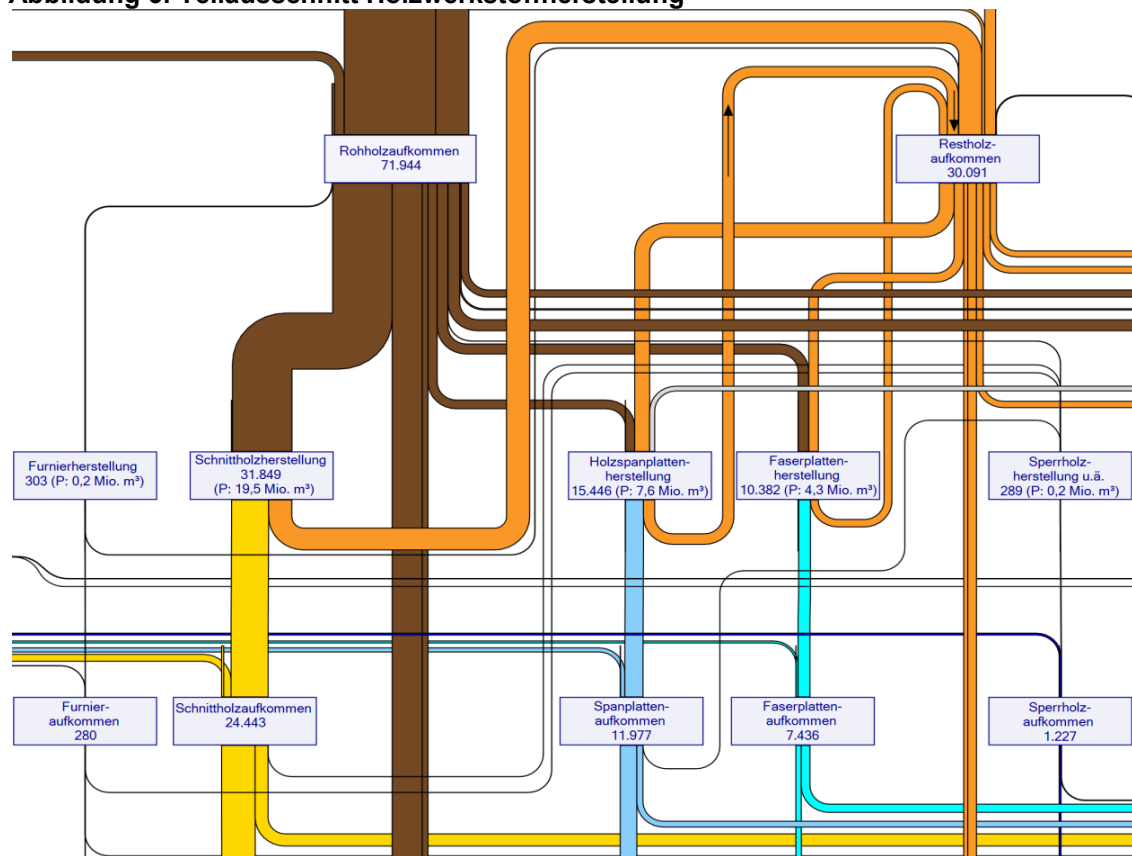
Die Abbildung zum Holzfluss in der Bundesrepublik Deutschland 2009 findet sich im Anhang dieses Berichts. Im oberen Bereich sind die Rohstoffquellen wie Einschlag, Holzbe- und -verarbeitung, Abfallentsorgung und Landschaft- und Gartenpflege als Prozesse abgebildet. Diese Quellen bedienen die jeweiligen Rohstoffaufkommen, die eine zweite Ebene im Holzfluss darstellen. Die Auf-

kommen bedienen entsprechend der jeweiligen Verbrauchsstruktur die Nachfrager nach Rohstoffe. Auf der direkt nachfolgenden Ebene sind die Prozesse der Holz bearbeitenden Industrie, die Altpapieraufbereitung sowie die Hersteller von Briketts, Pellets und Holzkohle angeordnet. Die Produktion aus diesen Prozessen bedient das Aufkommen der nachfolgenden Produktebene. Die danach folgende Flussebene stellt die Inlandsverwendung der einzelnen Halbwaren dar und mündet schließlich in die beiden abschließenden Prozesse der Weiterverarbeitung und Verwendung der Holzhalbwaren und der Herstellung von Papier und Pappe. In die Prozesse zur energetischen Verwertung in Privathaushalten und Feuerungsanlagen fließen die unterschiedlichsten Rohstoffe und Reststoffe aus allen Ebenen des Holzflussmodells. Importe und Exporte von Rohstoffen und Produkten sind mit den jeweiligen Aufkommensprozessen verknüpft.

Die gesamten Stoffflüsse im Modell wie auch die Zahlenangaben erfolgen in Holzfaseräquivalenten. Ausnahme sind hier lediglich die Prozesse zur Herstellung von Holzhalbwaren und Energieprodukten, bei denen jeweils das inländische Produktionsvolumen in der branchenüblichen Einheit (Kubikmeter oder Tonne) mit angegeben wird. Zu beachten ist, dass die Angaben zu Holzfaseräquivalent und Produktion in keinem direkten Zusammenhang stehen.

Die Gesamtdarstellung des Holzflusses zeigt das Modell auf einem Aggregationsniveau, das die sinnvolle Darstellung in einem Flussdiagramm ermöglicht. Ein Großteil der Stoffflüsse lässt sich noch differenzierter darstellen; beispielsweise die Aufteilung der Flüsse von Rohholz und Restholz, in Laub- und Nadelholz oder auch die weitere Aufteilung von Herstellungsprozessen. In Abbildung 6 soll diese Möglichkeit anhand eines Teilausschnitts für die Holzwerkstoffherstellung aufgezeigt werden.

Abbildung 6: Teilausschnitt Holzwerkstoffherstellung



Alle Flüsse, die in diesem Bild mit keinem Prozess verbunden sind, haben einen Quell- oder Zielprozess an anderer Stelle des Flussbildes. Die Darstellungsmöglichkeit solcher Ausschnitte hängt maßgeblich von den verfügbaren Daten ab. Weitere Disaggregationen dieser Form können für die Herstellung von Holzstoff und Zellstoff und für die Produktion der Energieprodukte Briketts, Pellets und Holzkohle vorgenommen werden.

5 Diskussion

Ein zentrales Ergebnis der Holzflussmodellierung stellt die Berechnung des nicht erfassten Einschlags in Höhe von 17,5 Mio. m³ dar. Bezogen auf den amtlich gemeldeten Einschlag von 48,1 Mio. m³ sind dies 36 %, bzw. 27 % bezogen auf den rückgerechneten Einschlag in Höhe von 65,4 Mio. m³. Der mittlere amtliche Einschlag der letzten fünf Jahre liegt bei knapp 60 Mio. m³. Bei Nicht-Berücksichtigung des Sturmjahres 2007 mit einer Einschlagsmeldung von 76,7 Mio. m³ liegt das mehrjährige Mittel bei etwa 55 Mio. m³. Der gemeldete Einschlag von 2009 liegt damit auf einem sehr niedrigen Niveau. Der nicht erfasste Einschlag liegt deutlich über Vergleichswerten von Mantau (2004) oder Dieter und Englert (2005), die für den Zeitraum 1991 bis 2002 eine mittlere Abweichung von 8,6 Mio. m³ ermitteln. Rückrechnungen für einen nicht erfassten Einschlag in ähnlicher Größenordnung liegen von Mantau (2009) für das Jahr 2008 vor.

Eine Ursache des hohen nicht erfassten Einschlags können Waldlager sein, die in Folge des Sturms Kyrill im Jahr 2007 angelegt wurden und erst in den Folgejahren abgebaut werden. In dieser Flussmodellierung ist der Abbau des Waldlagers mit einem geschätzten Wert von 1,5 Mio. m³ berücksichtigt worden (Seintsch 2010). Ein höherer Wert wäre hier vorstellbar, legt man den Nachfragerückgang in Folge der Wirtschaftskrise im Jahr 2008 zu Grunde. Genauere Informationen liegen dazu jedoch nicht vor.

Das in der Einschlagstatistik als nicht verwertet ausgewiesene NV-Holz wurde, per Definition sicher nicht korrekt, dem Energieholzeinschlag zugeordnet und ging vollständig in die Flussberechnungen mit ein. Der nicht erfasste Einschlag reduzierte sich dadurch entsprechend um 2,6 Mio. m³. Während dieses Vorgehen sicher nicht der Definition dieses Sortiments gerecht wird, kann bei der hohen Nachfrage nach Energieholz unterstellt werden, dass dieses Einschlagssortiment, auch da es als bereits eingeschlagenes Holz für eine weitere Verwertung zur Verfügung stünde.

In dem verwendungsseitig rückgerechneten Einschlag dieser Arbeit sind auch die Mengen enthalten, die nicht als Derbholz definiert werden können. Diese Menge findet überwiegend in Privathaushalten und Feuerungsanlagen Verwendung. Die für die Berechnungen dieser Bereiche hinzugezogenen Studien differenzieren jedoch den Holzeinsatz in Derbholz und Nicht-Derbholz nicht. Lediglich bei den Feuerungsanlagen wurde als eingesetztes Sortiment Waldrestholz erfasst, für das die Klassifikation Nicht-Derbholz anwendbar wäre. Für die Feuerungsanlagen berechnet sich für das Holzflussmodell 2009 der Einsatz von Waldrestholz auf 3 Mio. m³. Unterstellt man also weitgehende Kongruenz zwischen den Begriffen Waldrestholz und Nicht-Derbholz, ist diese Verbrauchs-

menge beim rückgerechneten Einschlag zu berücksichtigen. Wenngleich ein solcher direkter Übertrag gewisse Ungenauigkeiten birgt, kann dieses Vorgehen weiter helfen, den tatsächlichen Einschlag besser zu bestimmen.

Die Rohholzbilanz zeigt, dass besonders die Sortimente Nadelstammholz, Nadelindustrieholz und Laubenergieholz von der Einschlagstatistik unterschätzt werden. Diese Ergebnisse bestätigen damit den Sortimentsvergleich von Dieter und Englert (2005), die ebenfalls für die vergleichbaren Sortimente Brennholz, Nadelfaserholz und -schichtholz und Nadellangholz die größten Differenzen ermittelten. Eine Basis für diesen Sortimentsvergleich sind die Zuschätzungen für den Stammholzeinschnitt in der Sägeindustrie. Die berechneten Werte von zusätzlichen 5,6 Mio. m³ bei Nadelstammholz und 1,0 Mio. m³ bei Laubstammholz liegen in einer Größenordnung, die frühere Studien ebenfalls ermittelten (Lückge und Weber 1997; Mantau et al. 2002; Sörgel und Mantau 2005). Sie bestätigen damit ebenfalls das für diese Arbeit berechnete Rohholzdefizit.

Eine ähnliche Situation stellt sich für den Verbrauch von Brennholz in Privathaushalten dar. Angaben zum Verbrauch stammen aus Primärstudien und zeigen eine große Diskrepanz zu den in der Einschlagsstatistik angegebenen Energieholzmengen. Bereits diese beiden Beispiele verdeutlichen die dringende Notwendigkeit, sowohl die Zuschätzungen zu amtlichen Angaben als auch die Abschätzungen für ganze Bereiche wie den Verbrauch von Holz zur Energieerzeugung, durch regelmäßig durchgeführte Primärstudien die zu Grunde liegenden Annahmen für das Holzflussmodell justieren zu können.

Eine weitere Schwierigkeit im Umgang mit den Daten der amtlichen Statistik resultiert aus den Meldungen der Betriebe für ähnliche Produkte. So wird im Produktionsprozess zunächst ein Rohprodukt erzeugt, das noch im gleichen Unternehmen zu einem weiteren Produkt weiterverarbeitet werden kann. Entsprechend der Systematik der Produktionsstatistik müsste jedes Unternehmen sowohl die Produktion der Rohware als auch alle daraus hergestellten Produkte melden. Dies erfolgt jedoch offensichtlich nicht bei allen Herstellern. Zum Teil werden die Meldungen an die Statistik nur für das weiter verarbeitete Produkt angegeben, nicht aber für die Rohware. Dies mag seine Ursache in integrierten Herstellungsprozessen haben, bei denen das Rohprodukt und das weiter verarbeitete Produkt in einem Produktionsschritt erzeugt werden. Für die Verwendung der Daten der Produktionsstatistik birgt dies jedoch Probleme in der Interpretation.

Die getrennt nach Laubholz und Nadelholz vorgenommenen Berechnungen zeigen bei Rohholzeinschlag und Rohholzverwendung eine deutliche höhere Nutzungsmenge bei Nadelholz. Die Rohholzbilanz zeigt beim Einschlag ein Verhältnis von 76 % Nadelholz zu 24 % Laubholz für alle Sortimente. Betrachtet man ausschließlich die Mengen, die stofflich genutzt werden, verschiebt sich dieses Verhältnis nochmals deutlich in Richtung Nadelholz: 89 % des stofflich

genutzten Rohholzes ist Nadelholz, Laubholz wird lediglich zu 11 % stofflich verwertet. Ein nahezu gleiches Verhältnis wie für den rückgerechneten Einschlag nach Sortimenten ergibt sich auch für die inländische Verwendung von Rohholz mit einem Anteil von 90 % Nadelholz und 10 % Laubholz für die stoffliche Verwendung. Auch vor dem Hintergrund dieser Zahlen wird deutlich, dass eine Reduzierung des inländischen Nadelholzangebots durch langfristig angelegte Waldumbaumaßnahmen, die in einem höheren Angebot an Laubholz resultieren, in der Bundesrepublik signifikante Änderungen der Nutzungsstruktur der stofflichen Verwender bedeuten können.

Die Struktur des Holzflussmodells ist wesentlich auf den Daten der amtlichen Statistik aufgebaut. Zuschätzungen bestimmen in den meisten Fällen lediglich die Stärke der Flüsse, die Struktur kann jedoch aus dem vorhandenen Datenmaterial herausgelesen werden. Dies gilt zumindest für die Bereiche der stofflichen Produktion. Ein detaillierter Blick auf die Flüsse zur energetischen Verwertung ist ohne gesonderte Primärstudien nicht möglich.

Der große Rückfluss von Restholz zum Restholzaufkommen bei den Holzwerkstoffherstellern stellt sich als Erfassungsproblem der Holzbearbeitungsstatistik und Buchungsproblem des Holzflussmodells dar. Nach den amtlichen Angaben wird diese Menge zwar den Holzwerkstoffherstellern zugeführt, diese Mengen werden jedoch nicht sämtlich für die Produktion von Holzwerkstoffen verwendet, sondern zu großen Anteilen in deren Feuerungsanlagen energetisch verwertet. Ein Ansatz zur Ermittlung des tatsächlich stofflich genutzten Industrierestholzes ist, für das eingesetzte Industrieholz zu ermitteln, welche Mengen im Produkt verbleiben und welche während der Produktion als Restholz anfallen. Die darüber hinaus erforderliche Rohstoffmenge zur Produktion von Holzwerkstoffen wird als Restholz dem Herstellungsprozess zugeführt. Dies würde auch die Unsicherheit durch Doppelzählungen bei Restholz reduzieren, die darüber hinaus auftreten können, wenn Restholz von den Halbwarenherstellern ausschließlich gehandelt wird, nicht aber in der Produktion Verwendung findet.

Durch die größenproportionale Darstellung der Stoffflüsse im Holzflussmodell treten die Gewichte einzelner Rohstoffe und Halbwaren, Rückflüsse und Schnittstellen deutlich hervor und können im Kontext des Gesamtflusses analysiert werden. Die Einheit Holzfaseräquivalent ermöglicht es, den gesamten Holzfluss zu betrachten, gleich, welchen Verwendungsweg die einzelne Faser einschlägt. Der Vorteil des Holzfaseräquivalents ist, dass für jedes Produkt immer ein Bezug zu Markt relevanten Größen wie dem Holzeinschlag hergestellt werden kann. So ist beispielsweise ein Vergleich der Fasermengen von Rohholz, Restholz und Altpapier hilfreich für Diskussionen um die Verfügbarkeit von Rohstoffen.

Neben der Fortführung des Holzflussmodells für Folgejahre in der bestehenden Struktur zielt eine zukünftige Weiterentwicklung darauf ab, den Stofffluss für die

Weiterverarbeitung und Verwendung der Holzhalbwaren mit darzustellen. Allein die Angaben der amtlichen Statistik ermöglichen es jedoch nicht, den weiteren Stofffluss zufriedenstellend abzubilden. In noch stärkerem Maß wie für die aktuelle Modellstruktur geschehen, sind zusätzliche Informationen aus gesonderten Primärstudien notwendig. Zwar liegen diesbezüglich Studien vor, die erforderliche Aktualität ist derzeit jedoch nicht gegeben. Nicht nur in diesem Sinne wäre die Durchführung solcher Studien wünschenswert. Auch im weiteren Kontext, wie zum Beispiel der Charta für Holz der Bundesregierung, können Studien dieser Ausrichtung neuen Erkenntnisse und wichtige Impulse liefern.

LITERATUR UND DATENQUELLEN

- ANONYMUS (2009a): Marktbericht für Altholz. Euwid Neue Energien (2), 10, S. 18.
- ANONYMUS (2009b): Pelletproduktion erreicht im dritten Quartal 474.807 t. Holz-Zentralblatt (135), 47, S. 1178.
- ANONYMUS (2011a): Pelletproduktion erreichte 2010 insgesamt etwa 1,75 Mio t. Euwid Holz und Holzwerkstoffe (35), 6, S. 9.
- ANONYMUS (2011b): VHI: Produktionsmengen haben sich wieder stabilisiert. Euwid Holz und Holzwerkstoffe (35), 21, S. 17.
- BMU (2011): Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland. Unter Verwendung von Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat). Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin.
- DEPV (2010): Holzbriketts eine beliebte Alternative zum Beifeuern in Holzheizungen.
<http://www.depv.de/nc/oeffentlichkeitsarbeit/pressemitteilung/article/holzbriketts-eine-belibte-alternative-zum-beifeuern-in-holzheizungen-die-neue-europaeische-norm-reg/>, Zugriff am 04.08.2011.
- DEPV (2011): Beschreibung Holzbriketts. <http://www.depv.de/nc/oeffentlichkeitsarbeit/pressemitteilung/article/holzbriketts-eine-belibte-alternative-zum-beifeuern-in-holzheizungen-die-neue-europaeische-norm-reg/>, Zugriff am 04.08.2011.
- DIETER, M. & ENGLERT, H. (2005): Gegenüberstellung und forstpolitische Diskussion unterschiedlicher Holzeinschlagsschätzungen für die Bundesrepublik Deutschland. Arbeitsbericht des Instituts für Ökonomie 2005/2, Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg, 10 S.
- ENDRES, M. (1905): Handbuch der Forstpolitik mit besonderer Berücksichtigung der Gesetzgebung und Statistik. Springer, Berlin.
- FAO (1982): World Forest Products Demand and Supply 1990 and 2000. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FRÜHWALD, A., WEGENER, G., SCHARAI-RAD, M., ZIMMER, B. & HASCH, J. (1996): Grundlagen für Ökopprofile und Ökobilanzen in der Forst- und Holzwirtschaft. Universität Hamburg, Ordinariat für Holztechnologie Hamburg, 168 S.
- HAGAUER, D. & LANG, B. (2007): Kurzinformation zu Holzströme in Österreich 2005. <http://www.klimaaktiv.at/article/archive/12740/>, Zugriff am 19.12.2011.
- HICK, A. & MANTAU, U. (2008): Energieholzverwendung in privaten Haushalten. Marktvolumen und verwendete Holzsortimente. Universität Hamburg, Zentrum Holzwirtschaft, Arbeitsbereich Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg, 30 S.
- HOLZABSATZFONDS (2008): Informationsdienst Holz Spezial: Sperrholz. Holzabsatzfonds, Bonn.

- HOLZPELLET.COM (2011): Informationen zu Holzbrennstoffe - Holzkohle - Produktion - Der Meiler. http://www.holzpellet.com/de_holzkohle_production, Zugriff am 13.10.2011.
- HOLZWERK WONNENMANN (2011): Wonnenmann Holzwerk. Plattenprodukte. www.wonnemann-holzwerk.de, Zugriff am 08.08.2011.
- KÖSTLER, J. (1936): Der Stand der deutschen Holzbilanz. Forstarchiv (12), 2, 17-32 pp.
- LÜCKGE, F.-J. & WEBER, H. (1997): Untersuchung der Struktur- und Marktverhältnisse der deutschen Sägeindustrie, Freiburg, 91 S.
- MANTAU, U. (2004): Holzrohstoffbilanz Deutschland. Bestandsaufnahme 2002. Hamburg, 75 S.
- MANTAU, U. (2009): Holzrohstoffbilanz Deutschland: Szenarien des Holzaufkommens und der Holzverwendung bis 2012. In: Waldstrategie 2020. Tagungsband zum Symposium des BMELV, 10.-11. Dez. 2008. Landbauforschung: Sonderheft 327 (Hrsg. B. Seintsch and M. Dieter). vTI, Berlin.
- MANTAU, U. & BILITEWSKI, B. (2005): Stoffstrom-Modell-HOLZ. Bestimmung des Aufkommens, der Verwendung und des Verbleibs von Holzprodukten. Abschlussbericht, Studie im Auftrag des Verbandes Deutscher Papierfabriken e.V. (VDP), Celle, 65 S.
- MANTAU, U. & HICK, A. (2008): Standorte der Holzwirtschaft. Sägeindustrie - Einschnitt und Sägenebenprodukte, Universität Hamburg, Zentrum Holzwirtschaft, Arbeitsbereich Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg, 27 S.
- MANTAU, U. & SÖRGEL, C. (2004): Standorte der Holzwirtschaft. Holzwerkstoffindustrie, Holzschliff- und Zellstoffindustrie, Sägeindustrie, Universität Hamburg, Zentrum Holzwirtschaft, Arbeitsbereich Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg, 61 S.
- MANTAU, U., WEIMAR, H. & WIERLING, R. (2002): Standorte der Holzwirtschaft. Holzwerkstoffindustrie, Holzschliff- und Zellstoffindustrie, Sägeindustrie, Außenhandelsstatistik, Universität Hamburg, Ordinariat für Weltforstwirtschaft, Arbeitsbereich Ökonomie der Forst- u. Holzwirtschaft, Hamburg, 101 S.
- MELLINGHOFF, S. & BECKER, M. (1998): Distribution des Holzes in der Bundesrepublik Deutschland 1995 (Holz-Distributionsanalyse). Centrale Marketingges. d. dt. Agrarwirtschaft, Bonn.
- MORALT TISCHLERPLATTEN (2011): Moralt Tischlerplatten Prospekt. http://www.moralt-tischlerplatten.de/die-klassiker.html?file=tl_files/download/de/plattenwelt/Tischlerplattenprospekt.pdf, Zugriff am 08.08.2011.
- MÜLLER, H. & BECKER, M. (1987): Distribution des Holzes in der Bundesrepublik Deutschland 1984. Centrale Marketingges. d. dt. Agrarwirtschaft, Bonn.
- MUSIALCZYK, C. & MANTAU, U. (2007): Standorte der Holzwirtschaft. Die energetische Nutzung von Holz in kommunalen und gewerblichen Kleinanlagen, Universität Hamburg, Zentrum Holzwirtschaft, Arbeitsbereich Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg, 46 S.

- Ollmann (1986): Umrechnungsfaktoren zur Ermittlung der Rohholzäquivalente (Fassung v. 10.01.1986). Zitiert in: MÜLLER, H. & BECKER, M. (1987): Distribution des Holzes in der Bundesrepublik Deutschland 1984. Centrale Marketingges. d. dt. Agrarwirtschaft, Bonn.
- Ollmann (1993): Außenhandelsbilanz Holz und Produkte auf der Basis Holz 1993. Zitiert in: MELLINGHOFF, S. & BECKER, M. (1998): Distribution des Holzes in der Bundesrepublik Deutschland 1995 (Holz-Distributionsanalyse). Centrale Marketingges. d. dt. Agrarwirtschaft, Bonn.
- PROFAGUS (2011): Aus bestem Hause. http://holzkohle.de/index.php?option=com_content&view=article&id=19&Itemid=5, Zugriff am 13.10.2011.
- RIVELA, B., HOSPIDO, A., MOREIRA, T. & FEIJOO, G. (2006): Life Cycle Inventory of Particleboard: A Case Study in the Wood Sector (8 pp). The International Journal of Life Cycle Assessment (11), 2, 106-113.
- RIVELA, B., MOREIRA, M. & FEIJOO, G. (2007): Life cycle inventory of medium density fibreboard. The International Journal of Life Cycle Assessment (12), 3, 143-150.
- SEINTSCH, B. (2010): Holzbilanzen 2009 und 2010 für die Bundesrepublik Deutschland. vTI, Hamburg.
- SÖRCEL, C. & MANTAU, U. (2005): Standorte der Holzwirtschaft. Sägeindustrie, Universität Hamburg, Zentrum Holzwirtschaft, Arbeitsbereich Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg, 26 S.
- SÖRCEL, C. & MANTAU, U. (2006a): Standorte der Holzwirtschaft. Holz- und Zellstoffindustrie, Universität Hamburg, Zentrum Holzwirtschaft, Arbeitsbereich Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg, 18 S.
- SÖRCEL, C. & MANTAU, U. (2006b): Standorte der Holzwirtschaft. Holzwerkstoffindustrie, Universität Hamburg, Zentrum Holzwirtschaft, Arbeitsbereich Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg, 30 S.
- STBA Außenhandel nach Waren und Ländern - Fachserie 7 Reihe 2. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- STBA Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Landwirtschaftliche Bodennutzung und pflanzliche Erzeugung - Fachserie 3 Reihe 3. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- STBA Produktion im Produzierenden Gewerbe - Fachserie 4 Reihe 3.1. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- STBA Rohholz und Holzhalbwaren. Arbeitsunterlage. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- STBA (2011a): Qualitätsbericht. Außenhandel, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
- STBA (2011b): Qualitätsbericht. Erhebung in den Betrieben der Holzbearbeitung. Holzbearbeitungsstatistik. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- STBA (2011c): Qualitätsbericht. Produktionserhebungen, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden

- STBA (2011d): Sonderauswertung des Statistischen Bundesamtes zur Produktionsstatistik. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- UBA (2011): Abfallstatistik. Grenzüberschreitende Verbringung von zustimmungspflichtigen Abfällen. Umweltbundesamt, Desau-Roßlau.
- UNECE (2005): European forest sector outlook study.1960 - 2000 - 2020. Main report. Geneva timber and forest study paper ; 20, United Nations, Geneva, XXVIII, 234 S.
- UNECE (2010): Forest Product Conversion Factors for the UNECE Region. Zugriff.
- VDP: Papier. Ein Leistungsbericht. Diverse Jahrgänge. VDP.
- VOGT, D., KARUS, M., ORTMANN, S., SCHMIDT, C. & GAHLE, C. (2006): Wood-Plastic-Composites (WPC) - Holz-Kunststoff-Verbundwerkstoffe. Märkte in Nordamerika, Japan und Europa mit Schwerpunkt auf Deutschland. Technische Eigenschaften - Anwendungsgebiete - Preise - Märkte - Akteure, nova-Institut, Hürth, 96 S.
- WEIMAR, H. (2009): Empirische Erhebungen im Holzrohstoffmarkt am Beispiel der neuen Sektoren Altholz und Großfeuerungsanlagen. Lang, Frankfurt am Main [u.a.].
- WEIMAR, H. & MANTAU, U. (2006): Standorte der Holzwirtschaft. Einsatz von Holz in Biomasse- und Holzfeuerungsanlagen, Universität Hamburg, Zentrum Holzwirtschaft, Arbeitsbereich Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg, 25 S.
- WEIMAR, H. & MANTAU, U. (2008): Standorte der Holzwirtschaft. Altholz im Entsorgungsmarkt - Aufkommens- und Vermarktungsstruktur, Universität Hamburg, Zentrum Holzwirtschaft, Arbeitsbereich Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg, 22 S.
- WELLING, J. & WOSNITZA, B. (2009): Pyrolyse. Bereitstellung fester Sekundärenergieträger. In: Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren. Hrsg. M. Kaltschmitt, H. Hartmann und H. Hofbauer), S. 690-709. Springer, Berlin [u.a.].
- WIEBECKE, C. (1961): Die Entwicklung der westdeutschen Holzbilanz. Der Forst- und Holzwirt (16), 22, 493-499.
- WILSON, J. (2010a): Life-Cycle Inventory of Medium Density Fiberboard in Terms of Resources, Emissions, Energy and Carbon. Wood and Fiber Science (42), CORRIM Special Issue, 107-124.
- WILSON, J. (2010b): Life-Cycle Inventory of Particleboard in Terms of Resources, Emissions, Energy and Carbon. Wood and Fiber Science (42), CORRIM Special Issue, 90-106.
- WILSON, J. & SAKIMOTO, E. (2005): Gate-to-Gate Life-Cycle Inventory of Softwood Plywood Production. Wood and Fiber Science (37), CORRIM Special Issue, 58-73.

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Schematische Darstellung eines Prozesses mit Stoffzu- und -abflüssen	7
Abbildung 2: Schematische Darstellung einer Rückkopplung im Stofffluss	8
Abbildung 3: Rohstoffaufkommen 2009 (inkl. Importe und Waldlager von Rohholz).....	18
Abbildung 4: Rohstoffverwendung	19
Abbildung 5: Rohstoffverwendung nach Nadelholz und Laubholz	20
Abbildung 6: Teilausschnitt Holzwerkstoffherstellung.....	25

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Gegenüberstellung des amtlichen Einschlags und des rückgerechneten Einschlags nach Sortimenten	22
Tabelle 2: Gegenüberstellung des Außenhandels der Rohstoffsortimente	23
Tabelle 3: : Gegenüberstellung des Außenhandels der Holzhalbwaren	23

ANHANG UMRECHNUNGSFAKTOREN

Umrechnungsfaktoren in Holzfaseräquivalent [m³ (f)]

PRODUKT	EINHEIT	UMRECHNUNGS-FAKTOR
Rohholz	m ³	1,00
Energieholz	m ³	1,00
Gartenholz	m ³	1,00
Landschaftspflegeholz	m ³	1,00
Restholz/Sägenebenprodukte (SNP)	m ³	1,00
Nadel-Restholz/Nadel-SNP	t lutro	1,98
Laub-Restholz/Laub-SNP	t lutro	1,42
Altholz	t lutro	1,82
Schnittholz	m ³	1,00
Furnier	m ³	1,00
Spanplatte (inkl. OSB)	m ³	1,25
Faserplatte	m ³	1,47
Sperrholz	m ³	0,96
Holzstoff	t	2,22
Zellstoff	t	2,13
Altpapier	t	1,54
Holzpellets	t	2,22
Holzbriketts	t	2,22
Holzkohle	t	1,65