



# Netzwerk Lebenszyklusdaten

Arbeitskreis WERKSTOFF IM BAUWESEN



## Grunddatensätze für Holz und Holzwerkstoffe im Netzwerk Lebenszyklusdaten

### Projektbericht

im Rahmen des Forschungsvorhabens FKZ 01 RN 0401 im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung



Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (BFH)  
PE INTERNATIONAL GmbH

Hamburg Leinfelden-Echterdingen Karlsruhe – Oktober 2007

Hrsg.: Forschungszentrum Karlsruhe  
Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse –  
Zentralabteilung Technikbedingte Stoffströme



Forschungszentrum Karlsruhe  
in der Helmholtz-Gemeinschaft

## Vorwort

Der vorliegende Projektbericht wird herausgegeben vom Netzwerk Lebenszyklusdaten ([www.netzwerk-lebenszyklusdaten.de](http://www.netzwerk-lebenszyklusdaten.de)).

Das Netzwerk Lebenszyklusdaten ist die gemeinsame Informations- und Koordinationsplattform aller in die Bereitstellung und Nutzung von Lebenszyklusdaten in Deutschland involvierten Gruppen – von Wissenschaft und Wirtschaft über Politik und Behörden hin zu Verbraucherberatung und allgemeiner interessierter Öffentlichkeit. Ziel des Netzwerks Lebenszyklusdaten ist es, das umfangreiche Knowhow auf dem Gebiet der Lebenszyklusdaten innerhalb Deutschlands zusammenzuführen und als Basis zukünftiger wissenschaftlicher Weiterentwicklung und praktischer Arbeiten für Nutzer in allen Anwendungsgebieten von Lebenszyklusanalysen bereitzustellen.

Das Netzwerk Lebenszyklusdaten wird getragen vom Forschungszentrum Karlsruhe. Die vorliegende Studie wurde im Rahmen der Projektförderung (2004 – 2008) des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) „Förderung der Wissenskooperation zum Aufbau und Umsetzung des deutschen Netzwerks Lebenszyklusdaten“ erstellt. Weitere im Rahmen dieser Projektförderung erstellte Studien sind erhältlich unter <http://www.netzwerk-lebenszyklusdaten.de/cms/content/Projektberichte>.

### Kontakt Netzwerk Lebenszyklusdaten:

E-Mail: [info@netzwerk-lebenszyklusdaten.de](mailto:info@netzwerk-lebenszyklusdaten.de)

Anschrift: Forschungszentrum Karlsruhe GmbH  
Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse,  
Zentralabteilung Technikbedingte Stoffströme (ITAS-ZTS)  
Postfach 3640  
76021 Karlsruhe  
[www.netzwerk-lebenszyklusdaten.de](http://www.netzwerk-lebenszyklusdaten.de)



Das Netzwerk Lebenszyklusdaten wird gefördert durch das  
Bundesministerium für Bildung und Forschung



# **Grunddatensätze für Holz und Holzwerkstoffe im Netzwerk Lebenszyklusdaten**

## **Autoren:**

Dipl.-Ing. silv. Sebastian Rüter  
Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (BFH), Leuschnerstrasse 91,  
D-21031 Hamburg, Germany, Tel +49 40 73962-619,  
Email: rueter(at)holz.uni-hamburg.de

Johannes Kreißig  
PE INTERNATIONAL GmbH, Hauptstr. 111-113,  
70771 Leinfelden-Echterdingen, Germany, Tel +49 711 3418170  
Email: j.kreissig(at)pe-international.com



## INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung.....	5
2	Systembeschreibung und Untersuchungsrahmen.....	6
2.1	Produktdefinition und Funktionelle Einheit.....	6
2.2	Beschreibung der wichtigsten Prozesse.....	7
2.3	Produktverwendung und Marktaspekte .....	12
2.4	Systemgrenzen.....	15
2.5	Abschneidekriterien .....	17
2.6	Datenqualität .....	18
2.7	Allokationen .....	20
2.8	Prozessdaten.....	22
2.9	Sachbilanz .....	24
2.10	Ergebnisse nach Wirkungskategorien und Plausibilitätsbetrachtungen .....	30
3	Anwendungsmöglichkeit der Ergebnisse.....	34
4	Fortschreibung und Aktualisierung der Daten .....	34
5	Literatur .....	36
6	Anhang Stoff- und Energiebilanzen.....	37

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 2-1:	Verwendungssektoren für Nadelschnittholz aus heimischer Produktion.....	12
Tabelle 2-2:	Verwendungssektoren für Laubschnittholz aus heimischer Produktion .....	12
Tabelle 2-3:	Schätzung der Verwendung von Spanplatten nach Bereichen .....	13
Tabelle 2-4:	Restmengen aus der Bau-, Möbel- und Verpackungsindustrie und ihre ermittelten Anteile nach Weiterverwendungsbereichen.....	13
Tabelle 2-5:	Herkunft des erfassten Altholzes.....	14
Tabelle 2-6:	Anfallende Altholz mengen nach Kategorien .....	14
Tabelle 2-7:	Einschnitttechnologie nach befragten Betrieben .....	18
Tabelle 2-8:	Datengrundlage für die Erstellung der Module der Ökobilanzen.....	19
Tabelle 2-9:	Durchschnittspreise für die Allokation der Umweltlasten nach Preis .....	20
Tabelle 2-10:	Verwendeter Anteil der Einschnitttechnologie.....	21
Tabelle 2-11:	Zusammensetzung der Leimflotte für Spanplatte P5 und P7 .....	22
Tabelle 2-12:	Sach- und Energiebilanz für Nadelschnittholz, aggregiert im Verhältnis 53:33:14 (Spaner, Gatter, Band).....	24
Tabelle 2-13:	Sach- und Energiebilanz der technischen Trocknung von Schnittholz .....	25
Tabelle 2-14:	Gesamtsach- und Energiebilanz für Hobelware NH.....	25
Tabelle 2-15:	Sach- und Energiebilanz für Spanplatten (mit UF, mUF) .....	26
Tabelle 2-16:	Energetische Aufwendungen für die Herstellung von Spanplatte (V20) .....	27
Tabelle 2-17:	Sach- und Energiebilanz für Spanplatten (V100, mit MUF, PF und PMDI).....	28
Tabelle 2-18:	Energetische Aufwendungen für die Herstellung von Spanplatte (V100) .....	29
Tabelle 2-19:	Ergebnisse der Ökobilanz für 1 m <sup>3</sup> Schnittholz nach Wirkungskategorien.....	30
Tabelle 2-20:	Ergebnisse der Ökobilanz für Koppelprodukte der Schnittholzproduktion .....	31
Tabelle 2-21:	Ergebnisse der Ökobilanz für die Herstellung von 1 m <sup>3</sup> Spanplatte nach Wirkungspotentialen.....	33

Tabelle 6-1: Sach- und Energiebilanz für Modul Schnittholzherstellung (ohne Vorketten) ....	38
Tabelle 6-2: Sach- und Energiebilanz für Sägenebenprodukte (Nadelholz) .....	41
Tabelle 6-3: Stoff- und Energiebilanzen für Spanplatten (mit Vorketten) .....	44

## **ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

Abbildung 2-1: Schematischer Arbeitsablauf im Sägewerk.....	7
Abbildung 2-2: Spanereinheit .....	8
Abbildung 2-3: Vollgatter .....	8
Abbildung 2-4: Bandsäge .....	8
Abbildung 2-5: Arbeitsablauf Spanplattenherstellung .....	9
Abbildung 2-6: Conti- und Mehretagenpresse.....	11
Abbildung 2-7: Der Bilanzraum des Moduls Schnittholzherstellung .....	15
Abbildung 2-8: Der Bilanzraum des Moduls Spanplattenherstellung .....	15
Abbildung 2-9: Bilanzraum der Ökobilanz Spanplatte.....	17
Abbildung 2-10: Modellierung der Einschnitttechnologie im Modul Sägewerk.....	21
Abbildung 2-11: Modell der Prozesse der Herstellung von Nadelsschnittholz .....	22
Abbildung 2-12: Modellierung des Trocknungsprozesses.....	23
Abbildung 2-13: Modellierung der Prozesse der Spanplattenherstellung .....	23
Abbildung 2-14: Anteil der technischen Trocknung an den Umwelteinträgen von getrocknetem Schnittholz nach Wirkungskategorien .....	31
Abbildung 2-15: Ergebnisse der Ökobilanz für Spanplatte P5 .....	32
Abbildung 2-16: Ergebnisse der Ökobilanz für Spanplatte P7 .....	32
Abbildung 2-17: Primärenergieaufwand für die Produktion von Spanplatten P5 und P7 .....	33

## ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen eines Unterauftrages durch die PE International GmbH wurden für das Projekt "Förderung der Wissenschaftskooperation zum Aufbau und Umsetzung des deutschen Netzwerk Lebenszyklusdaten" (Förderkennzeichen: 01 RN 0401) im Bereich Werkstoffe im Bauwesen Grunddatensätze für folgende Ökobilanzdatensätze durch das Institut für Holzphysik und mechanische Technologie des Holzes der Universität Hamburg aktualisiert und in einer für 2009 geplanten Überarbeitung im ELCD Format (XML) bereitgestellt:

- Sägewerk, Schnittholz (sägerauh, getrocknet, gehobelt)
- Sägewerk, Hackschnitzel
- Sägewerk, Sägespäne
- Sägewerk, Schwarten
- Spanplatte (P5 und P7)

Basierend auf aktualisierten Ökobilanzdaten, die der Universität Hamburg bzw. der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft in Form von Diplomarbeiten, Dissertationen und Ergebnissen durchgeführter Forschungsvorhaben vorliegen, erfolgte die Erstellung von Grunddatensätzen, welche als nationale Durchschnittswerte der genannten Produkte dem Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden.

## 1 Einleitung

Innerhalb der letzten Jahre wurden im Rahmen von Doktorarbeiten und Diplomarbeiten verschiedene Ökobilanzdatensätze für Holzprodukte an der Universität Hamburg bzw. Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft erstellt. Die im Rahmen dieses Teil-Projektes entstandenen Ökobilanzmodelle für Schnittholz, den bei der Schnittholzproduktion anfallenden Koppelprodukten Schwarten, Sägespäne und Holzhackschnitzel, sowie für Spanplatten, basieren im Wesentlichen auf folgenden Arbeiten, die mit der Software GaBi 4.2 überarbeitet und aktualisiert wurden:

- Ökologische Bilanzierung von Bauschnittholz und veredelten Vollholzprodukten (Frühwald, et al., 2000)
- Ökologische Betrachtung von Holzspan- und Holzfaserverplatten (Dissertation, Hasch, 2002)

Da Ökobilanzen zur Beantwortung der Fragen nach den umweltlichen Folgen auch im Forst- und Holzsektor in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen haben, muss es das Ziel sein, eine fortlaufende Verwendung dieser Datensätze zu ermöglichen. Hierzu müssen die vorhandenen Daten fortlaufend aktualisiert und in eine konsistente Form gebracht werden. Im Rahmen der Bemühungen um den Aufbau einer Forst-Holz Datenbank an der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft entstanden so modulare Ökobilanzmodelle, welche sich mit Hilfe rekursiver Verknüpfungen mit anderen in der Software GaBi modellierten Ökobilanzmodulen verbinden lassen (z.B. GaBi Modell der forstlichen Produktion, basierend auf Schweinle und Thoro, 1996). Wichtige Eigenschaften, wie z.B. die Holzfeuchte oder der für den Einschnitt von Rundholz verwendete Technologiemitel wurden parametrisiert, so dass die Modelle für unterschiedliche Fragestellungen angepasst werden können.

Um einen möglichst vollständigen Überblick über die Produkte der Forst- und Holzbranche zu erhalten, ist es zudem immer wieder nötig, fehlende oder unvollständige Ökobilanzdaten für wichtige Produkte zu identifizieren. Auf Basis des vorhandenen Fachwissens am Zentrum Holzwirtschaft der Universität Hamburg, sowie der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft in den Bereichen Verfahrenstechnik der Sägewerks- und Holzwerkstoffindustrie und Holzmarktanalyse, konnten vorhandene Datensätze für Basismodule (z.B. Schnittholz, sägerauh) um weitere Prozesse entlang der Wertschöpfungskette durch Modellierung ergänzt und somit weitere Produkte mit nationalen Durchschnittswerten abgebildet werden. Des Weiteren konnte die Modellierung mit Hilfe der verwendeten Ökobilanzsoftware verfeinert und vorhandene Ökobilanzdatensätze aktuellen Gegebenheiten angepasst werden. Unterstützt wurden diese Bemühungen durch eine enge Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Bauphysik, Abteilung Ganzheitliche Bilanzierung, an der Universität Stuttgart.

## 2 Systembeschreibung und Untersuchungsrahmen

### 2.1 Produktdefinition und Funktionelle Einheit

Die dem Netzwerk Lebenszyklusdaten zur Verfügung gestellten Ökobilanzdatensätze umfassen Daten zu Schnittholzprodukten unterschiedlicher Verarbeitungsstufen (sägerauh, gehobelt, getrocknet), Ökobilanzdaten zu den in der Sägeindustrie anfallenden Nebenprodukten Hackschnitzel, Sägespäne und Schwarten, sowie Datensätze, welche nationale Durchschnittswerte für Spanplatten repräsentieren.

Die bilanzierten Produkte sind im Folgenden definiert und charakterisiert. Zudem ist in Klammern die in der Datenbank hinterlegte funktionelle Einheit angegeben.

#### Schnittholz

Produkt, das durch Sägen oder Zerspanen von Rundholz oder größeren Holzquerschnitten in Längsrichtung erzeugt wurde und eventuell gekappt und/oder bearbeitet wurde, um eine bestimmte Maßgenauigkeit zu erreichen. (DIN EN 844-3:1995, Nr. 3.1)

#### Sägerauhes Schnittholz (1 m<sup>3</sup> atro / 490 kg Nadelschnittholz / 670 kg Laubschnittholz)

Schnittholz, das keine weitere Bearbeitung erfahren hat, mit festgelegten zulässigen Abweichungen. (DIN EN 844-3:1995, Nr. 3.1.1)

#### Gehobeltes Holz (1 m<sup>3</sup> atro / 490 kg Nadelschnittholz / 670 kg Laubschnittholz)

Schnittholz, das bei Endfeuchte auf mindestens einer Breitseite in voller Breite und Länge durch maschinelles Hobeln eine glatte Oberfläche erhalten hat. (DIN EN 844-3:1995, Nr. 3.3)

#### Schwarte (1 kg)

Der beim Aufschneiden eines Stammes sich ergebende äußere Teil, der auf einer Seite die Schnittfläche und auf der anderen Seite die Stammoberfläche zeigt. (DIN EN 844-3:1995, Nr. 3.9)

#### Getrocknetes Schnittholz (1 m<sup>3</sup> atro / 490 kg Nadelschnittholz / 670 kg Laubschnittholz)

Getrocknetes Schnittholz ist nicht näher in Normen definiert. Da ein großer Teil des Schnittholzes aufgrund qualitativer Aspekte nach dem Einschnitt einer technischen Trocknung unterzogen wird, welche sich auf Grund des vergleichsweise hohen Energiebedarfs in hohem Umfang auf die Ökobilanzergebnisse auswirkt, wurde dieses Modul in den Datensatz mit aufgenommen. Die Holzfeuchte wurde in dem Modell auf 15 Prozent eingestellt, kann aber vor jeder Berechnung individuell angepasst werden.

#### Holzhackschnitzel (1 kg)

In der zukünftigen Norm CEN/TS 14961:2005 für feste Biobrennstoffe – Brennstoffspezifikationen und -klassen werden Holzhackschnitzel definiert. Gemeint ist damit zerkleinertes Holz, welches u.a. als Nebenprodukt bei der Schnittholzherstellung – insbesondere mit der Profilerspanertechnik – anfällt, und als Rohstoff für die Holzindustrie oder als Brennstoff Verwendung findet.

Sägespäne (1 kg)

Sägespäne sind in keiner Norm definiert. Man versteht darunter feine Holzabfälle, die vornehmlich bei der Schnittholzherstellung mit Sägetechnik (Band- und Gattersägen) anfallen. Auch sie finden als Rohstoff Eingang in die Holzwerkstoffindustrie.

Spanplatten (1 m<sup>3</sup> atro)

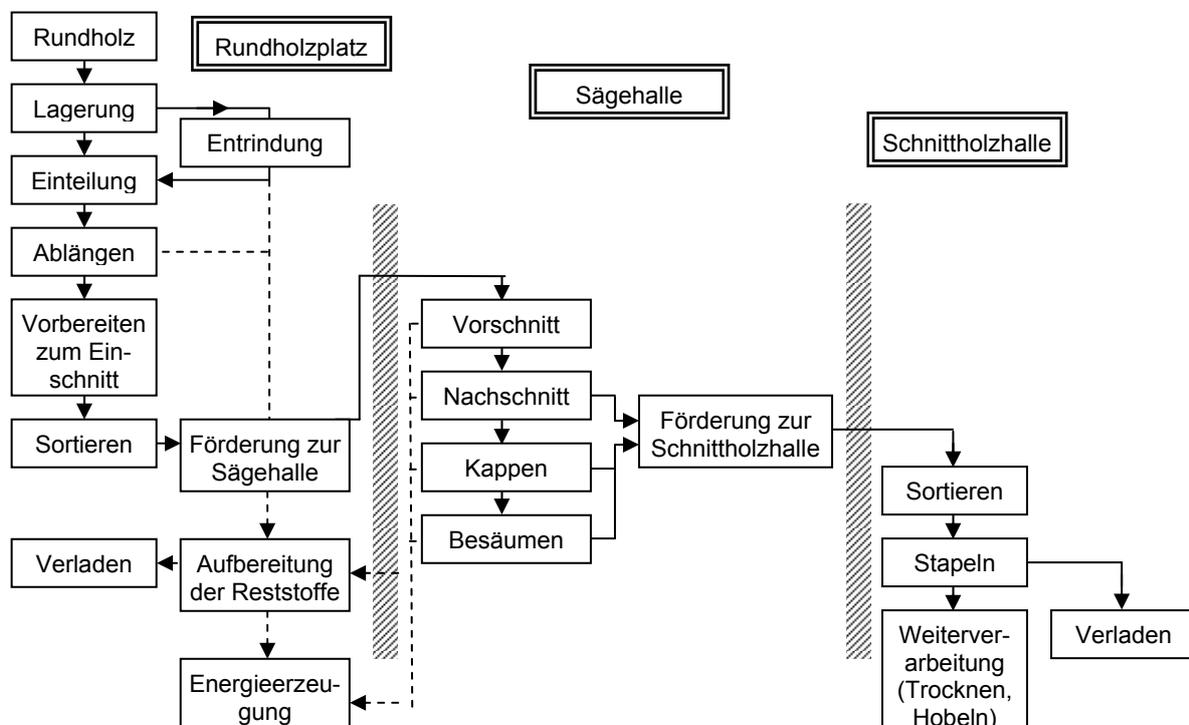
Plattenförmiger Holzwerkstoff, hergestellt durch Verpressen unter Hitzeeinwirkung von kleinen Teilen aus Holz (z.B. Holzspänen) und/oder anderen lignozellulosehaltigen Teilchen mit Klebstoffen. (DIN EN 309:2004)

Ursprünglich wurden Spanplatten nach Verwendungszweck vornehmlich in 2 Typen unterteilt. Standardspanplatten (V20 für Innenanwendung, Trockenbereich) und Spanplatten in Anlehnung an DIN 68800 (V100 für Außenanwendung, Feuchtbereich). Bei der Modellierung der Ökobilanzdaten für Spanplatten wurde die in der Industrie mittlerweile übliche Klassifizierung nach den Anforderungen an die technischen Eigenschaften vorgenommen (P1-7).

**2.2 Beschreibung der wichtigsten Prozesse<sup>1</sup>**

Schnittholz

Drei Produktionsbereiche lassen sich in jedem Sägewerk grob unterteilen: der Rundholzplatz, die Sägehalle und die Schnittholzhalle. Diese einzelnen Bearbeitungsstufen und ihre Abfolge ändern sich nur wenig; dementsprechend unterscheiden sich Sägewerke hinsichtlich ihrer maschinellen Ausstattung nur wenig. Die verwendete Einschnitttechnologie ist hingegen an die verschiedenen Sortimente, die eingeschnitten werden sollen, angepasst:



**Abbildung 2-1: Schematischer Arbeitsablauf im Sägewerk**

<sup>1</sup> Nach Ressel (1996/7), Barbu (2007), Deppe und Ernst (2000) und Soine (1995)

Der Einschnitt (Vor- und Nachschnitt) erfolgt wahlweise oder in Kombination mit Profilerspanertechnologie, Gattersäge oder Blockbandsäge. Auch Kreissägen finden sich in verschiedenen Bauformen und Größen als Haupt- und in größerem Umfang als Nebenmaschinen im Sägewerk.

### *Profilerspaner*

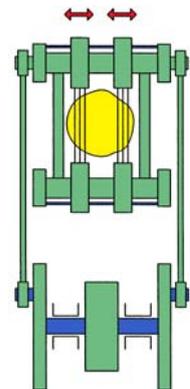
Diese Technologie wird hauptsächlich für schwaches Rundholz (Nadelholz) eingesetzt. Es gibt Anlagen mit zwei und vier Spanerscheiben für eine zwei- bzw. vierseitige Bearbeitung der Stämme in einem Durchgang. Die Spanerscheiben bestehen aus einem kegelförmigen Werkzeugträger, der mit Sägesegmenten und Schlichtmessern bestückt ist. Durch unterschiedliche Messerbestückung der Spanerscheiben können diese Anlagen auch unterschiedlich große Holzhackschnitzel erzeugen, die als Nebenprodukt in die Papier- und Plattenindustrie verkauft werden.



**Abbildung 2-2:**  
**Spanereinheit**  
(Linck, 2006)

### *Gattersäge*

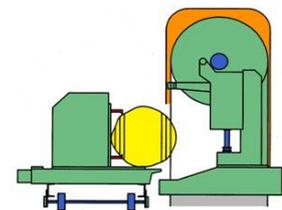
Gattersägen sind die ältesten Sägewerksmaschinen, denen ein (oder mehrere) auf und ab bzw. hin und her gehendes eingespanntes und durch einen Kurbeltrieb angetriebenes Längssägeblatt als Werkzeug dient. Die Schnittgeschwindigkeit und der Vorschub werden bei dieser Technologie durch die hohen Massenkräfte im Kurbeltriebssystem begrenzt. Man unterscheidet zwischen Horizontal- und Vertikal- bzw. Vollgatter, welches die am weitesten verbreitete Hauptmaschine in kleinen und mittelgroßen Sägewerken in Mitteleuropa darstellt. Der Vorteil dieser Technik liegt im Vielfachschnitt, der die Auftrennung eines Stammes in einem einzigen Durchlauf ermöglicht. Des Weiteren erhält man eine hohe Schnittgenauigkeit und eine „relativ“ schmalen Schnittfuge, die mit den bis zu 20 Sägeblättern erreicht wird.



**Abbildung 2-3:**  
**Vollgatter**  
(Linck, 2006)

### *Bandsäge*

Bandsägen werden überwiegend für Längsschnitte eingesetzt, denen ein umlaufendes Sägeblatt mit relativ hoher Schnittgeschwindigkeit als Werkzeug dient. Die Oberflächenqualität des Schnittholzes wird durch die Sägeblattschwingungen begrenzt. Man unterscheidet je nach Laufrichtung des Sägeblattes in horizontale und vertikale Bandsägen und diese wiederum in Block- und Trennbandsägen. Horizontale Blockbandsägen z.B. eignen sich besonders für schwere Holzarten, sowie für Hölzer mit großen inneren Spannungen (Laub- und Tropenhölzer).



**Abbildung 2-4: Band-**  
**säge**  
(Linck, 2006)

Spanplatte

Bei der Herstellung von Spanplatten wird grundsätzlich zwischen Flachpressplatten und Strangpressplatten unterschieden. Während Strangpressplatten einen einschichtigen Plattenaufbau aufweisen, bestehen Flachpressplatten vornehmlich aus drei oder fünf Schichten (Mittel- und Deckschichten). Mehr als 99 % aller weltweit hergestellten Spanplatten werden im Flachpressverfahren hergestellt, bei dem beleimte Holzspäne zu einem mattenförmigen Spanvlies gestreut und senkrecht zur Plattenebene unter Druck- und Hitzeeinwirkung verdichtet werden. In Abb. 3.1.5 sind die wesentlichen Verfahrensschritte bei der Herstellung von Spanplatten dargestellt, die nachfolgend kurz beschrieben werden.

*Zerspanen*



(Maier, 2005)

Bei der Herstellung geeigneten Spanmaterials können drei Stufen unterschieden werden. Die a) Vorzerkleinerung b) Zerspanung und c) Nachzerkleinerung. Je nach Rohstoffart, gewünschter Spandimension und -qualität, Verwendungszweck, etc. werden dazu jeweils spezielle Zerspanungsmaschinen eingesetzt, die häufig miteinander gekoppelt werden. Die am weitest verbreiteten Maschinen hierfür sind Messerwellen- und Messerringzerspaner.

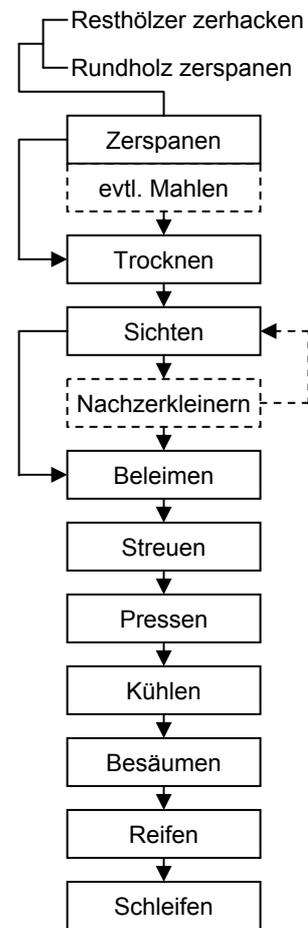
*Trocknen*

Vor der Weiterverarbeitung muss das im Holz enthaltene Wasser in Spänetrocknern entfernt werden. Dabei werden die Späne von einer Anfangsfeuchte zwischen 50 und 100 % (Recyclingholz <25 %) auf einen Feuchtegehalt von 1 bis 4% heruntergetrocknet, je nach Verwendung in der



späteren Deck- oder Mittelschicht der Platte. Im Wesentlichen handelt es sich hierbei um eine kontinuierliche Konvektionstrocknung,

bei der das Trocknungsgut durch heiße Luft erwärmt wird, die den aufgenommen Wasserdampf abtransportiert. Anschließend werden die Holzpartikel und die mit Wasser beladene Abluft des Trockners mit Hilfe von Materialabscheidern bzw. Zyklonen getrennt. Die entstehende Abluft wird neben der mechanischen Staubabscheidung mit Hilfe weiterer verschiedener nachgeschalteter Reinigungssys-



**Abbildung 2-5: Arbeitsablauf Spanplattenherstellung**



teme gereinigt. Für eine ausführliche Darstellung der Vorgänge beim Trocknungsprozess sei auf entsprechende Fachliteratur verwiesen.

*Sichten*

Das Sichten der Späne kann im feuchten oder trockenen Zustand erfolgen, wobei entweder nach Spangrößen oder Spangewicht fraktioniert wird. Hierzu werden Siebe verschiedener Bauart (Rüttel-, Schwing- oder Taumelsiebe) oder Maschinen, die unter Ausnutzung der Schwerkraft und dem spezifischen Gewicht die Späne sichten (Schwerkraftabscheider, Schwebe-, Wurf- oder Windsichter), verwendet.

*Beleimen*

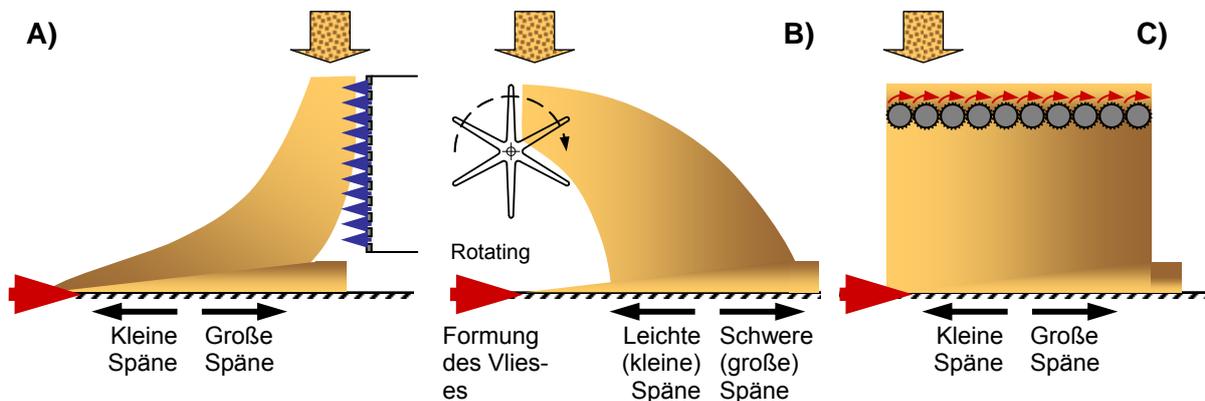
In der europäischen Spanplattenindustrie werden flüssige Leimharze eingesetzt. Die Leimflotte besteht aus einer Mischung aus den einzelnen Komponenten Rohleim, Härter, Wasser, Paraffinemulsion und sonstigen Zusatzstoffen, die in Mischbehältern homogenisiert und mit Hilfe von Leimdosieranlagen in einer Trommel auf die Späne aufgebracht wird, und die einzelnen Partikel punktförmig verklebt. Man unterscheidet zwischen einer Innenbeleimung und einer Außenbeleimung, bei der die Leimzugabe über Düsen in den Mischer erfolgt (jeweils unterschiedlich für Deck und Mittelschicht). Anschließend gelangen die beleimten Späne zu dem so genannten Dosierbunker, welcher die kontinuierliche Versorgung der Streuköpfe sicherstellt.



*Streuen*

Diese bringen die Späne dosiert nach Volumen oder Gewicht auf ein Formband auf, so dass sich ein Vlies bildet, der so genannte Spankuchen. Bei diesem Fertigungsschritt wird der spätere Aufbau der Platten vorgeformt. Auch hierbei sind wieder mehrere Verfahren zu unterscheiden:

- A) die Windstreuung, bei der die Späne über ein horizontal ausgerichtetes Luftströmungsfeld auf das Formband fallen;
- B) die Wurfstreuung, welche das Spangut über rotierende Stachelwalzen aufbringt; und
- C) die mechanische Streuung mittels eines Rollenfeldes.



## Pressen



**Abbildung 2-6: Conti- und Mehretagen-  
presse (unten)**

Vor dem eigentlichen Heißpressen erfolgt in der Regel eine Vorverdichtung des Spänekuchens, bei dem das Vlies bereits auf das 5-fache seiner ursprünglichen Dicke komprimiert wird. Dieser Vorgang kann entweder kalt oder mit geringfügig erhöhter Temperatur erfolgen, wobei aber eine Vorkondensation der Harze vermieden werden muss. Der Spänekuchen wird stabilisiert, vorgewärmt und die Anlagenkapazität dadurch erhöht. Vorpressen werden ebenso wie Heißpressen entweder als *kontinuierlich* arbeitende Rollenbandpressen (s. Bild) oder *taktweise* betriebene Einetagen- oder Plattenpressen gebaut. Der Heißpressvorgang schließlich formt den Holzwerkstoff



Spanplatte und beeinflusst die meisten seiner Eigenschaften (Rohdichte, Biege- und Querkzugfestigkeit, etc.) Der Verdichtungsablauf kann in drei Phasen unterschieden werden: Die Verdichtungsphase, bei der in kurzer Zeit der Druck zur Verdichtung aufgebaut werden muss, da die Deckschicht sich rasch erwärmt und beginnt auszuhärten. Die Durchwärmphase, bei der auch die tieferen Mattenschichten anfangen auszuhärten, die Aushärtung der Deckschicht erfolgt und die Platte auf ihre endgültige Dicke zusammengefahren wird. Die Aushärtung der Mittelschicht erfolgt bei 100°C (UF) bzw. 125°C (PF). Und schließlich die Aushärtungsphase, in der der Pressdruck langsam abgebaut wird und die Platte weiter aushärtet und sich somit stabilisiert.

## Kühlen, Besäumen und Schleifen

Nach dem heißen Pressvorgang erfolgt eine Besäumung des Plattenstranges. Danach werden die Platten in Sternwendern vereinzelt und mittels der Hallenluft gekühlt. Nach der Kühlung erfolgt eine Zwischenlagerung um die Platten zu konditionieren. Dadurch werden interne Spannungen langsam abgebaut und die Harze können vollständig aushärten. Bevor die Platten aufgeteilt bzw. auf Maß geschnitten werden, werden beide Oberflächen in mehreren Schritten geschliffen und gleichzeitig auf Qualität gesichtet.



### 2.3 Produktverwendung und Marktaspekte

Grundsätzlich kann man Schnittholz in Abhängigkeit der verarbeiteten Holzart in Nadel- und Laubschnittholz unterscheiden, deren Verwendung auf dem Markt, wie in den Tabellen 2-1 und 2-2 für das Jahr 2003 abgebildet, unterschiedlich ist (Mantau, 2005). Die Verwendungsbereiche nach der Unterteilung des Schnittholzes in Rauhspund, Block- und Hobelware zu identifizieren, ist aufgrund fehlender Daten allerdings kaum möglich. Ungefähr 20 % des Schnittholzes werden nicht technisch getrocknet und finden vornehmlich im Verpackungsbereich Verwendung. Der weitaus größte Teil des Schnittholzes (ca. 80 %) wird allerdings technisch getrocknet; nicht zuletzt um z.B. die Maßhaltigkeit des eingeschnittenen Holzes zu gewährleisten oder ein Verblauen von Nadelschnittholz (vornehmlich Kiefersplintholz) zu vermeiden. Gehobeltes Schnittholz wiederum findet hauptsächlich in Bereichen Verwendung, in denen die Oberfläche des Schnittholzes sichtbar ist, wie z.B. bei Wandverkleidungen oder Holzfußböden im Innenausbau.

**Tabelle 2-1: Verwendungssektoren für Nadelschnittholz aus heimischer Produktion**

<b>Verwendungsbereiche</b>	<b>Verbrauch in Mio. m<sup>3</sup></b>	<b>Anteil in %</b>
Baubereich	12,225	70,3
Möbelindustrie	0,706	4,1
Verpackungsindustrie	3,364	19,3
Sonstige	1,101	6,3
	<b>17,396</b>	<b>100,0</b>

**Tabelle 2-2: Verwendungssektoren für Laubschnittholz aus heimischer Produktion**

<b>Verwendungsbereiche</b>	<b>Verbrauch in Mio. m<sup>3</sup></b>	<b>Anteil in %</b>
Baubereich	0,976	42,4
Möbelindustrie	1,148	49,9
Verpackungsindustrie	0,120	5,2
Sonstige	0,058	2,5
	<b>2,303</b>	<b>100,0</b>

Bei der Herstellung sowohl von Nadel- wie auch Laubschnittholz fallen in Abhängigkeit von der verwendeten Einschnitttechnologie Sägenebenprodukte in Form von Schwarten, Holzschnitzeln und Sägespänen an, die u. a. auch als Rohstoff in der Spanplattenindustrie eingesetzt werden. War in den 70er Jahren Durchforstungsholz (Industrieholz) die wichtigste Rohstoffquelle, so sind heute die Industrieresthölzer als Hackschnitzel, Säge-, Hobel- und Frässpäne sowie Schwarten und Kappstücke mit knapp 80 % die größte Rohstoffquelle bei der Spanplattenproduktion (Hasch, 2002). Die Rohstoffzusammensetzung ist ebenso wie das verwendete Leimsystem abhängig von dem angedachten Verwendungsbereich (trocken - feucht, tragend - nicht tragend, etc.) bzw. den technischen Eigenschaften, die die verschiedenen Spanplatten erfüllen sollen (P1 – P7). Die bei der Herstellung von Spanplatten entstehenden hölzernen Produktionsreste (Schleifstaub, Sägespäne, Spanplattenreste, etc.) werden zum überwiegenden Teil zur Gewinnung der für den Produktionsprozess notwendigen thermischen Energie verwendet.

Bzgl. der Verwendung von Holzwerkstoffen bzw. Spanplatten liegt kaum gesichertes Datenmaterial vor. Aufgrund von Expertenschätzungen lässt sich aber wohl sagen, dass ungefähr  $\frac{3}{4}$  aller Spanplatten in Deutschland in der Möbelindustrie verwendet werden. Die übrige Menge geht vornehmlich in den Baubereich und findet dort im Innenausbau Verwendung. (Tabelle 2-3) (Mantau, 2005)

**Tabelle 2-3: Schätzung der Verwendung von Spanplatten nach Bereichen**

<b>Verwendungsbereiche</b>	<b>Verbrauch in Mio. m<sup>3</sup></b>	<b>Anteil in %</b>
Baubereich	1,615	19,5
Möbelindustrie	6,439	77,6
Verpackungsindustrie	0,116	1,4
Sonstige	0,124	1,5
	<b>8,295</b>	<b>100,0</b>

Auch bei der Weiterverarbeitung der Halbwaren Schnittholz bzw. Spanplatte fallen in den Verwendungsbereichen der Bauindustrie, sowie der Möbel- und Verpackungsindustrie noch einmal Restholzmengen an (s. Tabelle 2-4) (nach Mantau, 2005), bevor das Holz seine endgültige Bestimmung in den fertigen Produkten und Verwendungsbereichen (z.B. im Dachstuhl) erhält. Der größte Teil dessen wird einer thermischen Verwertung zugeführt.

**Tabelle 2-4: Restmengen aus der Bau-, Möbel- und Verpackungsindustrie und ihre ermittelten Anteile nach Weiterverwendungsbereichen**

	<b>Gesamtvolumen in Mio. m<sup>3</sup></b>	<b>Entsorgung in %</b>	<b>Eigenverwen- dung in %</b>	<b>Absatz in %</b>
Nadelschnittholz	1,862	26,5	8,9	64,6
Laubschnittholz	0,331	38,6	4,1	57,3
Spanplatten	1,380	43,2	2,2	54,6

Für das Jahr 2002 weist eine Studie von Mantau und Bilitewski (2005) ein Aufkommen von 11,2 Mio. t Altholz aus den verschiedensten Bereichen der Wirtschaft aus, welches gemäß ihrer Herkunftsbereiche unterschiedlichen Abfallschlüsseln (Abfallverzeichnisordnung) zugeordnet werden kann. Teilweise wird dieses Holz separat erfasst, größtenteils jedoch als Bestandteil von Abfallgemischen ohne Sortierung einer Beseitigung (Deponie) bzw. thermischen Verwertung zugeführt. Die für eine Verwertung erfasste Altholzmenge beläuft sich für das Jahr 2003 auf 6,5 Mio. t (s. Tabelle 2-5 und 2-6) (Weimar, 2005), welche in Abhängigkeit von der Qualität des Altholzes sowohl stofflich als auch thermisch genutzt wird.

Im Folgenden sind die in der Altholzverordnung beschriebenen Kategorien aufgelistet (AltholzV, 2002):

#### Altholzkategorie A I

Naturbelassenes oder lediglich mechanisch bearbeitetes Altholz, das bei seiner Verwendung nicht mehr als unerheblich mit holzfremden Stoffen verunreinigt wurde.

#### Altholzkategorie A II

Verleimtes, gestrichenes, beschichtetes, lackiertes oder anderweitig behandeltes Altholz ohne halogenorganische Verbindungen in der Beschichtung und ohne Holzschutzmittel.

Altholzkategorie A III

Altholz mit halogenorganischen Verbindungen in der Beschichtung ohne Holzschutzmittel.

Altholzkategorie A IV

Mit Holzschutzmitteln behandeltes Altholz, wie Bahnschwellen, Leitungsmasten, Hopfenstangen, Rebpfähle, sowie sonstiges Altholz, das aufgrund seiner Schadstoffbelastung nicht den Altholzkategorien A I, A II oder A III zugeordnet werden kann, ausgenommen PCB-Altholz.

PCB-Altholz

Altholz, das PCB im Sinne der PCB/PCT-Abfallverordnung ist und nach deren Vorschriften zu entsorgen ist, insbesondere Dämm- und Schallschutzplatten, die mit Mitteln behandelt wurden, die polychlorierte Biphenyle enthalten.

**Tabelle 2-5: Herkunft des erfassten Altholzes**

<b>Herkunft</b>	<b>Altholz in Mio. t</b>	<b>in %</b>
Handelsgewerbe (Verpackung)	1,369	21,0
Bauabfälle	1,742	26,7
Holzverarbeitendes Gewerbe	0,912	14,0
Siedlungsabfälle	1,353	20,7
Import	0,632	9,7
Sonstiges	0,523	8,0
Summe	6,531	100,0

**Tabelle 2-6: Anfallende Altholzmengen nach Kategorien**

<b>Herkunft</b>	<b>Altholz in Mio. t</b>	<b>in %</b>
A I	1,112	17,0
A II	2,265	34,7
A III	2,050	31,4
A IV	1,094	16,7
PCB-Altholz	0,010	0,1
Summe	6,531	100,0

## 2.4 Systemgrenzen

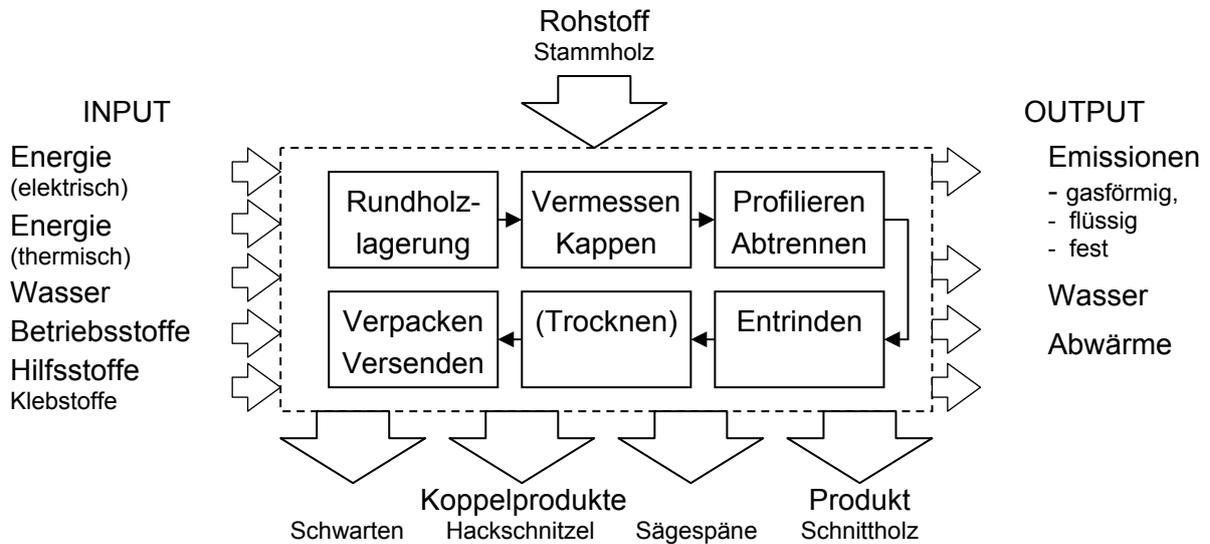


Abbildung 2-7: Der Bilanzraum des Moduls Schnittholzherstellung

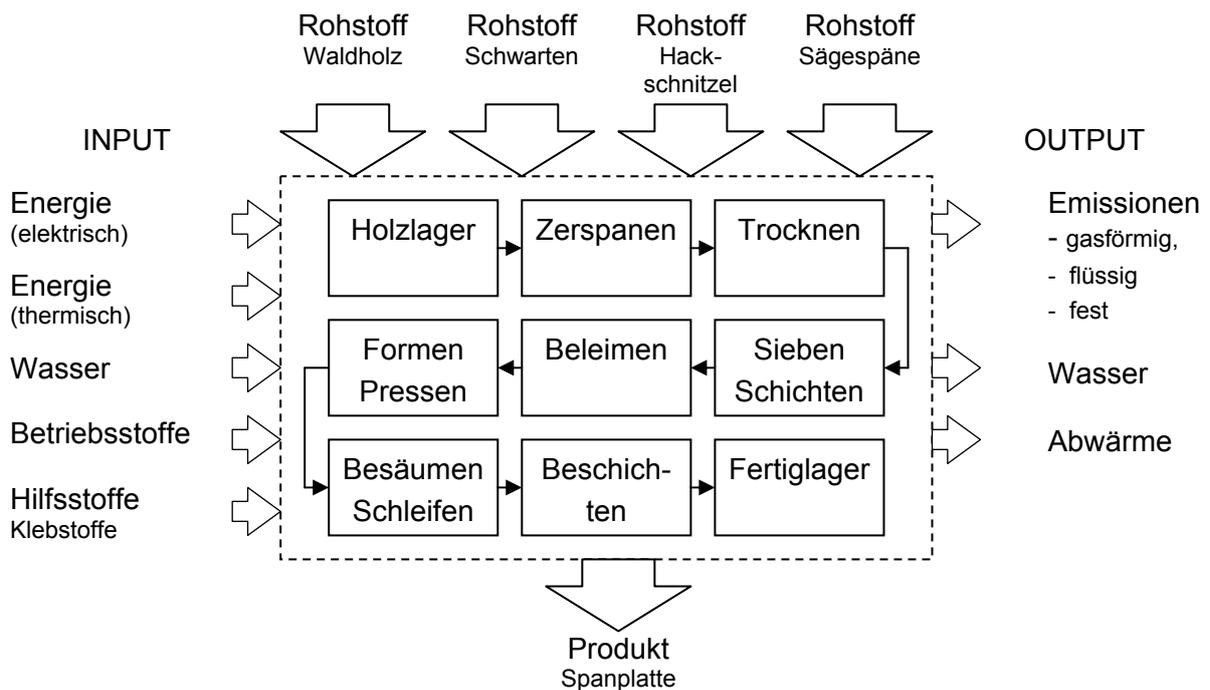


Abbildung 2-8: Der Bilanzraum des Moduls Spanplattenherstellung

### Schnittholz

Für die Ökobilanzierung wurden Sägewerksbetriebe in Submodule eingeteilt, die einzelne Produktionsprozesse wie das Entrinden, oder größere Einheiten wie den Rundholzplatz beinhalten, so dass alle relevanten Input- und Outputgrößen erfasst werden konnten. Somit umfasst das Modul Schnittholz die stofflichen und energetischen Aufwendungen, die zur Herstellung der Haupt- und Nebenprodukte notwendig sind. Der Bilanzraum des Ökobilanzmoduls wurde mit dem Werksgelände gleichgesetzt und als zeitliche Abgrenzung wurde ein Wirtschaftsjahr gewählt.

## Spanplatte

In die für die Ökobilanzierung notwendige Sachbilanz wurden neben dem Bilanzraum der Spanplattenherstellung auch die für die Herstellung notwendigen Module der forstlichen Produktion, des Sägewerks und der Alt- bzw. Gebrauchtholzbereitstellung aggregiert. Die nachfolgende Beschreibung des Bilanzraumes wurde der Dissertation von (Hasch, 2002) entnommen:

- **Forstliche Produktion von Industrieholz**

Die ökologische Betrachtung berücksichtigt die forstliche Produktion des Holzes inklusive der Aufwendungen für die Ernte und Transport bis zur Waldstraße (LKW-zugängliche Strasse). Die Datensätze beziehen sich auf einen durchschnittlichen deutschen Wald und sind nach den Holzarten Fichte und Kiefer getrennt.
- **Industrieholz**

Die Industrieresthölzer Hackschnitzel, Späne etc. sind Koppelprodukte der Säge und Hobelindustrie. Da der Anteil an Hobel- und Frässpänen am Rohstoffaufkommen der Spanplattenindustrie nachrangig ist, wird unterstellt, dass die Gesamtmenge an Industrieholzern von der Sägeindustrie bereitgestellt wird. Das Modul Sägeindustrie umfasst die stofflichen und energetischen Aufwendungen zur Erstellung der Haupt- und Nebenprodukte. Für einzelne Werte bzw. Bilanzen kann die Annahme, dass Resthölzer nur als Sägeresthölzer betrachtet werden, zu Abweichungen führen. Allerdings dürfte die geringere thermische Energie zur Trocknung von Hobelwerks- und ähnlichen (trockenen) Resthölzern im Spanplattenwerk die entsprechenden Aufwendungen in den Vorketten kompensieren.
- **Gebrauchtholz**

In der Spanplattenindustrie kommt entsprechend der RAL-Güteverordnung nur das unbelastete Holz, das in Feuerungsanlagen der 4. BImSchV Anh. 1.2 zur Prozesswärmegegewinnung verwendet werden darf, zum Einsatz.
- **Holzwerkstoffherstellung**

Das Ökobilanzmodell für Spanplatte umfasst die gesamte Plattenproduktion unter Berücksichtigung der stofflichen und energetischen Aufwendungen, beginnend mit der Anlieferung der Rohstoffe auf dem Holzplatz über die einzelnen Submodule der Herstellung bis zum Plattenfertiglager. Auch die Emissionen in Boden, Luft und Wasser wurden berücksichtigt, soweit sie anhand der Emissionserklärungen erfassbar waren.
- **Nebenketten**

Hier handelt es sich um die stofflichen und energetischen Aufwendungen für die Erzeugung von Harzen, Hydrophobierungsmitteln und Schmiermitteln (Fette/Öle) „frei Werk“.
- **Transport**

Es werden der Transport von Industrieholz von der Waldstrasse zum Plattenwerk und der Transport von Industrierestholz vom Sägewerk zum Plattenwerk berücksichtigt. Abb. 3.4.3 illustriert den in der Ökobilanz für Spanplatte berücksichtigten Bilanzraum.

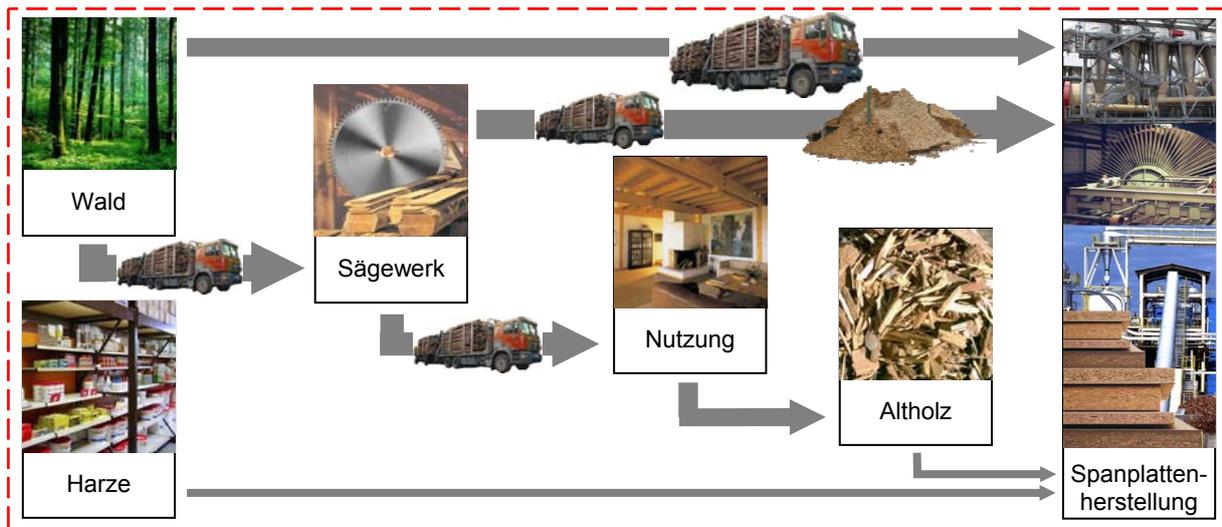


Abbildung 2-9: Bilanzraum der Ökobilanz Spanplatte

## 2.5 Abschneidekriterien

Sowohl für die Schnittholzproduktion, als auch für alle Spanplattenmodule wurden nicht in den Bilanzraum einbezogen: die für den Herstellungsprozess verwendete Infrastruktur, wie Maschinen, Anlagen und Fahrzeuge, sowie Straßen, außergewöhnliche Aufwendungen (Unfälle und Reparaturen), Aufwendungen für die Verwaltung und der Transport der Arbeitskräfte zur Arbeitsstätte.

### Schnittholz

Während des Projektes „Ökologische Bilanzierung von Bauschnittholz und veredelten Vollholzprodukten“ (Frühwald, 2000), auf dessen Ergebnisse die Modellierung des Sägewerkes in der Ökobilanzsoftware basiert, gelang es, eine Bilanzierung aller zur Schnittholzherstellung gehörigen Stoff- und Energieströme zu ermöglichen. Ein Abschneidekriterium war aber, neben den oben aufgelisteten Prozessen bzw. der Infrastruktur, der Bereich der Imprägnierung von Schnittholz für den Baubereich mit möglichen Holzschutzmitteln, da mit dem Ökobilanzmodul generell nur die die Schnittholzerzeugung abgebildet werden soll. Außerdem war es nicht möglich genauere Daten über die Herstellung und Zusammensetzung von Holzschutzmitteln zu ermitteln, deren Auswirkungen auf die Umwelt nicht genau bekannt sind.

### Spanplatte

Im Rahmen der Dissertation von Hasch (2002) gelang es, die Stoff- und Energieströme die bei der Herstellung von Spanplatten anfallen detailliert zu erfassen und zu bilanzieren. Allerdings konnten einzelne Stoffströme nicht bis auf Elementarströme zurückverfolgt werden. Dabei handelt es sich ausschließlich um Hilfs- und Betriebsstoffe, die als Kombinationsmaterialien vorkommen. Bei diesen Stoffen war eine Identifizierung der Einzelkomponenten nicht möglich. Der kumulierte Massenanteil dieser Stoffe liegt unter 1 %. Die Materialien wurden in der Sachbilanz mit aufgeführt, es erfolgte aber keine Zuordnung zu Wirkungsparametern.

Für beide Ökobilanzmodule lässt sich zusammenfassen, dass alle Stoffflüsse, die größer als 1 % der gesamten Masse darstellen und zu mehr als 1 % des Primärenergieverbrauchs beitragen, berücksichtigt wurden. (s. auch Anhang)

## 2.6 Datenqualität

### Schnittholz

Die in dem Modell hinterlegten Daten für Schnittholz und die Nebenprodukte Schwarten, Sägespäne und Holzhackschnitzel wurden im Wesentlichen im Rahmen des aus Mitteln des Holzabsatzfonds geförderten Projektes „Ökologische Bilanzierung von Bauschnittholz und veredelten Vollholzprodukten“ (FKZ G-99/11) (Frühwald, 2000) im Jahr 1999 mit Hilfe von Fragebögen ermittelt.

Da es sich für die Erhebung von Ökobilanzdaten um einen sehr aufwendigen Fragebogen handelte, wurde auf eine Vollerhebung verzichtet. Um dennoch einen möglichst repräsentativen Querschnitt an Sägewerken hinsichtlich a) der verschiedenen Einschnittstechnologien und b) Deutschland zu erhalten, wurde eine Vorauswahl unter möglichen Kandidaten getroffen. Insgesamt beteiligten sich 18 Sägewerke an der Befragung. Gemessen an der in diesem Zeitraum existierenden Anzahl Schnittholz produzierender Betriebe (4.129 Betriebe nach Lückge und Weber (1997)) entspricht die befragte Menge weniger als 1 %. Hierbei muss man jedoch berücksichtigen, dass sich darunter auch Laubholzsägewerke, die eine relativ kleine Produktionskapazität besitzen, sowie Kleinstbetriebe befanden. Für Deutschland wesentlich repräsentativer wird das Ergebnis, wenn nur die Nadel schnittholzproduktion betrachtet wird. Diese befragten Sägewerke hatten einen Jahresoutput von 1,65 Mio. m<sup>3</sup>, was bei der gesamten Herstellung von Nadel schnittholz im Jahr 1995 in Höhe von 11,2 Mio. m<sup>3</sup> knapp 15 % der deutschen Jahresproduktion entspricht.

In folgender Tabelle ist die Verteilung der Fragebögen hinsichtlich der verwendeten Einschnittstechnologie der befragten Sägewerke dargestellt.

**Tabelle 2-7: Einschnittstechnologie nach befragten Betrieben**

<u>Einschnittstechnologie</u>	<u>Anzahl der Betriebe</u>
Profilerspanner	10
Gattersäge	5
Bandsäge	3

### Spanplatte

Die verwendeten Basisdaten für die verwendeten Module der Spanplattenökobilanz wurden im Wesentlichen im Rahmen der Arbeit von Hasch (2002) erhoben. Die Datenerhebung erfolgte hier über Befragungen und Stichprobenmessungen im Jahr 1999. Insgesamt wurden in der Studie Prozessdaten von sieben unterschiedlichen Spanplattenherstellern berücksichtigt, welche zusammen eine Produktionskapazität von 1,762 Mio. m<sup>3</sup> hatten. Damit sind etwa 20 % der gesamten Spanplattenherstellung in Deutschland repräsentiert. Die betriebspezifischen Basisdaten für die Klebstoffe UF, MUF und PF (s. Tabelle 2-11) wurden von einem der größten Klebstoffhersteller Europas zur Verfügung gestellt und im Rahmen der Überarbeitung der Modellierung in der Ökobilanzsoftware noch einmal mit Daten aus der GaBi 4.2

Datenbank abgeglichen. Die Datenqualität hierfür kann als sehr hoch eingeschätzt werden. Für PMDI standen verallgemeinerte Datensätze mit einem sehr hohen Vertrauensbereich zur Verfügung. Alle erhobenen Daten wurden von Hasch (2002) einer Plausibilitätsprüfung unterzogen und im Rahmen der Überarbeitung des Ökobilanzmoduls noch einmal geprüft und ggf. aktualisiert.

**Tabelle 2-8: Datengrundlage für die Erstellung der Module der Ökobilanzen**

Rohstoff Holz		Datenbasis
Forstliche Produktion	Verallgemeinerte Daten	Schweinle und Thoroë, 1996
Sägewerk	Verallgemeinerte Daten	Hasch, 2002 / BFH 2006
Schnittholz	Verallgemeinerte Daten	Frühwald, et al, 2000 / BFH 2006
Sägerestholz	Verallgemeinerte Daten	Frühwald, et al, 2000 / BFH 2006
Altholz (1. Generation)	Verallgemeinerte Daten	Hasch, 2002
Hilfsstoffe		
UF/PF/MUPF-Harz	Spezifische Daten	BASF 1998 / LBP Stuttgart 2006*
PMDI	Verallgemeinerte Daten	ISOPA 1997 / LBP Stuttgart 2006
Härter	Spezifische Daten	BASF 1998
Technischer Harnstoff	Verallgemeinerte Daten	LBP Stuttgart 2006
Hexamethylentetramin	Verallgemeinerte Daten	LBP Stuttgart 2006
Hydrophobierungsmittel	Spezifische Daten	Hasch, 2002
Betriebsstoffe		
Schleifbänder	Spezifische Daten	Hasch, 2002
Schmieröle / Fette	Spezifische Daten	Hasch, 2002
Blasstahl	Verallgemeinerte Daten	LBP Stuttgart 2006
Werkzeugstahl	Verallgemeinerte Daten	LBP Stuttgart 2006
Polyethylen	Verallgemeinerte Daten	LBP Stuttgart 2006
Papier / Pappe	Verallgemeinerte Daten	LBP Stuttgart 2006
Energieversorgung		
Elektrischer Strom	Verallgemeinerte Daten	LBP Stuttgart 2006
Feuerung Gas, Heizöl, Kohle	Verallgemeinerte Daten	LBP Stuttgart 2006
Feuerung Holz	Verallgemeinerte Daten	LBP Stuttgart 2006
LKW-Transport	Verallgemeinerte Daten	LBP Stuttgart 2006
Diesel Vorkette	Verallgemeinerte Daten	LBP Stuttgart 2006
Gabelstapler	Verallgemeinerte Daten	LBP Stuttgart 2006
Baumaschinen	Verallgemeinerte Daten	LBP Stuttgart 2006
Spanplattenherstellung	Verallgemeinerte Daten	Hasch, 2002

\* Datenbank der Software GaBi 4.2

Verallgemeinerte Daten stammen aus Ökobilanzdatenbanken, wie sie in Tabelle 2-8 aufgelistet sind. Sie spiegeln den derzeitigen Stand von Systemen wider und sind allgemein anerkannt. Soweit wie möglich wurden sie aktualisiert. Dies gilt insbesondere für die gesamten Vorketten, wie elektrische und thermische Energiebereitstellung, die der GaBi 4.2 Datenbank

entstammen. In der Regel zeichnen sich diese Datensätze durch eine ausreichende repräsentative Grundgesamtheit über das jeweilige System aus. Die spezifischen Daten wurden teilweise auf Basis einer geringen Grundgesamtheit erstellt, falls nur eine sehr begrenzte Anzahl von Produktionsanlagen zur Datenerfassung zur Verfügung stand. Diese Datensätze wurden jedoch einer ausreichenden Dokumentation und Plausibilitätsprüfung unterzogen.

## 2.7 Allokationen

### Schnittholz

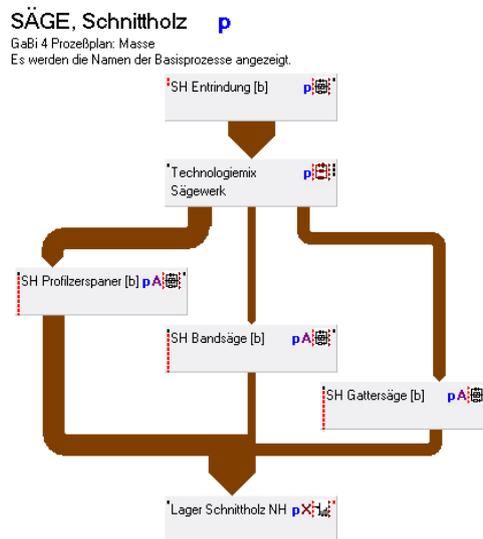
Die Aufteilung und Zuordnung der umweltlichen Lasten bei der Schnittholzherstellung zwischen dem Hauptprodukt (Schnittholz) und den Koppelprodukten (Hackschnitzel, Sägespäne und Schwarten) wurde in der Berechnung sowohl auf Basis der Masse, als auch auf Basis des Preises vorgenommen. Der Vorteil der Allokation nach der Masse ist in der klaren und eindeutigen Zuordnung der Lasten auf die Produkte zu sehen, da die Massenverhältnisse dauerhaft unverändert bleiben (Frühwald, et al., 2002). Die methodischen Grundlagen für ökobilanz-basierte Umweltindikatoren im Bauwesen empfehlen jedoch bei der Herstellung von Koppelprodukten die Allokation nach Preis (PE International, 2007). Die Allokation des Aufwandes und der Umwelteinträge der Schnittholzherstellung richtet sich somit nach dem ökonomischen Wert der Produkte. Die Preise sowie das Verhältnis der Preise der unterschiedlichen Produkte der Schnittholzindustrie unterliegen allerdings starken, z.T. kurzfristigen Schwankungen, was zu einer ständigen Veränderung des ökologischen Rucksackes führt. So lag z.B. der Durchschnittspreis für Hackschnitzel (1 t atro) im März 2006 bei 52,61 € und kletterte dann kontinuierlich auf 88,84 € im November des gleichen Jahres, während der Preis von Nadelschnittholz in der gleichen Zeitspanne nur um 18 % zunahm. Um dennoch repräsentative Durchschnitte der Preise zu erhalten, wurde für Nadelschnittholz eine Gewichtung anhand der in der Produktionsstatistik des Statistischen Bundesamtes (Fachserie 4 Reihe 3.1) gemeldeten Mengen (in t und m<sup>3</sup>) und Werte (in €) für die relevanten Meldenummern (2010 10 320, 2010 10 340, 2010 10 350 und 2010 10 370) durchgeführt.

**Tabelle 2-9: Durchschnittspreise für die Allokation der Umweltlasten nach Preis**

<b>Produkt</b>	<b>Nadelholzpreis (€/m<sup>3</sup> atro)</b>	<b>Laubholzpreis (€/m<sup>3</sup> atro)</b>
Schnittholz	157,83	257,75
Hackschnitzel	27,54	27,54
Sägespäne	21,58	21,58
Swarten	8,91	8,91
Rinde	0,00	0,00

Für Laubschnittholz wurde in Rücksprache mit dem Verband der Deutschen Säge- und Holzindustrie e.V. (VDS, 2007) nur der für die Meldenummer 2010 10 507 errechnete Preis verwendet, da die anderen für Laubholz relevanten Meldenummern auch gehobelte und keilverzinkte Ware enthalten, welche einen ungleich höheren Wert pro m<sup>3</sup> aufweisen. Die Durchschnittspreise für die Nebenprodukte wurden anhand der vom Europäischen Wirtschaftsdienst (EUWID) regelmäßig veröffentlichten Preisspiegel für Sägerestholz (Hackschnitzel und Sägespäne) für das Jahr 2006 berechnet und mit Hilfe von Umrechnungsfaktoren

(Schreiber, 1988) angepasst. Da Sägeresthölzer nicht getrennt in Laub- und Nadelholz erfasst werden, wurden hier einheitliche Preise verwendet. Die Rinde wurde aufgrund der fehlenden Datengrundlage und den im Verhältnis geringen Preisen für das Nebenprodukt nicht berücksichtigt. Die ermittelten Preise wurden anhand von Umrechnungsfaktoren für Laub- und Nadelschnittholz berechnet und sind in Tabelle 2-9 dargestellt.



**Abbildung 2-10: Modellierung der Einschnittechnologie im Modul Sägewerk**

Um darüber hinaus mit dem Ökobilanzierungsmodell die Umweltdaten sowohl für Nadel- als auch Laubschnittholzproduktion bzw. unterschiedliche Holzarten berechnen zu können, wurde der Einschnitttechnologiemix in der Modellierung, wie in Abbildung 2-10 abgebildet, parametrisiert. Das Verhältnis der im Rahmen der Produktion von Nadelschnittholz verwendeten Technologien wurde in der Bauschnittholzstudie mit 33 : 14 : 53 (Gatter, Band und Spanner) angegeben und so übernommen. Für Laubschnittholz wurde die Band- und Gattersägetechnologie im Verhältnis 75 : 25 hinterlegt.

**Tabelle 2-10: Verwendeter Anteil der Einschnittechnologie [in %]**

Holzarten	Spaner	Gatter	Bandsäge
Fichte	53	33	14
Kiefer	53	33	14
Buche	0	25 *)	75
Eiche	0	25 *)	75

\*) beinhaltet Kreissägetechnologie

Spanplatte

Die umweltlichen Aufwendungen der für die Herstellung von Spanplatten benötigten Rohstoffe Hackschnitzel, Sägespäne und Schwarten, sowie Kiefern- und Fichtenindustrieholz wurden entlang der Prozesskette nach dem Preis alloziert. Die ursprünglich nach Platten für den Trocken- und Feuchtbereich (V20 und V100) unterteilten Spanplatten werden mittlerweile in die Klassen P1 bis P7 eingeteilt und unterscheiden sich in der Zusammensetzung der Leimflotte. Während für Spanplatten für den Trockenbereich (V20 bzw. P1-P3) aus Kostengrün-

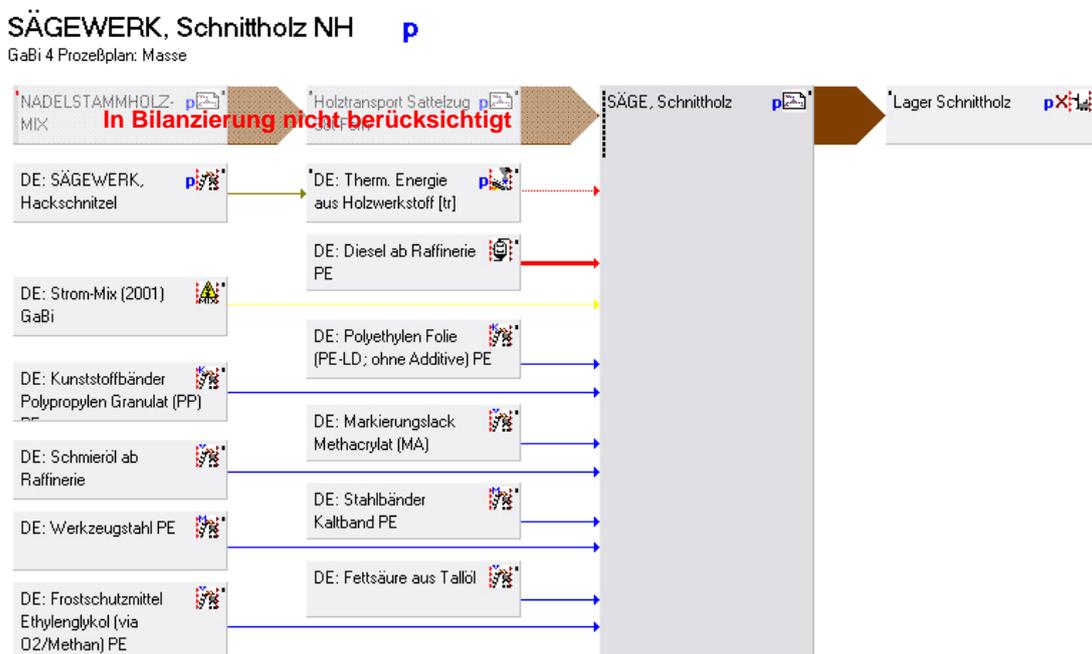
den ausschließlich Harnstoffharze und leicht mit Melaminharz verstärkte Klebstoffe zum Einsatz kommen (UF und mUF), werden für die im Rahmen dieses Projektes modellierten Platten P5 und P7 vorwiegend Mischharze, wie MUPF, PF-Harze und PMDI in jeweils unterschiedlicher Konzentration verwendet.

**Tabelle 2-11: Zusammensetzung der Leimflotte für Spanplatte P5 und P7 [in %]**

Leimflotte	P5	P7
Melamin-Harnstoff-Formaldehydharz (MUF)	53	0
Phenol-Formaldehydharz (PF)	42	50
Polymethylen-diisocyanat (PMDI)	5	50

### 2.8 Prozessdaten

Die Zuordnung der Prozessdaten zu den in der GaBi Datenbank hinterlegten Prozessen erfolgte in enger Zusammenarbeit mit der Universität Stuttgart, wobei auf die Modelle, die im Rahmen der Arbeit Ökologische Betrachtung von Holzspan- und Holzfaserverplatten (Hasch, 2002) entstanden, aufgebaut werden konnte. Im Wesentlichen wurden die Vorkettenmodule erneuert und Stoffströme, wie der Holzfeuchtegehalt, parametrisiert. Des Weiteren wurden die Massen- und Energiebilanzen mit Hilfe der Software gegen gerechnet und die Eingangsdaten mit der zuständigen Arbeitsgruppe des Instituts für Bauphysik auf ihre Plausibilität hin überprüft. In den nachfolgenden Abbildungen sind die entstandenen Modelle für die Schnittholz- und die Spanplattenherstellung dargestellt.



**Abbildung 2-11: Modell der Prozesse der Herstellung von Nadelschnittholz**

Nach dem Einschnitt des Holzes ist die Holzfeuchte für eine Verwendung zu hoch, so dass das Schnittholz oftmals technisch getrocknet wird. Das Modell für die technische Trocknung ist so parametrisiert, dass sowohl die Holzfeuchte nach dem Einschnitt, als auch die gewünschte Endfeuchte nach dem technischen Trocknungsprozess eingestellt werden können. Der Prozess der Schnittholztrocknung wurde mit Hilfe von Angaben aus der Literatur (Früh-

wald, et al., 2000) und nach Rücksprache mit Spezialisten des Instituts für Holzphysik der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft modelliert. Für die Berechnung wird in dem Modell von einem theoretischen Wärmebedarf von 2,25 MJ ausgegangen, die notwendig sind um einen Liter Wasser zu verdampfen. Auch der Wirkungsgrad der Trocknertechnologie ist in dem Modell frei wählbarer und wurde, neben dem veränderbaren Mix von 80 % Holz und 20 % Heizöl für die Gewinnung thermischer Energie, mit  $\eta=0,42$  festgelegt.

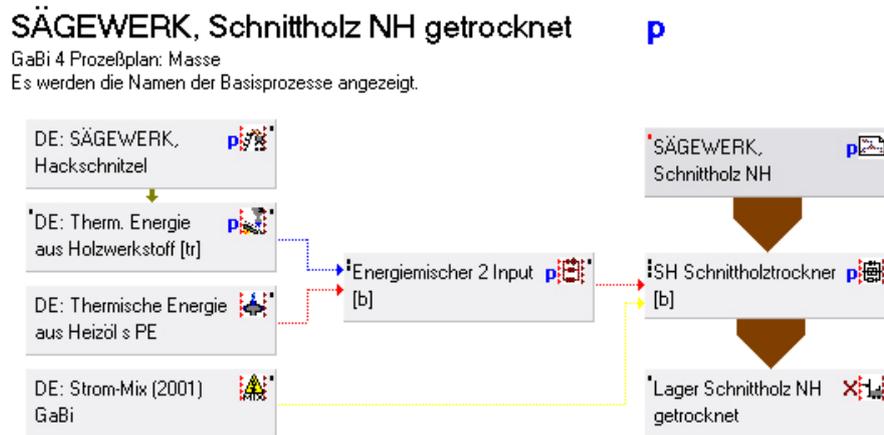


Abbildung 2-12: Modellierung des Trocknungsprozesses

**SPANPLATTE V100 MUF (8,5% Feuchte)**

GaBi 4 Prozeßplan: Masse

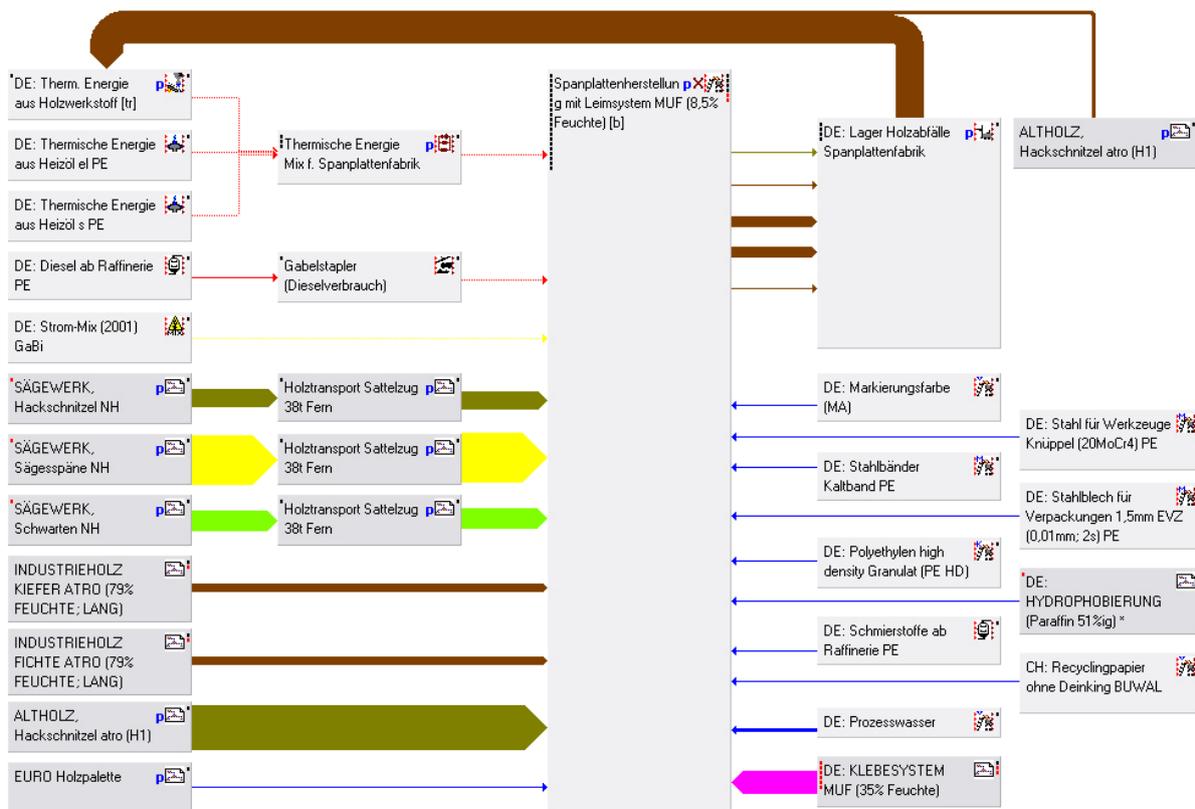


Abbildung 2-13: Modellierung der Prozesse der Spanplattenherstellung

## 2.9 Sachbilanz

**Tabelle 2-12: Sach- und Energiebilanz für Nadel schnittholz, aggregiert im Verhältnis 53:33:14 (Spaner, Gatter, Band)**

Input kg/t atro Schnittholz ungehobelt			Output kg/t atro Schnittholz ungehobelt		
Bezeichnung	Spezifikation	Menge	Bezeichnung	Spezifikation	Menge
<b>Rohstoffe</b>	Nadelholz	1.897,785	<b>Produkte</b>	Schnittholz NH	1.000,000
u = 80 %	Holzfeuchte	1518,228	u = 63 %	Holzfeuchte	630,000
<b>Hilfs- und Betriebsstoffe</b>	Öle	0,368	<b>Nebenprodukte</b>	Hackschnitzel	415,718
	Fette	0,034		Späne	194,349
	ÖlfILTER	0,002		Schwarten/SpreißeL	81,137
	Frostschutz	0,004		Kappstücke	
	Farben	0,006		Rinde	205,390
				Feuchte	541,432
	Stadtwasser	23,941	<b>Verpackung</b>	Bandeisen	0,503
	Brunnenwasser	99,596		Kunststoffband	0,018
	Verpackungsfolie	0,105		Folie	0,090
	Stahlbänder	0,552		Stapelholz atro	1,191
	Kunststoffbänder	0,021		Holzfeuchte	0,750
	Sägeblätter, Stellite	0,130	<b>Emissionen</b>	<i>fest</i>	
	Spanermesser, etc.			Metall	0,181
				Kunststoff	0,018
				<i>flüssig</i>	
				Abwasser	123,537
				Altöl	0,268
				<i>gasförmig</i>	
				Holzfeuchte	346,046
				<i>nicht verfolgbar</i>	
				Öl	0,100
				Fette	0,034
				Frostfarben	0,004
				Farben	0,006
<b>Summe kg Input</b>		<b>3540,772</b>	<b>Summe kg Output</b>		<b>3540,772</b>
<b>Energieinput für Schnittholz</b>					
<b>Primärenergie (fossil)</b>					
	Elektrische Energie [MJ (äqu.)]	623,68			
	Diesel [MJ]	83,71			
<b>Primärenergie (regenerativ)</b>					
	Holzfeuerung [MJ]	9,44			

Tabelle 2-13: Sach- und Energiebilanz der technischen Trocknung von Schnittholz

Input kg/t atro Schnittholz ungehobelt			Output kg/t atro Schnittholz ungehobelt		
Bezeichnung	Spezifikation	Menge	Bezeichnung	Spezifikation	Menge
<b>Produkt</b>	NH Schnittholz unge- trocknet.	1.000,0	<b>Produkte</b>	Schnittholz NH ge- trocknet	1.000,0
u = 63 %	Holzfeuchte	630,0	u = 15 %	Holzfeuchte	150,0
			<b>Emissionen</b>	<i>gasförmig</i> Holzfeuchte	480,0
<b>Summe kg Input</b>		<b>3.540,8</b>	<b>Summe kg Output</b>		<b>3.540,8</b>
<b>Energieinput für die Trocknung</b>					
<i>Primärenergie (fossil)</i>					
	Elektrische Energie [MJ]	760,98			
	Heizöl [MJ]	355,12			
<i>Primärenergie (regenerativ)</i>					
	Holzfeuerung [MJ]	1.420,50			

Tabelle 2-14: Gesamtsach- und Energiebilanz für Hobelware NH

Input kg/t atro Schnittholz ungehobelt			Output kg/t atro Schnittholz ungehobelt		
Bezeichnung	Spezifikation	Menge	Bezeichnung	Spezifikation	Menge
<b>Rohstoff</b>	NH Schnittholz	1.000,000	<b>Produkte</b>	Schnittholz NH ge- hobelt	900,000
u = 15 %	Holzfeuchte	150,000	u = 15 %	Holzfeuchte	135,000
<b>Betriebsstoffe</b>	Öle	0,161	<b>Nebenprodukte</b>	Hobelspäne	100,000
	Fette	0,007		Feuchte	480,0
				<i>nicht verfolgbar</i>	
				Öle	0,161
				Fette	0,007
<b>Summe kg Input</b>		<b>1.150,168</b>	<b>Summe kg Output</b>		<b>1.150,168</b>
<b>Energieinput für den Hobelprozess</b>					
<i>Primärenergie (fossil)</i>					
	Elektrische Energie [MJ (äqu.)]	672,7			
	Diesel [MJ]	790,0			
<i>Primärenergie (regenerativ)</i>					
	Holzfeuerung [MJ]	714,0			

Tabelle 2-15: Sach- und Energiebilanz für Spanplatten (mit UF, mUF)

Input kg/m <sup>3</sup> Spanplatte (V20)			Output kg/m <sup>3</sup> Spanplatte (V20)			
Bezeichnung	Spezifikation	Menge	Bezeichnung	Spezifikation	Menge	
<b>Rohstoffe</b>	Industrieholz	95,0	<b>Produkt</b>	Spanplatte	642,4	
	Schwarten u. Kappstücke	127,0		u = 63 %	Holzfeuchte	54,4
	Hackschnitzel	90,3		<b>Summe</b>		<b>696,9</b>
	Späne	236,9	<b>Nebenprodukte</b>	Schonplatten, Leisten	5,1	
	Spanplattenrecycling	6,4		Schleifstaub	68,9	
	Gebrauchtholz	87,8		Sonstiger Ausschuss	8,0	
	<b>Summe Holz</b>	<b>660,4</b>		<b>Summe</b>	<b>82,1</b>	
u = 63 %	<b>Holzfeuchte</b>	<b>415,8</b>		<b>Flüssige Emissionen</b>	Öffentl. Abwasser	36,0
<b>Leim- und Zusatzstoffe</b>	UF-Harz (Standard)	54,60	Oberflächenwasser		156,3	
	Formaldehydfänger	0,62	Altölentsorgung		0,027	
	Härter (Ammoniumnitrat)	0,42	Sonstige Fette/Öle		0,049	
	Hydrophobierungsmittel	2,50	Markierungsfarbe		0,0003	
	Emulgatoren	0,03	org. Lösemittel			
	Sonstige Stoffe	0,01	sonst. Markierungsfarbe		0,004	
	<b>Summe</b>	<b>58,2</b>	<b>Summe</b>	<b>192,5</b>		
<b>Flüssige Emissionen</b>	<i>Wasser aus:</i>		<b>Feste Emissionen</b>	Hausmüllähn. Gewerbeabfall	1,457	
	Bindemitteln	27,5		Stahlbänder	0,44	
	Parafinemulsion	1,67		Metalle (Magnetabscheider)	0,088	
	Sonst. Stoffen	0,47		Mischschrott (AzV)	0,51	
	Härter	1,71		<i>Verpackungsmaterial</i>		
	<i>Sonst. Prozesswasser</i>			Kunststoffe	0,23	
	Klimatisierungswasser	25,2		Papier, Karton	0,034	
	Stadtwasser	96,2		Holz-Paletten	0,11	
	sonst. Prod.-wasser	132,3		Metall	0,16	
	<i>Sonstiges</i>			Sonst. feste Emissionen	0,08	
	Markierungsfarbe org.	0,002		<b>Summe</b>	<b>3,0</b>	
	Lösungsmittel			<b>Luftgetragene Emissionen</b>	<i>Wasserdampf</i>	
	Sonst. Markierungsfarbe	0,011			Spänetrocknung	418,3
<b>Summe</b>	<b>285,1</b>	Plattenpresse	29,7			
<b>Betriebsstoffe</b>	<b>Öle, Fette, etc.</b>		<i>Summe Wasserdampf</i>		<b>448,0</b>	
	Thermo-/Wärmeöl	0,015	Formaldehyd		0,0	
	Hydrauliköl (Zerspaner)	0,028	<i>Holzstaub</i>			
	Sonst. Hydrauliköl	0,016	Lager u. Zerspanen		0,008	
	Motoren- und Getriebeöl	0,012	Spänetrocknung		0,050	
	Korrosionsschutzöl	0,0046	Formstrang		0,003	
	Sonst. Öle	0,0034	Schleifstrasse und Formatierung		0,017	
<i>Summe Öle</i>	<i>0,008</i>	<i>Summe Holzstaub</i>	<i>0,078</i>			
<i>Summe Fette</i>	<i>0,009</i>	<b>Summe</b>	<b>448,1</b>			
<i>Summe Schmierstoffe</i>	<i>0,088</i>					

Fortsetzung nächste Seite

Input kg/m <sup>3</sup> Spanplatte			Output kg/m <sup>3</sup> Spanplatte			
Bezeichnung	Spezifikation	Menge	Bezeichnung	Spezifikation	Menge	
<b>Betriebsstoffe</b>	<b>Metalle</b>					
	Zerspanerwerkzeug	0,041				
	Stahlbänder	0,44				
	Verpackungsstahl-	0,25				
	Bänder					
	Metallschutzkanten	0,009				
	Sonst. Metalle	0,37				
	<i>Summe Metalle</i>	<i>1,1</i>				
	<b>Sonstiges</b>					
	Kunststoffe	0,035				
	Papier/Karton	0,053				
	Holz/Paletten	1,624				
	Schleifbänder	0,028				
	Graphitgewebe / -gleit-	0,0005				
	bänder					
	Pressmatten/ -polster	0,002				
	<i>Summe Sonstiges</i>	<i>1,74</i>				
	<b>Summe</b>	<b>2,96</b>				
	<b>SUMME</b>	<b>INPUT</b>	<b>1423,00</b>	<b>SUMME</b>	<b>OUTPUT</b>	<b>1423,00</b>

**Tabelle 2-16: Energetische Aufwendungen für die Herstellung von Spanplatte (V20)**

**Energieinput für Spanplatte**

A) Thermisch	[MJ/m <sup>3</sup> ]
<b><i>Fossile Energieträger</i></b>	
Heizöl (leicht)	189
Heizöl (schwer)	95
Sonstiges	60
<b><i>Summe</i></b>	<b>344</b>
<b><i>Regenerative Energieträger</i></b>	
Rinde	37
Gebrauchtholz	303
Holz	159
<i>Holzreste aus:</i>	
Sieben und Sichten	189
Sieben und Sichten trocken	330
Schleifstaub	719
Produktionsreste	82
Rücklieferungen von Kunden	212
<b><i>Summe</i></b>	<b>2032</b>
<b>Summe</b>	<b>2376</b>
<b>B) Elektrisch</b>	
Stromeinsatz	1383
<b>C) Transport im Werk</b>	
Kraftstoffe	16
<b>SUMME A) + B) + C)</b>	<b>3774</b>

Tabelle 2-17: Sach- und Energiebilanz für Spanplatten (V100, mit MUF, PF und PMDI)

Input kg/m <sup>3</sup> Spanplatte			Output kg/m <sup>3</sup> Spanplatte			
Bezeichnung	Spezifikation	Menge	Bezeichnung	Spezifikation	Menge	
<b>Rohstoffe</b>	Industrieholz	86,8	<b>Produkt</b>	Spanplatte	636,4	
	Schwarten u. Kappstücke	92,1		u = 63 %	Holzfeuchte	54,1
	Hackschnitzel	79,4		<b>Summe</b>		<b>690,6</b>
	Späne	210,9	<b>Nebenprodukte</b>	Schonplatten, Leisten	0,5	
	Spanplattenrecycling	3,4		Schleifstaub	56,8	
	Gebrauchtholz	184,4		Sonstiger Ausschuss	46,8	
	<b>Summe Holz</b>	<b>665,4</b>	<b>Summe</b>		<b>103,7</b>	
u = 63 %	<b>Holzfeuchte</b>	<b>411,5</b>	<b>Flüssige Emissionen</b>	Öffentl. Abwasser	190,0	
<b>Leim- und Zusatzstoffe</b>	<b>Summe</b>	<b>65,0</b>		Oberflächenwasser	33,7	
				Altölentsorgung	0,03	
<b>Flüssige Emissionen</b>	<i>Wasser aus:</i>		Sonstige Fette/Öle	0,02		
	Bindemitteln	58,9	Markierungsfarbe org. Lösemittel	0,0004		
	Parafinemulsion	4,9	Markierungsfarbe	0,004		
	Sonst. Stoffe	0,2	<b>Summe</b>	<b>223,8</b>		
	<i>Sonst. Prozesswasser</i>		<b>Feste Emissionen</b>	Hausmüllähnl. Gewerbeabfall	1,46	
	Stadtwasser	174,6		Stahlbänder	0,45	
	sonst. Prod.-wasser	65,9		Metalle (Magnetabscheider)	0,01	
	<i>Sonstiges</i>		Mischschrott (AzV)	0,51		
	Markierungsfarbe org. Lösungsmittel	0,02	<i>Verpackungsmaterial</i>			
	Sonstiges	0,03	Kunststoffe	0,23		
<b>Summe</b>	<b>285,1</b>	Papier, Karton	0,034			
<b>Betriebsstoffe</b>	<b>Öle, Fette, etc.</b>		Holz-Paletten	0,12		
	Hydrauliköl (Zerspaner)	0,02	Metall	0,16		
	Motoren- und Getriebeöl	0,02	Sonst. Emissionen	0,08		
	Sonst. Hydrauliköl	0,003	<b>Summe</b>	<b>3,0</b>		
	Korrosionsschutzöl	0,003	<b>Luftgetragene Emissionen</b>	<i>Wasserdampf</i>		
	Sonst. Öle	0,007		Spänetrocknung	388,3	
	<i>Summe Öle</i>	<i>0,053</i>		Plattenpresse	40,1	
<i>Summe Fette</i>	<i>0,003</i>	<i>Summe Wasserdampf</i>	<i>428,4</i>			
<i>Summe Schmierstoffe</i>	<i>0,003</i>	<i>Holzstaub</i>				
<b>Betriebsstoffe</b>	<b>Metalle</b>		Lager u. Zerspanen	0,008		
	Zerspanerwerkzeug	0,041	Spänetrocknung	0,050		
	Stahlbänder	0,45	Formstrang	0,003		
	Verpackungsstahl-Bänder	0,25	Schleifstrasse und Formatierung	0,017		
	Metallschutzkanten	0,01	<i>Summe Holzstaub</i>	<i>0,08</i>		
	Sonst. Metalle	0,38	<b>Summe</b>	<b>428,5</b>		
	<i>Summe Metalle</i>	<i>1,1</i>				

Fortsetzung nächste Seite

Input kg/m <sup>3</sup> Spanplatte			Output kg/m <sup>3</sup> Spanplatte		
Bezeichnung	Spezifikation	Menge	Bezeichnung	Spezifikation	Menge
	<b>Sonstiges</b>				
	Kunststoffe	0,035			
	Papier/Karton	0,053			
	Holz/Paletten	1,624			
	Schleifbänder	0,029			
	Graphitgewebe / -gleitbänder	0,001			
	Pressmatten/ -polster	0,002			
	<i>Summe Sonstiges</i>	<i>1,74</i>			
	<b>Summe</b>	<b>2,94</b>			
<b>SUMME</b>	<b>INPUT</b>	<b>1423,0</b>	<b>SUMME</b>	<b>OUTPUT</b>	<b>1423,0</b>

Tabelle 2-18: Energetische Aufwendungen für die Herstellung von Spanplatte (V100)

**Energieinput für Spanplatte**

	[MJ/m <sup>3</sup> ]
<b>A) Thermisch</b>	
<i><b>Fossile Energieträger</b></i>	
Heizöl (leicht)	173
Heizöl (schwer)	46
<b>Summe</b>	<b>219</b>
<i><b>Regenerative Energieträger</b></i>	
Rinde	32
Gebrauchtholz	16
Holz	57
<i>Holzreste aus:</i>	
Sieben und Sichten	681
Sieben und Sichten trocken	211
Schleifstaub	908
Produktionsreste	69
Rücklieferungen von Kunden	177
<b>Summe</b>	<b>2151</b>
<b>Summe</b>	<b>2370</b>
<b>B) Elektrisch</b>	
Stromeinsatz	1553
<b>C) Transport im Werk</b>	
Kraftstoffe	16
<b>SUMME A) + B) + C)</b>	<b>3939</b>

## 2.10 Ergebnisse nach Wirkungskategorien und Plausibilitätsbetrachtungen

Die im Rahmen dieses Projektes durchgeführten Berechnungen für die einzelnen Wirkungspotentiale (dargestellt in Tabellen 2-19, 2-20 und 2-21) wurden mit den in der Software GaBi 4 hinterlegten Faktoren des Centrums für Milieukunde Leiden (CML) aus dem Jahr 2001 durchgeführt.

### Schnittholz

An dieser Stelle sei noch einmal darauf verwiesen, dass die Ergebnisse der Ökobilanzrechnungen für die Schnittholzerstellung und den Trocknungsprozess nicht die Vorketten der forstlichen Produktion und der Transporte berücksichtigen.

**Tabelle 2-19: Ergebnisse der Ökobilanz für die Herstellung von 1 m<sup>3</sup> Schnittholz nach Wirkungskategorien**

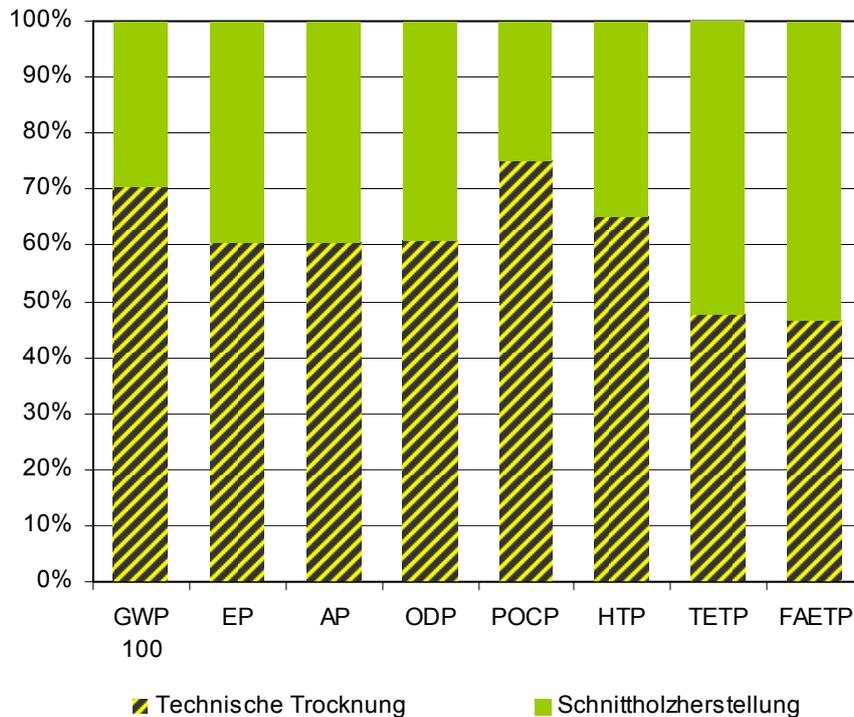
Herstellung von jeweils 1 m <sup>3</sup> : <i>Allokation nach:</i>	Nadelschnittholz		Laubschnittholz	
	<i>Masse</i>	<i>Preis</i>	<i>Masse</i>	<i>Preis</i>
Primärenergiebedarf aus reg. Ressourcen [in MJ]	22,69	44,47	27,94	73,56
Primärenergiebedarf aus Ressourcen [in MJ]	1.640,51	2.811,95	2.047,27	3.378,40
Treibhauspotential (GWP 100) [in kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	41,817	71,605	52,643	89,897
Eutrophierungspotential (EP) [in kg Phosphat-Äqv.]	0,012	0,021	0,017	0,029
Versauerungspotential (AP) [in kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	0,090	0,155	0,114	0,188
Ozonabbaupotential (ODP, katalytisches) [kg R11-Äqv.]	0,000006	0,000010	0,000007	0,000012
Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP) [kg Ethen-Äqv.]	0,011	0,019	0,014	0,023
Terrestrisches Ökotoxizitätspot. (TETP) [kg DCB-Äqv.]	0,071	0,122	0,089	0,147
Humantoxizitätspotential (HTP) [kg DCB-Äqv.]	1,872	3,206	2,346	3,871
Aquat. Frischwasser Ökotoxpot. (FAETP) [kg DCB-Äqv.]	0,148	0,254	0,186	0,306

Wie die Ergebnisse in den Tabellen 2-19 und 2-20 zeigen, verteilen sich die Umweltlasten bei der Schnittholzerstellung bei einer Allokation nach Preis stärker auf das Hauptprodukt, was der Forderung des Methodenbericht zum BMVBS-Projekt „Methodische Grundlagen für Ökobilanzbasierte Umweltindikatoren im Bauwesen“ (PE, 2007) nachkommt und die Intention des Produktionsprozesses berücksichtigt.

In dem in Abbildung 2-14 dargestellten Ergebnis wurde 1 m<sup>3</sup> Nadelschnittholz (490 kg atro) mit einer Eingangsfeuchte von 63 % auf 15 % heruntergetrocknet. Deutlich zu sehen sind hier die hohen Anteile des energieintensiven Trocknungsprozesses an den einzelnen Wirkungskategorien für getrocknetes Schnittholz.

**Tabelle 2-20: Ergebnisse der Ökobilanz für Koppelprodukte der Schnittholzproduktion**

Herstellung von jeweils 1 kg: <i>Allokation nach:</i>	Hackschnitzel NH		Sägespäne NH	
	<i>Masse</i>	<i>Preis</i>	<i>Masse</i>	<i>Preis</i>
Primärenergiebedarf aus reg. Ressourcen [in MJ]	4,63E-02	1,58E-02	4,64E-02	1,24E-02
Primärenergiebedarf aus Ressourcen [in MJ]	3,35E+00	1,00E+00	3,35E+00	7,84E-01
Treibhauspotential (GWP 100) [in kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	8,53E-02	2,55E-02	8,55E-02	2,00E-02
Eutrophierungspotential (EP) [in kg Phosphat-Äqv.]	2,53E-05	7,54E-06	2,53E-05	5,92E-06
Versauerungspotential (AP) [in kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	1,84E-04	5,50E-05	1,84E-04	4,31E-05
Ozonabbaupotential (ODP, katalytisches) [kg R11-Äqv.]	1,20E-08	3,59E-09	1,21E-08	2,82E-09
Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP) [kg Ethen-Äqv.]	2,21E-05	6,61E-06	2,22E-05	5,18E-06
Terrestrisches Ökotoxizitätspot. (TETP) [kg DCB-Äqv.]	1,46E-04	4,35E-05	1,46E-04	3,41E-05
Humantoxizitätspotential (HTP) [kg DCB-Äqv.]	3,82E-03	1,14E-03	3,82E-03	8,95E-04
Aquat. Frischwasser Ökotoxpot. (FAETP) [kg DCB-Äqv.]	3,02E-04	9,05E-05	3,0,E-04	7,09E-05



**Abbildung 2-14: Anteil der technischen Trocknung an den Umwelteinträgen von getrocknetem Schnittholz nach Wirkungskategorien**

Spanplatte

Die nachfolgend dargestellten Ergebnisse der Wirkungspotentiale in den einzelnen Kategorien wurden nach Bereichen aufgegliedert. Der Bereich Holz umfasst dabei alle Aufwendungen und Umwelteinträge, die bei der Herstellung der für die Spanplattenproduktion notwendigen Rohstoffe aus Holz (Hackschnitzel, Sägespäne, Schwarten Industrie- und Altholz) anfallen. Dies beinhaltet, wie Abbildung 2-9 in Kapitel 2.4 zeigt, sowohl die Waldbewirtschaftung, als auch den Sägewerksprozess. Allerdings ergibt sich mit der Einbeziehung der forst-

lichen Produktion in die Ökobilanz auch die Besonderheit, dass das biologische System bzw. die Sonnenenergie, welche für die Photosynthese zum Wachstum des Baumes und des Rohstoffs Holz notwendig ist, in die Bilanzierung mit eingeht. Um dem Ziel einer Ökobilanz, den Einfluss menschlichen Handelns auf die Umwelt zu beleuchten, gerecht zu werden, wurde die für die Photosynthese genutzte Energieleistung der Sonne gesondert vom Anteil des regenerativen Primärenergieverbrauchs ausgewiesen, der ansonsten den regenerativen Energieanteil im Strom-Mix und die thermische Verwertung von Holz beinhaltet. Wie in Abbildung 2-17 dargestellt macht dieser Anteil über 99 % aus.

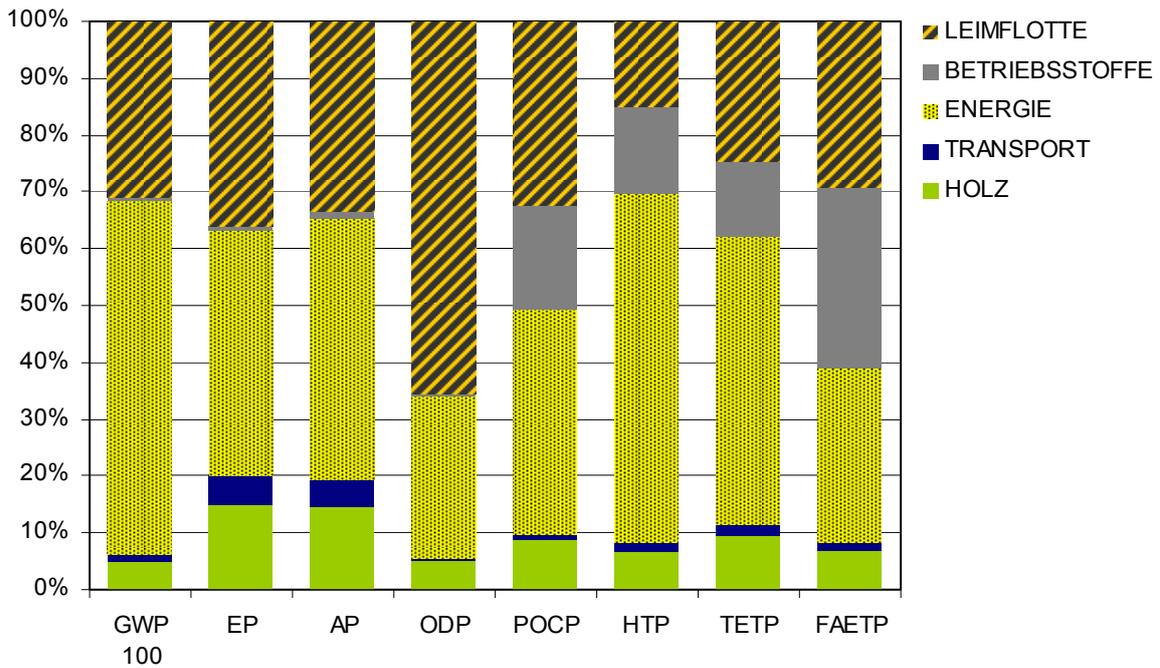


Abbildung 2-15: Ergebnisse der Ökobilanz für Spanplatte P5

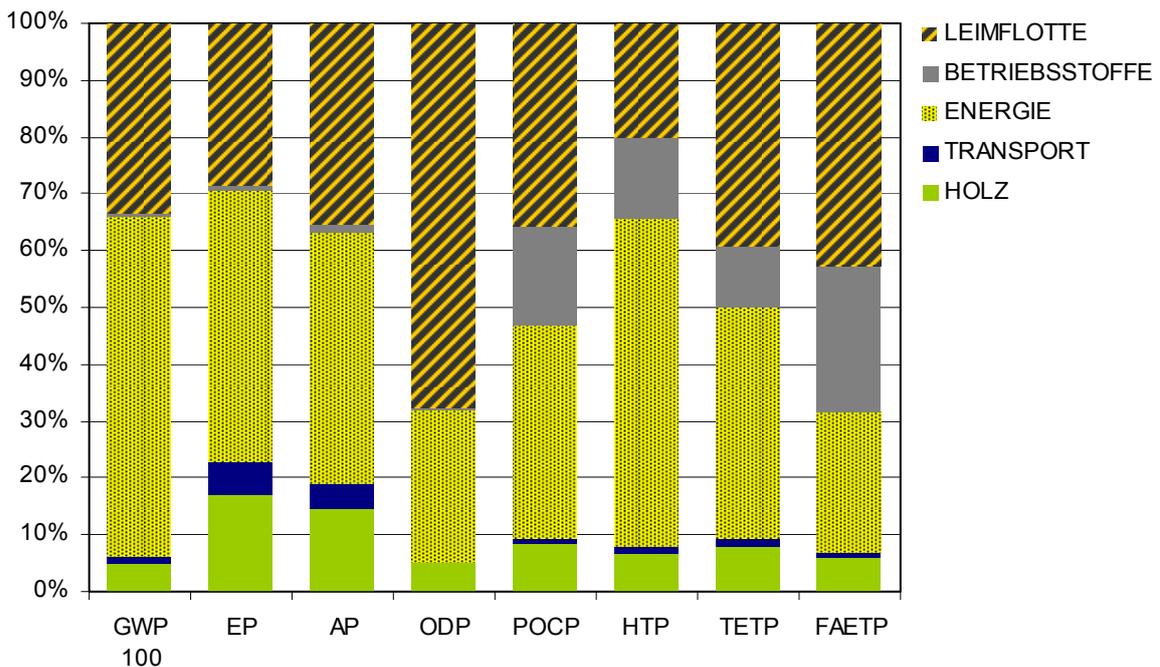


Abbildung 2-16: Ergebnisse der Ökobilanz für Spanplatte P7

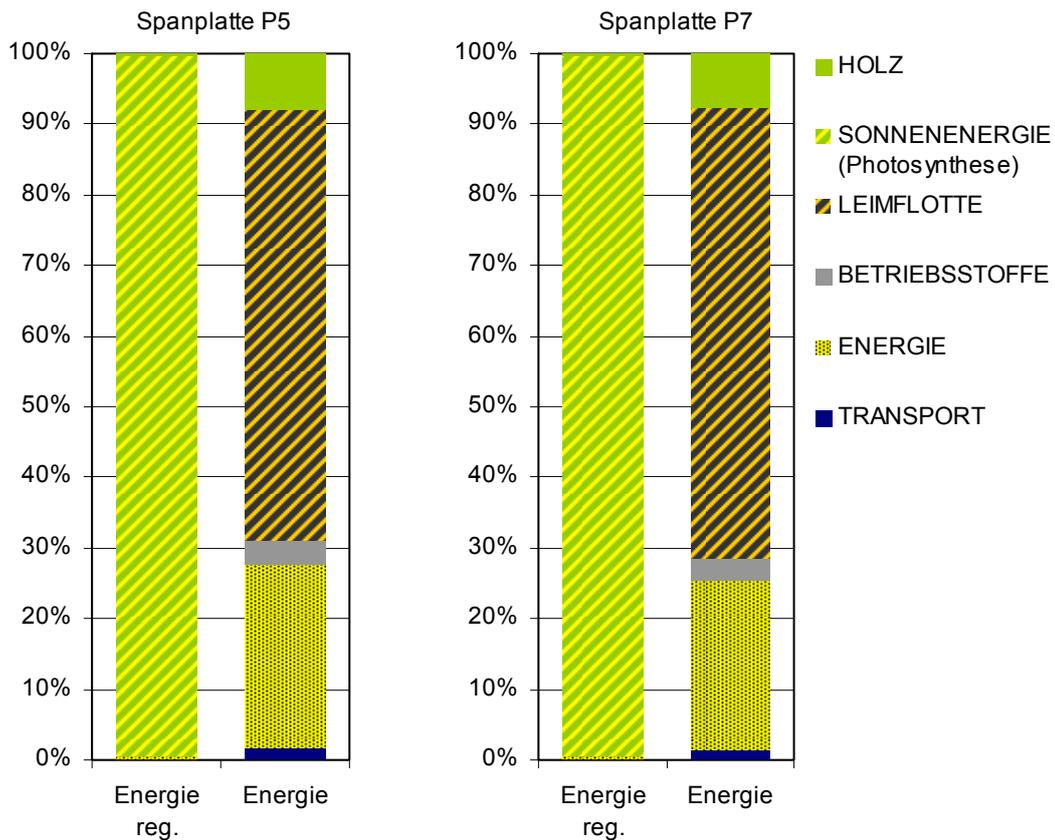


Abbildung 2-17: Primärenergieaufwand für die Produktion von Spanplatten P5 und P7

Tabelle 2-21: Ergebnisse der Ökobilanz für die Herstellung von 1 m<sup>3</sup> Spanplatte nach Wirkungspotentialen

	P5	P7
Primärenergiebedarf aus reg. Ressourcen [in MJ]	13.438,75	13.850,52
Primärenergiebedarf aus Ressourcen [in MJ]	7.111,20	7.764,94
Treibhauspotential (GWP 100) [in kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	549,16	570,50
Eutrophierungspotential (EP) [in kg Phosphat-Äqv.]	1,57E-01	1,42E-01
Versauerungspotential (AP) [in kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	9,84E-01	1,03E+00
Ozonabbaupotential (ODP, katalytisches) [kg R11-Äqv.]	5,73E-05	6,09E-05
Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP) [kg Ethen-Äqv.]	3,41E-01	3,62E-01
Terrestrisches Ökotoxizitätspot. (TETP) [kg DCB-Äqv.]	2,53E-01	3,15E-01
Humantoxizitätspotential (HTP) [kg DCB-Äqv.]	1,55E+01	1,66E+01
Aquat. Frischwasser Ökotoxpot. (FAETP) [kg DCB-Äqv.]	8,28E-01	1,03E+00

Im Wesentlichen lassen sich die Unterschiede in den Ergebnissen in den Wirkungskategorien für die beiden Spanplattentypen, wie bereits in der Arbeit von Hasch (2002) festgestellt, auf die unterschiedlichen Klebstoffsysteme zurückführen. Die Zusammensetzung der in Tabelle 2-21 aufgelisteten Mengen der jeweiligen Äquivalente ist aus den Abbildungen 2-14 und 2-15 ersichtlich, und zeigt den jeweils hohen Beitrag der Bereiche Energiebereitstellung und Leimflotte. Die Darstellung der Kategorie des Treibhausgaspotentials (548,24 bzw.

570,50 kg CO<sub>2</sub> Äquivalente) berücksichtigt dabei die CO<sub>2</sub>-Neutralität von Holz. Während der Wachstumsphase des Baumes wird der Atmosphäre durch die Photosynthese CO<sub>2</sub> entzogen und in Form von Kohlenstoff in das Holz eingelagert, welches am Ende des Lebenszyklus eines Holzproduktes wieder in die Atmosphäre entlassen wird. Bei einer durchschnittlichen Holzmasse von 562,3 kg (atro), die in 1 m<sup>3</sup> Spanplatte enthalten sind, entspricht dies 2061,8 kg CO<sub>2</sub>. Diese CO<sub>2</sub>-Menge ist je nach Modellierung bzw. Betrachtungszeitraum entsprechend zu berücksichtigen.

### **3 Anwendungsmöglichkeit der Ergebnisse**

Die Gültigkeit der Datensätze ist begrenzt auf Deutschland, da für die gesamten Vorketten nur für Deutschland typische Durchschnittswerte (z.B. Strom-Mix DE) hinterlegt sind. Des Weiteren werden für die Allokation nach Preisen für Deutschland berechnete Durchschnittswerte für das Jahr 2006 verwendet. Gleichwohl ist es möglich, mit Hilfe der modellierten Ökobilanzmodule Schnittholz und Spanplatte durch eine Anpassung der Vorketten und eine Veränderung der in dem Modell hinterlegten Parameter (z.B. Holzfeuchte, Einschnittechnologie-Mix, Preise) auch die Schnittholz- und Spanplattenherstellung anderer Länder bzw. andere Szenarien abzubilden.

Zu beachten ist außerdem, dass die Umweltdaten für Schnittholz nur die allgemeine Schnittholzproduktion in Deutschland betreffen, da einzelne auf dem Markt befindliche Schnittholzsortimente eine enorme Preisspanne aufweisen und die Ergebnisse somit keine Aussage für einzelne Sortimente zulassen. Dies betrifft vor allem die Ökobilanzdaten, bei welchen die Umwelteinträge auf Basis der Preise für Schnittholz und die bei der Herstellung anfallenden Koppelprodukte alloziert wurden. Darüber hinaus muss die forstliche Produktion von Rundholz als Vorkette mit berücksichtigt werden, um Aussagen über die Umweltleistung des Produktes Schnittholz zu treffen. Aufgrund des angestrebten modularen Aufbaus wurde in dieser Arbeit aber nur das Modul der Schnittholzherstellung bilanziert (s. Kapitel 2.4).

Die Ergebnisse der Ökobilanzen für Spanplatten sind nur gültig, um Aussagen auf Produktebene zu treffen, wobei zu beachten ist, dass es sich hier um aggregierte Datensätze mit Durchschnittswerten handelt. So spiegeln die präsentierten Ergebnisse keine spezifischen Produkte wider, welche z.B. eine andere Klebstoffzusammensetzung aufweisen. Nichtsdestotrotz können die vorhandenen Modelle für diesen Zweck angepasst werden.

### **4 Fortschreibung und Aktualisierung der Daten**

Im Zuge der eingangs genannten Bemühungen um den Aufbau einer Forst- und Holzdatenbank, sollen diese modellierten Ökobilanzdatensätze weiterhin von der Arbeitsgruppe für Ökobilanzierung gepflegt und wenn nötig angepasst werden. Dies betrifft insbesondere die Vorketten, wie z.B. die Strombereitstellung, welche zum Einen über das Netzwerk Lebenszyklusdaten zur Verfügung stehen werden und zum Anderen regelmäßig in den entsprechenden Datenbanken (z.B. Software GaBi) aktualisiert werden. Für die in den Modellen hinterlegten Durchschnittspreise scheint darüber hinaus eine jährliche Anpassung notwendig, da sich diese aufgrund der verstärkten Nachfrage, insbesondere nach Nebenprodukten der Schnittholzherstellung für die Energiegewinnung, weiterhin stark verändern werden.

Im Rahmen der Umstrukturierung der Ressortforschung wird durch die Forschungskonzeption des zum 01.01.2008 zu gründenden Instituts für Holztechnologie und Holzbiologie am Bundesforschungsinstitut für ländliche Räume, Wald und Fischerei (Johann Heinrich von Thünen Institut), und durch die enge Zusammenarbeit mit dem Zentrum Holzwirtschaft der Universität Hamburg, auch weiterhin sichergestellt, dass aktuelle Erkenntnisse im Bereich Ökobilanzen für Holzprodukte in die Ökobilanzdatenbank für Forst und Holz Eingang finden.

## 5 Literatur

- AltholzV (2002). Verordnung über Anforderungen an die Verwertung und Beseitigung von Altholz (Altholzverordnung), vom 15.08.2002
- Barbu, M. (2007). Verfahrenstechnik II, Vorlesungsskript. Universität Hamburg, Zentrum Holzwirtschaft, Hamburg.
- Deppe, H.-J., und Ernst, K. (2000). Taschenbuch der Spanplattentechnik. DRB Verlag. Leinfelden-Echterdingen
- DIN EN 309:2004-06. Spanplatten - Definition und Klassifizierung; Deutsche Fassung
- DIN EN 844-3:1995. Rund- und Schnittholz - Terminologie; Teil 3: Allgemeine Begriffe über Schnittholz, Deutsche Fassung
- Europäischer Wirtschaftsdienst GmbH (2006). Holz und Holzwerkstoffe, Jhg. 16 No. 1-52
- Europäischer Wirtschaftsdienst GmbH (2006). Recycling und Entsorgung, Jhg. 16 No. 1-50
- Frühwald, A., Speckels, L., Scharai-Rad, M. und Welling, J. (2000). Ökologische Bilanzierung von Bauschnittholz und veredelten Vollholzprodukten. Ordinariat für Holztechnologie der Universität Hamburg, Hamburg.
- Hasch, J. (2002). Ökologische Betrachtung von Holzspan- und Holzfaserplatten. Dissertation, Universität Hamburg, Hamburg.
- Lückge, F.J. und Weber, H. (1997). Die Struktur der Sägeindustrie in Deutschland. Vorläufige Teilergebnisse der Untersuchung der Struktur- und Marktverhältnisse der deutschen Sägeindustrie'. Holz-Zentralblatt Special. Suppl. entitled: Sägeindustrie 2000 v. 123(28) suppl. p. 8,10
- Mantau, U. und Bilitewski, B. (2005). Stoffstrom-Modell-Holz. Verband Deutscher Papierfabriken e.V., Hamburg.
- PE (2007). Methodische Grundlagen – Ökobilanzbasierte Umweltindikatoren im Bauwesen. Methodenbericht zum BMVBS-Projekt „Aktualisieren, Fortschreiben und Harmonisieren von Basisdaten für das Nachhaltige Bauen“ (AZ 10.06.03 – 06.119) Mai 2007.
- Ressel, J. (1996). Fertigungstechnik Holzwerkstoffe. Vorlesungsskript der FH Rosenheim / Holztechnik. Rosenheim
- Ressel, J. (1997). Säge- und Hobelwerkstechnik. Vorlesungsskript der FH Rosenheim / Holztechnik. Rosenheim
- Schreiber, 1988, Strukturuntersuchung der Sägeindustrie, Zentrale Holzmarktforschungsstelle (ZHF) e.V., Freiburg im Breisgau
- Schweinle, J., Thoro, C. (1996). Analyse und Bewertung der forstlichen Produktion als Grundlage für weiterführende forst- und holzwirtschaftliche Projektlinien- Analysen, Institut für Ökonomie der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg
- Soine, H. (1995). Holzwerkstoffe. Herstellung und Verarbeitung. DRW Verlag. Leinfelden-Echterdingen
- Statistisches Bundesamt (2007). Produzierendes Gewerbe Jahr 2006, Fachserie 4 Reihe 3.1, Wiesbaden
- VDS (2007). Telefonat vom 11.07.2007 mit dem Verband der Deutschen Säge- und Holzindustrie e.V. zum Thema Entwicklung der Schnittholzpreise
- Weimar, H. und Mantau, U. (2005). Altholz im Entsorgungsmarkt – Aufkommens- und Vermarktungsstruktur. Universität Hamburg, Zentrum Holzwirtschaft, Hamburg.

## 6 Anhang Stoff- und Energiebilanzen

In den nachfolgenden Tabellen 6-1, 6-2 und 6-3 sind sowohl alle relevanten Stoff- und Energieströme, die in das jeweilig betrachtete System hineingehen (über 1 % Massenanteil), als auch alle Stoffströme, die zu mehr als 1 % zu einer der betrachteten Wirkkategorien beitragen (s. Kapitel 2.10), berücksichtigt. Dies entspricht den Empfehlungen des Methodenberichts zum BMVBS-Projekt „Methodische Grundlagen für Ökobilanzbasierte Umweltindikatoren im Bauwesen“ (PE, 2007).

**Tabelle 6-1: Sach- und Energiebilanz für Modul Schnittholzerstellung (ohne Vorketten)**

<i>INPUT</i>		Schnittholz LH	Schnittholz (SH) NH	SH NH getrocknet	Bemerkung
<b>Energetische Ressourcen:</b>		<b>je 1 m<sup>3</sup></b>	<b>je 1 m<sup>3</sup></b>	<b>je 1 m<sup>3</sup></b>	
<b>Nicht regenerierbare energetische Ressourcen</b>					
Braunkohle (aggregiert)	MJ	319,8	271,6	627,1	H <sub>u</sub> : 9,83 MJ/kg
Erdgas (aggregiert)	MJ	227,0	190,6	298,2	H <sub>u</sub> : 44,64 MJ/kg
Erdöl (aggregiert)	MJ	2.414,0	1.996,0	2.070,7	H <sub>u</sub> : 42,09 MJ/kg
Steinkohle (aggregiert)	MJ	287,4	243,2	552,0	H <sub>u</sub> : 27,88 MJ/kg
Uran (U) natürlich (aggregiert)	MJ	458,4	389,4	895,6	H <sub>u</sub> :559,35 GJ/kg
<b>Regenerierbare energetische Ressourcen</b>					
Primärenergie aus Wasserkraft	MJ				
Primärenergie aus Windkraft	MJ				
Primärenergie aus Sonnennutzung	MJ				
	MJ				
Sonnenenergie (Photosynthese)	MJ	12.162,8	9.454,3	10.402,9	(biologisches System)
<b>Stoffliche Ressourcen:</b>		<b>je m<sup>3</sup></b>	<b>je m<sup>3</sup></b>	<b>je m<sup>3</sup></b>	
<b>Nicht regenerierbare stoffliche Ressourcen</b>					
Taubes Gestein	kg	319,9	272,8	614,2	
<b>Mineralische Rohstoffe</b>					
<b>Erze</b>					
<b>Mineralische Rohstoffe</b>					
<b>Regenerierbare stoffliche Ressourcen</b>					
Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> aus Luft)	kg	1.242,8	908,1	999,2	(biologisches System)
<b>Wasser</b>					
Wasser (H <sub>2</sub> O aggregiert)	m <sup>3</sup>	4,3	3,6	7,7	(inkl. biol. System)
	kg				
<b>OUTPUT</b>		<b>Schnittholz LH</b>	<b>Schnittholz (SH) NH</b>	<b>SH NH getrocknet</b>	<b>Bemerkung</b>
<b>Produkt:</b>	kg	<b>670,0</b>	<b>490,0</b>	<b>490,0</b>	(atro)
<b>Emissionen in Luft</b>		<b>je m<sup>3</sup></b>	<b>je m<sup>3</sup></b>	<b>je m<sup>3</sup></b>	
Sauerstoff (O <sub>2</sub> )	kg	934,6	682,9	751,5	(biologisches System)
<b>Anorganische Emissionen in Luft</b>					
Ammoniak (NH <sub>3</sub> )	kg	8,29E-04	5,82E-04	7,42E-03	
Barium (Ba)	kg	1,39E-04	1,15E-04	1,30E-04	
Beryllium (Be)	kg	3,28E-08	2,79E-08	5,97E-08	
Bor (B)	kg				
Chlorwasserstoff (HCl)	kg	8,15E-04	6,74E-04	2,20E-03	
Fluorwasserstoff (HF)	kg	2,05E-04	1,73E-04	4,13E-04	

Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> )	kg	1,02E+02	8,48E+01	2,48E+02	
Kohlenmonoxid (CO)	kg	1,65E-01	1,07E-01	1,36E+00	
Lachgas (N <sub>2</sub> O)	kg	4,16E-03	3,53E-03	7,00E-03	
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	kg	1,37E-01	1,14E-01	2,00E-01	
Schwefelwasserstoff (H <sub>2</sub> S)	kg	9,01E-04	7,55E-04	1,44E-03	
Stickoxide (NO <sub>x</sub> )	kg	3,09E-01	2,57E-01	6,90E-01	
Staub (Summenwert)	kg				
<b>Organische Emissionen in Luft</b>					
Alkane (unspezifisch)	kg	1,30E-04	9,73E-05	9,20E-04	
Alkene (unspezifisch)	kg	1,66E-04	1,00E-04	2,40E-03	
Benzol (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	kg	2,85E-04	2,25E-04	1,01E-03	
Butan (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	kg	3,71E-03	3,07E-03	3,16E-03	
Ethan (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	kg	1,13E-02	9,36E-03	1,12E-02	
Formaldehyd (COOH)	kg	8,51E-04	6,75E-04	3,54E-03	
Halon (1301)	kg	4,02E-08	2,99E-08	1,07E-06	
Methan (CH <sub>4</sub> )	kg	2,93E-01	2,44E-01	4,19E-01	
NMVOC (nicht-Methan VOC)	kg	2,34E-02	1,93E-02	1,14E-01	
Pentan (n-Pentan)	kg	1,33E-03	1,10E-03	1,21E-03	
Phenol (Hydroxybenzol)	kg	1,01E-11	8,86E-12	9,28E-12	
Polychlorierte Biphenyle (PCB unspezifisch)	kg	2,04E-09	1,69E-09	1,74E-09	
Polzyklische arom. Kohlenwasserstoffe (PAH)	kg	1,08E-04	8,91E-05	9,24E-05	
Propan (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	kg	1,86E-02	1,54E-02	1,66E-02	
R 11 (Trichlorfluormethan)	kg	5,80E-06	4,93E-06	1,13E-05	
R 114 (Dichlortetrafluorethan)	kg	5,95E-06	5,06E-06	1,16E-05	
R 12 (Dichlordifluormethan)	kg	1,25E-06	1,06E-06	2,44E-06	
R 22 (Chlordifluormethan)	kg	1,37E-06	1,16E-06	2,67E-06	
Toluol (Methylbenzol)	kg	6,20E-05	4,68E-05	3,80E-04	
Trimethylbenzol	kg	1,15E-12	1,01E-12	1,06E-12	
VOC (unspezifisch)	kg	1,93E-02	1,25E-02	1,38E-02	
Xylol (C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> )	kg	4,43E-04	3,74E-04	9,23E-04	
<b>Metalle in Luft</b>					
Arsen (As)	kg	1,85E-06	1,57E-06	3,35E-06	
Blei (Pb)	kg	8,07E-06	6,42E-06	2,67E-05	
Cadmium (Cd)	kg	4,01E-07	3,38E-07	8,49E-07	
Chrom (Cr <sup>III+</sup> )	kg	1,45E-06	1,16E-06	4,78E-06	
Kobalt (Co)	kg	1,13E-06	9,39E-07	1,25E-06	
Kupfer (Cu)	kg	2,44E-06	1,65E-06	2,41E-05	
Mangan (Mn)	kg				
Nickel (Ni)	kg	8,32E-06	6,90E-06	1,58E-05	
Quecksilber (Hg)	kg	1,73E-06	1,47E-06	3,34E-06	
Selen (Se)	kg	8,10E-06	6,87E-06	1,53E-05	
Vanadium (V)	kg	6,31E-05	5,22E-05	5,50E-05	
Zink (Zn)	kg	1,98E-05	1,66E-05	5,49E-05	
<b>Emissionen in Wasser</b>		<b>Schnittholz LH</b>	<b>Schnittholz (SH) NH</b>	<b>SH NH getrocknet</b>	<b>Bemerkung</b>
Abwasser	m <sup>3</sup>	3,3	2,84	6,7	
<b>Anorganische Emissionen in Wasser</b>					
Ammoniak (NH <sub>3</sub> )	kg	1,34E-05	9,08E-06	9,28E-06	
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	kg	4,76E-04	4,02E-04	1,15E-03	

Barium (Ba)	kg	8,63E-05	7,14E-05	6,18E-04	
Beryllium (Be)	kg	2,04E-08	1,73E-08	3,98E-08	
Chlorid (Cl <sup>-</sup> )	kg				
Fluorid (F <sup>-</sup> )	kg				
Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	kg	8,20E-04	7,10E-04	1,67E-03	
Phosphat (PO <sub>4</sub> <sup>(3-)</sup> )	kg				
Sulfat (SO <sub>4</sub> <sup>(2-)</sup> )	kg				
Barium (Ba)	kg	3,40E-04	2,81E-04	2,89E-04	
<b>Organische Emissionen in Wasser</b>					<b>Bemerkung</b>
Anthracen (C <sub>14</sub> H <sub>10</sub> )	kg	2,30E-08	1,90E-08	1,95E-08	
Benzofluoranthen(C <sub>18</sub> H <sub>10</sub> )	kg	1,41E-09	1,17E-09	1,20E-09	
Benzol (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	kg	3,26E-05	2,68E-05	2,87E-05	
Kohlenwasserstoffe (unspezifisch)	kg	3,46E-05	2,96E-05	6,85E-05	
Öle (unspezifisch)	kg	1,15E-01	6,17E-02	6,85E-02	
Phenol (Hydroxybenzol)	kg	3,84E-05	3,17E-05	6,59E-05	
Benzol (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	kg	7,38E-05	6,10E-05	6,27E-05	(Salzwasser)
<b>Schwermetalle in Wasser</b>					<b>Bemerkung</b>
Arsen (As)	kg	1,68E-05	1,39E-05	1,57E-05	
Blei (Pb)	kg				
Cadmium (Cd)	kg	7,58E-06	6,28E-06	6,82E-06	
Chrom (Cr III+)	kg				
Kupfer (Cu)	kg	2,62E-05	2,17E-05	2,40E-05	
Molybdän	kg	1,61E-05	1,37E-05	3,07E-05	
Nickel (Ni)	kg	1,07E-05	8,97E-06	1,23E-05	
Selen (Se)	kg	3,31E-06	2,80E-06	5,72E-06	
Quecksilber (Hg)	kg				
Vanadium (V)	kg	5,73E-06	4,86E-06	1,05E-05	
Zink (Zn)	kg	7,03E-06	5,89E-06	1,28E-05	
Arsen (As)	kg	3,44E-06	2,84E-06	2,92E-06	(Salzwasser)
Quecksilber (Hg)	kg	6,16E-08	5,10E-08	5,24E-08	(Salzwasser)
<b>Emissionen in Boden</b>		<b>je m<sup>3</sup></b>	<b>je m<sup>3</sup></b>	<b>je m<sup>3</sup></b>	
Ammoniak (NH <sub>3</sub> )	kg	4,76E-03	3,94E-03	4,05E-03	
Blei (Pb)	kg				
Cadmium (Cd)	kg				
Chrom (Cr III+)	kg	9,26E-06	7,66E-06	7,87E-06	
Dioxine (TCDD;TE)	kg				
Phosphor (P)	kg	4,88E-04	4,04E-04	4,15E-04	
Nickel (Ni)	kg	2,67E-06	2,21E-06	2,27E-06	
Quecksilber (Hg)	kg				
Zink (Zn)	kg				
<b>Auswertung Abfälle</b>		<b>Schnittholz LH</b>	<b>Schnittholz (SH) NH</b>	<b>SH NH getrocknet</b>	<b>Bemerkung</b>
Abraum (abgelagert)	kg	318,4	271,6	611,7	

**Tabelle 6-2: Sach- und Energiebilanz für Sägebenebenprodukte (Nadelholz)**

<i>INPUT</i>		Hackschnitzel (NH)	Sägespäne (NH)	Schwarten (NH)	Bemerkung
<b>Energetische Ressourcen</b>		<b>je 1 kg</b>	<b>je 1 kg</b>	<b>je 1 kg</b>	
<b>Nicht regenerierbare energetische Ressourcen</b>					
Braunkohle (aggregiert)	MJ	0,114	0,095	0,051	H <sub>u</sub> : 9,83 MJ/kg
Erdgas (aggregiert)	MJ	0,095	0,083	0,053	H <sub>u</sub> : 44,64 MJ/kg
Erdöl (aggregiert)	MJ	1,094	0,976	0,668	H <sub>u</sub> : 42,09 MJ/kg
Steinkohle (aggregiert)	MJ	0,102	0,085	0,046	H <sub>u</sub> : 27,88 MJ/kg
Uran (U) natürlich (aggregiert)	MJ	0,165	0,137	0,075	H <sub>u</sub> :559,35 GJ/kg
<b>Regenerierbare energetische Ressourcen</b>					
Primärenergie aus Wasserkraft	MJ				
Primärenergie aus Windkraft	MJ				
Primärenergie aus Sonnennutzung	MJ				
	MJ				
Sonnenenergie (Photosynthese)	MJ	19,5	19,5	19,5	(biologisches System)
<b>Stoffliche Ressourcen</b>		<b>je 1 kg</b>	<b>je 1 kg</b>	<b>je 1 kg</b>	
<b>Nicht regenerierbare stoffliche Ressourcen</b>					
Taubes Gestein	kg	0,121	0,102	0,058	
<b>Mineralische Rohstoffe</b>					
<b>Erze</b>					
<b>Mineralische Rohstoffe</b>					
<b>Regenerierbare stoffliche Ressourcen</b>					
Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> aus Luft)	kg	1,9	1,9	1,9	(biologisches System)
<b>Wasser</b>					
Wasser (H <sub>2</sub> O aggregiert)	m <sup>3</sup>	2,2	2,0	1,5	(inkl. biol. System)
<b>OUTPUT</b>		<b>Hackschnitzel (NH)</b>	<b>Sägespäne (NH)</b>	<b>Schwarten (NH)</b>	<b>Bemerkung</b>
<b>Produkt:</b>	kg	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	(atro)
<b>Emissionen in Luft</b>					
Sauerstoff (O <sub>2</sub> )	kg	1,4	1,4	1,4	(biologisches System)
<b>Anorganische Emissionen in Luft</b>					
Ammoniak (NH <sub>3</sub> )	kg	4,12E-07	3,86E-07	3,01E-07	
Barium (Ba)	kg	6,26E-08	5,58E-08	3,80E-08	
Beryllium (Be)	kg	1,30E-11	1,11E-11	6,71E-12	
Bor (B)	kg				
Chlorwasserstoff (HCl)	kg	3,05E-07	2,59E-07	1,51E-07	
Fluorwasserstoff (HF)	kg	7,20E-08	5,96E-08	3,17E-08	

Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> )	kg	6,23E-02	5,88E-02	4,65E-02	
Kohlenmonoxid (CO)	kg	1,52E-04	1,52E-04	1,42E-04	
Lachgas (N <sub>2</sub> O)	kg	3,62E-06	3,58E-06	3,11E-06	
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	kg	6,51E-05	5,86E-05	4,11E-05	
Schwefelwasserstoff (H <sub>2</sub> S)	kg	3,23E-07	2,70E-07	1,49E-07	
Stickoxide (NO <sub>x</sub> )	kg	3,99E-04	4,09E-04	3,82E-04	
Staub (Summenwert)	kg				
<b>Organische Emissionen in Luft</b>					
Alkane (unspezifisch)	kg	4,37E-08	3,71E-08	2,16E-08	
Alkene (unspezifisch)	kg	4,42E-08	3,73E-08	2,13E-08	
Benzol (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	kg	3,68E-07	3,78E-07	3,55E-07	
Butan (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	kg	1,70E-06	1,52E-06	1,04E-06	
Ethan (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	kg	4,95E-06	4,38E-06	2,93E-06	
Formaldehyd (COOH)	kg	1,29E-06	1,34E-06	1,27E-06	
Halon (1301)	kg	1,06E-11	8,41E-12	3,44E-12	
Methan (CH <sub>4</sub> )	kg	1,24E-04	1,09E-04	7,09E-05	
NMVOC (nicht-Methan VOC)	kg	2,20E-05	2,20E-05	1,96E-05	
Pentan (n-Pentan)	kg	6,06E-07	5,41E-07	3,71E-07	
Phenol (Hydroxybenzol)	kg	8,63E-15	8,43E-15	7,28E-15	
Polychlorierte Biphenyle (PCB unspezifisch)	kg	9,36E-13	8,37E-13	5,77E-13	
Polzyklische arom. Kohlenwasserstoffe (PAH)	kg	4,93E-08	4,40E-08	3,03E-08	
Propan (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	kg	8,38E-06	7,47E-06	5,09E-06	
R 11 (Trichlorfluormethan)	kg	2,10E-09	1,75E-09	9,61E-10	
R 114 (Dichlortetrafluorethan)	kg	2,15E-09	1,79E-09	9,85E-10	
R 12 (Dichlordifluormethan)	kg	4,52E-10	3,77E-10	2,07E-10	
R 22 (Chlordifluormethan)	kg	4,94E-10	4,12E-10	2,26E-10	
Toluol (Methylbenzol)	kg	2,70E-08	2,43E-08	1,72E-08	
Trimethylbenzol	kg	1,02E-15	1,00E-15	8,70E-16	
VOC (unspezifisch)	kg	2,51E-05	2,52E-05	2,51E-05	
Xylol (C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> )	kg	1,84E-07	1,60E-07	1,02E-07	
<b>Metalle in Luft</b>					
Arsen (As)	kg	7,20E-10	6,13E-10	3,65E-10	
Blei (Pb)	kg	2,95E-09	2,51E-09	1,50E-09	
Cadmium (Cd)	kg	1,45E-10	1,22E-10	6,76E-11	
Chrom (Cr <sup>III+</sup> )	kg	5,74E-10	5,00E-10	3,18E-10	
Kobalt (Co)	kg	4,91E-10	4,33E-10	2,87E-10	
Kupfer (Cu)	kg	7,86E-10	6,78E-10	4,17E-10	
Mangan (Mn)	kg				
Nickel (Ni)	kg	3,58E-09	3,16E-09	2,08E-09	
Quecksilber (Hg)	kg	6,12E-10	5,07E-10	2,71E-10	
Selen (Se)	kg	2,96E-09	2,48E-09	1,38E-09	
Vanadium (V)	kg	2,88E-08	2,57E-08	1,77E-08	
Zink (Zn)	kg	7,42E-09	6,28E-09	3,65E-09	
<b>Emissionen in Wasser</b>		<b>Hackschnitzel (NH)</b>	<b>Sägespäne (NH)</b>	<b>Schwarten (NH)</b>	<b>Bemerkung</b>
Abwasser	m <sup>3</sup>				
<b>Anorganische Emissionen in Wasser</b>					
Ammoniak (NH <sub>3</sub> )	kg	3,26E-09	2,60E-09	1,07E-09	
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	kg	2,00E-07	1,75E-07	1,12E-07	

Barium (Ba)	kg	3,91E-08	3,49E-08	2,39E-08	
Beryllium (Be)	kg	7,38E-12	6,15E-12	3,38E-12	
Chlorid (Cl <sup>-</sup> )	kg				
Fluorid (F <sup>-</sup> )	kg				
Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	kg	4,23E-07	3,83E-07	2,76E-07	
Phosphat (PO <sub>4</sub> <sup>(3-)</sup> )	kg				
Sulfat (SO <sub>4</sub> <sup>(2-)</sup> )	kg				
Barium (Ba)	kg	1,55E-07	1,38E-07	9,49E-08	(Salzwasser)
<b>Organische Emissionen in Wasser</b>					<b>Bemerkung</b>
Anthracen (C <sub>14</sub> H <sub>10</sub> )	kg	1,05E-11	9,34E-12	6,41E-12	
Benzofluoranthen(C <sub>18</sub> H <sub>10</sub> )	kg	6,42E-13	5,74E-13	3,94E-13	
Benzol (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	kg	1,44E-08	1,27E-08	8,59E-09	
Kohlenwasserstoffe (unspezifisch)	kg	1,09E-08	8,68E-09	3,86E-09	
Öle (unspezifisch)	kg	2,20E-05	1,73E-05	7,13E-06	
Phenol (Hydroxybenzol)	kg	1,65E-08	1,46E-08	9,61E-09	
Benzol (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	kg	3,36E-08	3,00E-08	2,06E-08	(Salzwasser)
<b>Schwermetalle in Wasser</b>					<b>Bemerkung</b>
Arsen (As)	kg	7,68E-09	6,87E-09	4,72E-09	
Blei (Pb)	kg				
Cadmium (Cd)	kg	3,50E-09	3,14E-09	2,17E-09	
Chrom (Cr III+)	kg				
Kupfer (Cu)	kg	1,20E-08	1,07E-08	7,34E-09	
Molybdän	kg	5,98E-09	5,02E-09	2,84E-09	
Nickel (Ni)	kg	4,80E-09	4,26E-09	2,87E-09	
Selen (Se)	kg	1,27E-09	1,08E-09	6,39E-10	
Quecksilber (Hg)	kg				
Vanadium (V)	kg	2,14E-09	1,80E-09	1,03E-09	
Zink (Zn)	kg	2,98E-09	2,61E-09	1,69E-09	
Arsen (As)	kg	1,57E-09	1,40E-09	9,60E-10	(Salzwasser)
Quecksilber (Hg)	kg	2,81E-11	2,51E-11	1,72E-11	(Salzwasser)
<b>Emissionen in Boden</b>					
Ammoniak (NH <sub>3</sub> )	kg	2,18E-06	1,94E-06	1,34E-06	
Blei (Pb)	kg				
Cadmium (Cd)	kg				
Chrom (Cr <sup>III+</sup> )	kg	4,23E-09	3,78E-09	2,60E-09	
Dioxine (TCDD;TE)	kg				
Phosphor (P)	kg	2,23E-07	1,99E-07	1,37E-07	
Nickel (Ni)	kg	1,23E-09	1,10E-09	7,55E-10	
Quecksilber (Hg)	kg				
Zink (Zn)	kg				
<b>Auswertung Abfälle</b>		<b>Hackschnitzel (NH)</b>	<b>Sägespäne (NH)</b>	<b>Schwarten (NH)</b>	<b>Bemerkung</b>
Abraum (abgelagert)	kg	0,121	0,102	0,059	

**Tabelle 6-3: Stoff- und Energiebilanzen für Spanplatten (mit Vorketten)**

<b>INPUT</b>		<b>Spanplatte P5</b>	<b>Spanplatte P7</b>	<b>Bemerkung</b>
<b>Energetische Ressourcen:</b>		<b>je 1 m<sup>3</sup></b>	<b>je 1 m<sup>3</sup></b>	
<b>Nicht regenerierbare energetische Ressourcen</b>				
Braunkohle (aggregiert)	MJ	597,0	651,3	H <sub>u</sub> : 9,83 MJ/kg
Erdgas (aggregiert)	MJ	2.748,3	2.479,4	H <sub>u</sub> : 44,64 MJ/kg
Erdöl (aggregiert)	MJ	2.268,8	3.081,1	H <sub>u</sub> : 42,09 MJ/kg
Steinkohle (aggregiert)	MJ	622,0	607,2	H <sub>u</sub> : 27,88 MJ/kg
Uran (U) natürlich (aggregiert)	MJ	875,1	945,9	H <sub>u</sub> :559,35 GJ/kg
<b>Regenerierbare energetische Ressourcen</b>				
Primärenergie aus Wasserkraft	MJ			
Primärenergie aus Windkraft	MJ			
Primärenergie aus Sonnennutzung	MJ			
	MJ			
Sonnenenergie (Photosynthese)	MJ	13.357,6	13.755,0	(biologisches System)
<b>Stoffliche Ressourcen:</b>		<b>je m<sup>3</sup></b>	<b>je m<sup>3</sup></b>	
<b>Nicht regenerierbare stoffliche Ressourcen</b>				
Taubes Gestein	kg	604,9	688,3	
<b>Mineralische Rohstoffe</b>				
<b>Erze</b>				
<b>Mineralische Rohstoffe</b>				
<b>Regenerierbare stoffliche Ressourcen</b>				
Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> aus Luft)	kg	1.320,5	1.359,7	(biologisches System)
<b>Wasser</b>				
Wasser (H <sub>2</sub> O aggregiert)	m <sup>3</sup>	7,9	7,7	(inkl. biol. System)
<b>Sekundärrohstoffe</b>				
	kg			
<b>OUTPUT</b>		<b>Spanplatte P5</b>	<b>Spanplatte P7</b>	<b>Bemerkung</b>
<b>Produkt:</b>	kg	<b>690,6</b>	<b>690,6</b>	Mittelwert
<b>Emissionen in Luft:</b>				
Sauerstoff (O <sub>2</sub> )	kg	553,3	570,5	(biologisches System)
<b>Anorganische Emissionen in Luft</b>				
Ammoniak (NH <sub>3</sub> )	kg	2,50E-02	2,08E-02	
Barium (Ba)	kg	2,71E-04	3,71E-04	
Beryllium (Be)	kg	7,05E-08	8,06E-08	
Bor (B)	kg			
Chlorwasserstoff (HCl)	kg	3,87E-03	4,73E-03	
Fluorwasserstoff (HF)	kg	4,56E-04	4,73E-04	

Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> )	kg	5,26E+02	5,36E+02	
Kohlenmonoxid (CO)	kg	3,75E+00	3,77E+00	
Lachgas (N <sub>2</sub> O)	kg	1,63E-02	4,55E-02	
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	kg	2,97E-01	3,40E-01	
Schwefelwasserstoff (H <sub>2</sub> S)	kg	6,71E-03	4,33E-03	
Stickoxide (NO <sub>x</sub> )	kg	8,91E-01	9,04E-01	
Staub (Summenwert)	kg			
<b>Organische Emissionen in Luft</b>				
Alkane (unspezifisch)	kg	2,69E-03	2,86E-03	
Alkene (unspezifisch)	kg	6,87E-03	6,91E-03	
Benzol (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	kg	3,58E-03	3,67E-03	
Butan (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	kg	2,48E-03	5,20E-03	
Ethan (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	kg	3,14E-02	2,90E-02	
Formaldehyd (COOH)	kg	3,71E-02	3,74E-02	
Halon (1301)	kg	2,88E-06	3,02E-06	
Methan (CH <sub>4</sub> )	kg	7,69E-01	9,03E-01	
NMVOC (nicht-Methan VOC)	kg	4,19E-01	4,58E-01	
Pentan (n-Pentan)	kg	9,41E-04	2,30E-03	
Phenol (Hydroxybenzol)	kg	1,08E-02	1,08E-02	
Polychlorierte Biphenyle (PCB unspezifisch)	kg	9,64E-10	2,73E-09	
Polyzyklische arom. Kohlenwasserstoffe (PAH)	kg	4,00E-05	8,88E-05	
Propan (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	kg	1,62E-02	2,34E-02	
R 11 (Trichlorfluormethan)	kg	1,11E-05	1,20E-05	
R 114 (Dichlortetrafluorethan)	kg	1,13E-05	1,23E-05	
R 12 (Dichlordifluormethan)	kg	2,38E-06	2,58E-06	
R 22 (Chlordifluormethan)	kg	2,60E-06	2,82E-06	
Toluol (Methylbenzol)	kg	1,41E-03	1,42E-03	
Trimethylbenzol	kg	2,05E-03	2,05E-03	
VOC (unspezifisch)	kg	1,73E-02	1,49E-02	
Xylol (C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> )	kg	1,12E-03	1,24E-03	
<b>Metalle in Luft</b>				
Arsen (As)	kg	3,89E-06	4,27E-06	
Blei (Pb)	kg	5,85E-05	6,09E-05	
Cadmium (Cd)	kg	9,14E-07	9,75E-07	
Chrom (Cr <sup>III+</sup> )	kg	1,08E-05	1,12E-05	
Kobalt (Co)	kg	1,11E-06	1,56E-06	
Kupfer (Cu)	kg	6,79E-05	6,85E-05	
Mangan (Mn)	kg			
Nickel (Ni)	kg	1,21E-05	1,54E-05	
Quecksilber (Hg)	kg	3,85E-06	4,01E-06	
Selen (Se)	kg	1,53E-05	1,61E-05	
Vanadium (V)	kg	5,22E-05	8,15E-05	
Zink (Zn)	kg	7,77E-05	8,29E-05	
<b>Emissionen in Wasser:</b>				
Abwasser	m <sup>3</sup>	7,094	6,191	<b>Bemerkung</b>
<b>Anorganische Emissionen in Wasser</b>				
Ammoniak (NH <sub>3</sub> )	kg	3,40E-04	3,50E-04	
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	kg	5,24E-02	5,84E-03	
Barium (Ba)	kg	5,53E-05	8,22E-05	

Beryllium (Be)	kg	3,88E-08	4,21E-08	
Chlorid (Cl <sup>-</sup> )	kg			
Fluorid (F <sup>-</sup> )	kg			
Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	kg	9,78E-03	3,10E-03	
Phosphat (PO <sub>4</sub> <sup>(3-)</sup> )	kg			
Sulfat (SO <sub>4</sub> <sup>(2-)</sup> )	kg			
Barium (Ba)	kg	1,39E-04	2,49E-04	
<b>Organische Emissionen in Wasser</b>				<b>Bemerkung</b>
Anthracen (C <sub>14</sub> H <sub>10</sub> )	kg	9,37E-09	1,67E-08	
Benzofluoranthen (C <sub>18</sub> H <sub>10</sub> )	kg	5,75E-10	1,02E-09	
Benzol (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	kg	2,00E-04	2,19E-04	
Kohlenwasserstoffe (unspezifisch)	kg	5,72E-04	1,62E-03	
Öle (unspezifisch)	kg	7,72E-03	7,84E-03	
Phenol (Hydroxybenzol)	kg	2,11E-04	2,35E-04	
Benzol (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	kg	3,03E-05	5,61E-05	(Salzwasser)
<b>Schwermetalle in Wasser</b>				<b>Bemerkung</b>
Arsen (As)	kg	9,21E-06	1,57E-05	
Blei (Pb)	kg			
Cadmium (Cd)	kg	4,05E-06	7,68E-06	
Chrom (Cr III+)	kg			
Kupfer (Cu)	kg	1,61E-05	3,30E-05	
Molybdän	kg	2,98E-05	3,30E-05	
Nickel (Ni)	kg	3,61E-05	5,79E-05	
Selen (Se)	kg	5,29E-06	6,09E-06	
Quecksilber (Hg)	kg			
Vanadium (V)	kg	9,89E-06	1,10E-05	
Zink (Zn)	kg	2,42E-05	1,95E-05	
Arsen (As)	kg	1,42E-06	2,57E-06	(Salzwasser)
Quecksilber (Hg)	kg	2,54E-08	4,74E-08	(Salzwasser)
<b>Emissionen in Boden:</b>		<b>Spanplatte P5</b>	<b>Spanplatte P7</b>	<b>Bemerkung</b>
Ammoniak (NH <sub>3</sub> )	kg	2,09E-03	4,90E-03	
Blei (Pb)	kg			
Cadmium (Cd)	kg			
Chrom (Cr III+)	kg	4,06E-06	9,51E-06	
Dioxine (TCDD;TE)	kg			
Phosphor (P)	kg	2,15E-04	5,04E-04	
Nickel (Ni)	kg	1,18E-06	2,77E-06	
Quecksilber (Hg)	kg			
Zink (Zn)	kg			
<b>Auswertung Abfälle</b>		<b>Spanplatte P5</b>	<b>Spanplatte P7</b>	<b>Bemerkung</b>
Abraum (abgelagert)	kg	596,3	677,4	
Kühlwasser	m <sup>3</sup>	13,0	4,6	