

Optimierung der Ressourceneffizienz der Holznutzung

Modellierung der Holzverarbeitungsprozesse zur
Darstellung der Auswirkungen von Entwicklungen
auf die Leistungscharakteristik

A. Windsperger

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

62/2010

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

Optimierung der Ressourceneffizienz der Holznutzung

Modellierung der Holzverarbeitungsprozesse zur
Darstellung der Auswirkungen von Entwicklungen
auf die Leistungscharakteristik

Doz. Dr. Andreas Windsperger, Brigitte Windsperger,
DI Marcus Hummel, Dipl. Geoökol. Christian Ott
Institut für Industrielle Ökologie (IIÖ)

Prof. Dr. Alfred Teischinger, Marie Louise Zukal,
Franz Neumüller
BOKU Wien

Prof. Dr. Wolfgang Bauer, DI Lisbeth Kappel,
Dr. Ulrich Hirn
TU Graz

St. Pölten, März 2010

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus der Programmlinie FABRIK DER ZUKUNFT. Sie wurde im Jahr 2000 vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie im Rahmen des Impulsprogramms Nachhaltig Wirtschaften als mehrjährige Forschungs- und Technologieinitiative gestartet. Mit der Programmlinie FABRIK DER ZUKUNFT sollen durch Forschung und Technologieentwicklung innovative Technologiesprünge mit hohem Marktpotential initiiert und realisiert werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements und der großen Kooperationsbereitschaft der beteiligten Forschungseinrichtungen und Betriebe konnten bereits richtungsweisende und auch international anerkannte Ergebnisse erzielt werden. Die Qualität der erarbeiteten Ergebnisse liegt über den hohen Erwartungen und ist eine gute Grundlage für erfolgreiche Umsetzungsstrategien. Anfragen bezüglich internationaler Kooperationen bestätigen die in FABRIK DER ZUKUNFT verfolgte Strategie.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist es, die Projektergebnisse – seien es Grundlagenarbeiten, Konzepte oder Technologieentwicklungen – erfolgreich umzusetzen und zu verbreiten. Dies soll nach Möglichkeit durch konkrete Demonstrationsprojekte unterstützt werden. Deshalb ist es auch ein spezielles Anliegen die aktuellen Ergebnisse der interessierten Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen, was durch die Homepage www.FABRIKderZukunft.at und die Schriftenreihe gewährleistet wird.

Dipl. Ing. Michael Paula
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

INHALTSVERZEICHNIS

KURZFASSUNG	9
ABSTRACT	10
1 EINLEITUNG	11
1.1 Allgemeine Einführung in die Thematik	11
1.2 Ausgangssituation/Motivation des Projektes	11
1.3 Zielsetzungen des Projekts	12
1.4 Beschreibung des Standes der Technik	13
1.5 Beschreibung der Vorarbeiten zum Thema	14
1.5.1 Kurzbeschreibung des Aufbaus (Kapitel) des Endberichts	15
2 HINTERGRUNDINFORMATION ZUM PROJEKTINHALT – ABGRENZUNGEN, STRUKTURFESTLEGUNG UND DATENERHEBUNG	16
2.1 Der Wald	17
2.2 Aufkommen von forstlicher Biomasse	18
2.2.1 Forstliche Bringung im Überblick	21
2.3 Aufkommen von Holzabfällen und Altpapier	23
2.3.1 Aufkommen von Holzabfällen	23
2.3.2 Aufkommen von Altpapier	27
2.4 Charakterisierung der Qualität der biogenen Rohstoffe für die Holzverarbeitung	30
2.4.1 Qualitätsklassen - Rohholz	30
2.4.2 Qualitätsklassen – Schnittholz	30
2.5 Charakterisierung der Qualität der biogenen Rohstoffe für die Zellstoff- und Papierproduktion	31
2.6 Veränderung des Rohstoffpotenzials	32
2.6.1 Forstliche Biomasse	32
2.6.2 Mobilisierung von Holzreserven	32
2.6.3 Agroforstwirtschaft und Kurzumtrieb	33
2.7 Zukünftige Nachfrage nach Holzprodukten	37
2.8 Zukünftige Nachfrage nach Zellstoff- und Papierprodukten	39
2.9 Holz-Bioraffinerie	40
2.10 Prozessketten der Holzverarbeitung	42
2.10.1 Prozesse der weiterverarbeitenden Holzindustrie	44
2.11 Prozesse der Zellstoffherstellung und Papierverarbeitung	45
2.11.1 Die Papierherstellung nach Produktgruppen mit Qualitätskriterien	45
2.11.2 Prozesse der Papierherstellung	49
2.12 Datenerhebung	50
2.12.1 Daten und Grundlagen zur Prozesskette Holz	51
2.12.2 Daten und Grundlagen zur Prozesskette Papier	51
3 METHODIK DER MODELLERSTELLUNG	53
3.1 Erstellung der Prozessmodelle	53
3.1.1 Beschreibung des Tools zur Modellerstellung	53
3.1.2 Durchführung der Modellerstellung	54
3.2 Prozessmodelle für die Holzverarbeitung	58
3.2.1 Plankonzept	58
3.2.2 Säge	60
3.2.3 Trocknung	61
3.2.4 Zimmerei / Holzbau	62

3.2.5	Bau nicht tragend	62
3.2.6	Brettschichtholz	62
3.2.7	Sonstiger Leimbau	63
3.2.8	Massivholzplatte	63
3.2.9	Möbelholz	64
3.2.10	Schalungsplatte	64
3.2.11	Verpackung	65
3.2.12	Profilholzherstellung	65
3.2.13	Parkettherstellung	65
3.2.14	Furnierherstellung	66
3.2.15	Spanplattenproduktion	66
3.2.16	MDF-Plattenherstellung	67
3.2.17	Pelletierung	67
3.2.18	Schnittholzimport	68
3.2.19	Schnittholz für Export	68
3.3	Verknüpfung der Prozessmodelle zum Modell Holzverarbeitung	68
3.3.1	Energiebereitstellung	69
3.3.2	Ausgleich von Außen	70
3.3.3	Altholz-Recycling	70
3.3.4	Altholz-Wiederverwendung	71
3.4	Verifizierung des Holz-Modells	71
3.5	Prozessmodelle für die Papier und Zellstoffherstellung	73
3.5.1	Plankonzept	73
3.6	Verknüpfung der Prozessmodelle zum Modell Papier und Zellstoff	78
3.6.1	Energiebereitstellung	79
3.6.2	Weitergabe der Flüsse auf die höchste Planebene	80
3.7	Verifizierung des Papiermodells	80
4	ERSTELLUNG DES GESAMTMODELLS - MODELLERGEBNISSE	85
4.1	Verknüpfung von Holz- und Papiermodell zu einem Gesamtmodell	85
4.1.1	Energieträgerbereitstellung und Emissionen	87
4.1.2	Transport	87
4.1.3	Modellbilanzierung und Ergebnisdarstellung	88
4.2	Ergebnisse des Gesamtmodells - Basiseinstellung ohne End-of-Life Betrachtung	89
4.2.1	Bilanzergebnis – Basismodell ohne End-of-Life	90
4.3	Ergebnisse des Gesamtmodells – Basismodell mit End-of-Life	91
4.3.1	Bilanzergebnis – Basismodell mit End-of-Life	93
5	ANWENDUNG DES MODELLS – SZENARIENRECHNUNGEN	95
5.1	Auswahl von Entwicklungsrichtungen für die Szenarien	95
5.2	Betrachtete Szenarien	96
5.3	Recycling-Szenario – Verstärkter Altholzeinsatz	96
5.3.1	Bilanzergebnis Verstärktes Altholzrecycling	98
5.4	Wiederverwendungs-Szenario	99
5.4.1	Bilanzergebnis	100
5.5	Effizienz-Szenario	100
5.5.1	Bilanzergebnis Effizienz-Szenario	102
5.6	Strukturelle Veränderungen – Verlagerung ins Ausland bzw. ins Inland	102
5.6.1	Auslagerungs-Szenario - Zellstoffproduktion ins Ausland	102
5.6.2	Integrations-Szenario - Zellstoff verstärkt im Inland	104
5.6.3	Zellstoff im Inland – Optimal-Szenario	106
6	SCHLUSSFOLGERUNGEN AUS DEN PROJEKTERGEBNISSEN	109

6.1	Schlussfolgerungen aus den Szenarien _____	109
6.1.1	Vergleich der Szenarien mit charakteristischen Flüssen _____	109
6.1.2	Vergleich der Szenarien mit Kennzahlen _____	112
6.2	Erkenntnisse für das Projektteam _____	116
6.3	Beschreibung der Neuerungen sowie ihrer Vorteile gegenüber dem Ist-Stand (Innovationsgehalt des Projektes) _____	118
6.4	Ableitung von Strategieempfehlung für den Holz- und Papierbereich _____	119
6.5	Beitrag zu den Zielen der 5. Ausschreibung _____	121
6.6	Beschreibung der Umsetzungs-Potenziale (Marktpotenzial, Verbreitungs- bzw. Realisierungspotential) für die Projektergebnisse. _____	122
7	AUSBLICK UND EMPFEHLUNGEN _____	124
7.1	Wie arbeitet das Projektteam mit den erarbeiteten Ergebnissen weiter? _____	124
7.1.1	Relevante Technologieentwicklungen und Verbesserungspotenziale im Holzbereich _____	124
7.1.2	Technologieentwicklungen und zukünftige Verbesserungspotenziale in der Zellstoff- und Papierproduktion _____	127
7.2	Für welche anderen Zielgruppen sind die Projektergebnisse relevant und interessant und wer kann damit wie weiterarbeiten? _____	130
7.3	Wo liegen die Chancen / Schwierigkeiten / Risiken bei der Realisierung / Umsetzung der Empfehlungen _____	131
7.4	Potential für Demonstrationsvorhaben _____	132
7.5	Empfehlungen für weiterführende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten _____	132
7.6	Resümee hinsichtlich der Ziele, die in dem Projekt verfolgt wurden - Darstellung, ob und wie diese erreicht wurden. _____	134
8	LITERATURVERZEICHNIS _____	137
9	ANHANG _____	140

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

- Abbildung 1: Entwicklung von Vorrat und Zuwachs in Österreichs Wald
- Abbildung 2: Holzbringung in Österreich
- Abbildung 3: Rindenanteil in Abhängigkeit des Durchmessers, zusammengestellt bei Teischinger 2009 (Vorlesungsunterlagen Holzindustrielle Prozesse, BOKU Wien)
- Abbildung 4: Lebenszyklus von Holzprodukten (weiterentwickelt nach OBERNOSTERER et al, 2007 und TEISCHINGER A., 2008)
- Abbildung 5: Entwicklung der Recycling Rate in Europa 1991-2008 (CEPI Key Statistics 2008 - European Pulp and Paper Industry, 2009)
- Abbildung 6: Übersicht über Agroforstwirtschaftssysteme
- Abbildung 7: Förderungs-Schema bei Kurzumtriebsflächen am Beispiel Niederösterreich (nach FHP Kooperationsplattform Forst Holz Papier, 2007)
- Abbildung 8: Weltweiter Bedarf an Papier und Karton 1980-2015 (SUHONEN 2006)
- Abbildung 9: Rohstoffbedarf für die Papier- und Kartonherstellung 1993-2020 (SUHONEN 2006)
- Abbildung 10: Kreislauf der Holz-Bioraffinerie (WINANDY J. et al., S.9, 2008)
- Abbildung 11: Übersicht über den Holzfluss in der Holzverarbeitung mit den relevanten Normen und Regelwerken in der Produktkette Holz
- Abbildung 12: Wassergehaltsschema (eigene Darstellung)
- Abbildung 13: Modellaufbau
- Abbildung 14: Datensatz eines Flusses, exemplarisch (Screenshot, eigene Darstellung)
- Abbildung 15: Prozess „Beleimen“ der Spanplattenherstellung
- Abbildung 16: Grundstruktur des Holzverarbeitungs-Modells
- Abbildung 17: Exemplarische Darstellung der Prozessplankonfiguration sonstiger Leimbau
- Abbildung 18: Darstellung der Pools mit Ausgleich nach Außen im Modell
- Abbildung 19: Prozessplan Spanplattenherstellung
- Abbildung 20: Auszüge aus dem Holzflussplan
- Abbildung 21: Grundstruktur des Papier- und Zellstoff-Modells
- Abbildung 22: Modellausschnitt Holzplatz
- Abbildung 23: Modellausschnitt Zellstoffproduktion
- Abbildung 24: Darstellung des Gesamtmodells. SRH....Sägerundholz, IRH....Industrierundholz, SNP....Sägenebenprodukte
- Abbildung 25: Auszug aus dem Transportplan des Modells
- Abbildung 26: Modellstruktur des Basismodells ohne End-of-Life Betrachtung

Abbildung 27: Modellstruktur des Basismodells mit Lebensende nach der Nutzung

Abbildung 28: Modellausschnitt End-of Life, Darstellung der Massenflüsse in Mt

Abbildung 29: Modellausschnitt End-of-life, Darstellung der Energieflüsse in TJ

Abbildung 30: Modellstruktur Verstärktes Altholzrecycling

Abbildung 31: Modellausschnitt Verstärktes Altholzrecycling

Abbildung 32: Modellausschnitt Ausgleichsprozesse Reststoffe, oben: Basiseinstellung, unten: Altholzrecycling

Abbildung 33: Modellstruktur Wiederverwendungs-Szenario

Abbildung 34: Modellausschnitt Energieträger im Effizienz-Szenario, links: Basismodell, rechts: Effizienz-Szenario

Abbildung 35: Modellausschnitt CO₂-Emissionen im Effizienz-Szenario, oben: Basismodell, unten: Effizienz-Szenario

Abbildung 36: Modellausschnitte aus dem Auslagerungs-Szenario oben: Zellstoffimport und Papierindustrie, unten: Ausgleichsprozesse Reststoffe

Abbildung 37: Modellausschnitt Integrations-Szenario, Holzversorgung der Papierindustrie und Zellstoffimport

Abbildung 38: Modellausschnitt Papierplan, Holzplatz mit Zellstoffherstellung

Abbildung 39: Modellausschnitte aus dem Optimal-Szenario oben: Rohstoff und Import in die Papierindustrie, unten: Ausgleichsprozesse Reststoffe

Abbildung 40: Vergleich der Szenarien, Rohstoffe und Produkte

Abbildung 41: Vergleich der Szenarien, Emission, Synergie und Wertsteigerung

Abbildung 42: Vergleich der Szenarien, Energie

Abbildung 43: Vergleich der Szenarien mit Kennwerten, Rohstoffe, Emissionsintensität

Abbildung 44: Vergleich der Szenarien mit Kennwerten, Energie und Wertsteigerung

Abbildung 45: Vergleich der Szenarien mit Kennzahlen, Bioenergie

Abbildung 46: Position der Szenarien in 4-dimensionalen Netzdiagrammen (1)

Abbildung 47: Position der Szenarien in 4-dimensionalen Netzdiagrammen (2)

Abbildung 48: Darstellung der Bedeutung der Altstoffe für die stoffliche Verwertung und den Energiebereich am Beispiel des Inland-Optimal-Szenarios

Abbildung 49: Entwicklung Produktion, Rohstoff-, Strombedarf und CO₂-Emissionen der Österreichischen Papierindustrie 1990-2006 (AUSTROPAPIER, 2008)

TABELLENVERZEICHNIS

- Tabelle 1: Strukturen des österreichischen Holzeinschlags
- Tabelle 2: Waldflächenverteilung in Tsd. ha und % (2000/02)
- Tabelle 3: Baumartenverteilung in % im Wirtschaftswald-Hochwald (1961/70 und 2000/02)
- Tabelle 4: Zukünftige Entwicklung des Holzvorrates in Europa – EFSOS Basis-Szenario (Mio. Vfm)
- Tabelle 5: Aufkommen der Holzabfälle (exklusive Verpackungsabfälle) im Jahr 2004 in Tonnen (BMLFUW, 2006, S. 65)
- Tabelle 6: Produktion, Altpapiereinsatz und Altpapiereinsatzquote bezogen auf die einzelnen Papiersortengruppen (nach AUSTROPAPIER Jahresbericht 2008)
- Tabelle 7: Prognosen für den österreichischen Holzbedarf bis 2020 (SCHWARZBAUER, 2005)
- Tabelle 8: Überblick Flächengewicht und Rohstoffeinsatz graphische Papiere
- Tabelle 9: Beispiele Flächengewicht und Rohstoffeinsatz Verpackungspapiere und Karton
- Tabelle 10: Die wesentlichen Input- und Outputmengen aus dem Modell
- Tabelle 11: Verifizierung der Energiedaten aus dem Holzmodell
- Tabelle 12: Gegenüberstellung der Inputströme Modell – Datenerhebung - Branchenbericht
- Tabelle 13: Gegenüberstellung der Outputströme Modell – Datenerhebung - Branchenbericht
- Tabelle 14: Bilanzergebnis – Basismodell ohne End-of-Life
- Tabelle 15: Bilanzergebnis – Basismodell mit End-of-Life
- Tabelle 16: Bilanzergebnis verstärktes Altholzrecycling
- Tabelle 17: Bilanzergebnis des Wiederverwendungs-Szenarios
- Tabelle 18: Bilanzergebnis des Effizienz-Szenarios
- Tabelle 19: Bilanzergebnis Auslagerungs-Szenario
- Tabelle 20: Bilanzergebnis Integrations-Szenario
- Tabelle 21: Bilanzergebnis Optimal-Szenario
- Tabelle 22: Vergleich der Szenarien mit wesentlichen Parametern
- Tabelle 23: Vergleich der Szenarien mit Kennzahlen

KURZFASSUNG

Bei der Umstellung auf eine erneuerbare Ressourcenwirtschaft, wie sie den Forderungen der Nachhaltigkeit und des Klimaschutzes entspricht, kommt einer effizienten Ressourcennutzung höchste Bedeutung zu. Obwohl bereits maßgebliche Effizienzsteigerungen erreicht wurden, wird die potenzielle Leistungsfähigkeit von Holz noch nicht ausgeschöpft und es geht technischer Wert und auch mögliche Wertschöpfung in der Prozesskette Holz verloren.

Die Arbeit zielte auf die Erstellung eines Prozessmodells für die österreichische Holz- sowie Papier- und Zellstoffindustrie ab, mit dem der Einsatz von forstlicher Biomasse für die Herstellung von Werkstoffen hinsichtlich der Ressourceneffizienz, der ökologischen Aspekte und der erzielten Wertschöpfung analysiert und optimiert werden kann. Es ist so aufgebaut, dass in Szenarien zukünftige Entwicklungen auf ihre Auswirkungen auf wesentliche Leistungsparameter untersucht werden können.

Es setzt bei der Entnahme aus dem Forst an, geht über die einzelnen Verarbeitungsprozesse, die den Detaillierungsgrad bis hinunter zu den Prozessen in den Anlagen der Betriebe aufweisen und endet beim Produkt unter Berücksichtigung der End-of-Life Optionen. Ohne derzeit die Nutzungsphase mit einzubeziehen, werden die möglichen Verwertungen nach dem Lebensende der Produkte im Modell berücksichtigt. Damit wurde auch ein konsistenter Rahmen für die Zusammenführung der Daten von Forst, Holzverarbeitung, Papierindustrie bis hin zu den Abfalldaten dieser Produkte geschaffen. Die im Zuge des Projekts erkannten fehlenden Übereinstimmungen der Daten sollen nun mit den jeweiligen Stellen besprochen und abgeglichen werden.

In Anwendung des Modells wurde exemplarisch aufgezeigt, wie in Szenarien zukünftige Veränderungen auf ihre Effekte untersucht und die Veränderungen der Leistungs- und Umweltcharakteristik des Gesamtsystems dargestellt und verglichen werden können. Die Ergebnisse scheinen plausibel, sie wurden mit verschiedenen Darstellungen untereinander verglichen und auf Aussagen hin mit Kennzahlen und Netzdarstellungen ausgewertet.

Die Ergebnisse zeigten nachfolgende Schwerpunkte für zukünftige Entwicklungsrichtungen:

- Verstärkte Integration zwischen Zellstoff- und Papierherstellung
- Weitere Steigerung der Energieeffizienz verbessert die Umweltperformance
- Verstärkte stoffliche Nutzung von Altstoffen
- Maßgebliche Potenziale für den Energiebereich im Altholz

Mit dem Modell steht nun ein Werkzeug zur Verfügung um technologische Verbesserungen, geänderte Rahmenbedingungen (z.B. Änderungen in der Rohstoffverfügbarkeit oder im Energiemix) und geänderte strukturelle Verhältnisse (z.B. Abwanderung der Zellstoffproduktion aus Österreich ins Ausland) sowie Synergien mit anderen Wirtschaftsbereichen (z.B. Verwertung von Rückständen) zu untersuchen. Spezifische Szenarienrechnungen, sind in Zukunft in Zusammenarbeit mit den Verbänden der betrachteten Fachbereiche geplant.

ABSTRACT

In the transition of the actual fossil based economy to a renewable based economy, as it is one of the major goals of sustainability and climate protection, an efficient use of resources is of utmost importance. Although substantial efficiency increases have already been achieved, the performance potential of wood has not been exhausted yet and technical merit and so possible added value in the process chain get lost.

The built model helps to analyze and optimize the use of forest biomass for the production of materials concerning the resource efficiency, ecological aspects and the achieved value added. It encompasses the whole wood processing and pulp and paper production and allows the examination of the ecological and economic effects concerning future developments in scenarios.

It starts on the input-side with the removal from the forest, includes the single production processes at a very detailed company level and ends with the product considering the end-of-life options. Without looking at the use phase detail, the possible utilization after the end of life of the products is taken into account. So a consistent frame for integrating the information of forest, wood processing, paper industry to the waste data of these products has been created.

Applying the model it was exemplarily demonstrated how the effects of future changes on performance and environmental characteristics of the overall system can be examined in scenarios. The results seemed to be plausible, they were compared among them with different parameters, with target indicators and diagrams. The analysis of the results showed the following priorities for future development directions:

- Increased integration of pulp and paper production
- Further increase in energy efficiency improves environmental performance
- Forced utilisation use of used materials (post-consumer waste)
- Significant potential for energy sector from the waste wood segments

With the created model now there is a tool available to investigate the effects of technological improvements, changes in framework conditions (changes in the availability of raw materials or energy,..), and changed structural conditions (shift of pulp production from Austria to other countries) as well as synergies with other sectors (recycling of residues,..). Specific applications are planned for the next years together with representatives of the respective branches.

1 Einleitung

1.1 *Allgemeine Einführung in die Thematik*

Bedingt durch die volkswirtschaftliche Bedeutung der heimischen Forst- und Holzwirtschaft ist ihre zukünftige Entwicklung wesentlich für Wirtschaft und Gesellschaft, zumal die Forst- und Holzwirtschaft vorwiegend auch in strukturschwachen Gebieten operiert bzw. operieren kann. Sie ermöglicht den dort tätigen Betrieben Wertschöpfung, die damit gleichzeitig die Betreuung und den Erhalt unserer Kulturlandschaft sicherstellt. Industriepolitische und betriebswirtschaftliche Entscheidungen in dieser Branche haben dadurch enorme gesellschaftspolitische und volkswirtschaftliche Auswirkungen. Um am Markt erfolgreich zu sein, wird zukünftig der Nachhaltigkeit von (Holz-) Produkten wesentlich mehr Bedeutung zukommen und die Marktchancen maßgeblich beeinflussen.

Die energetische Nutzung von Holz hat in den letzten Jahren als eine der Strategien im Kampf gegen den Klimawandel weltweit an Bedeutung zugenommen. Dies hat eine kontroverse Diskussion ausgelöst, inwieweit die vermehrte energetische mit der stofflichen Nutzung vereinbar ist. Eine verstärkte Nutzung von Holz für Energiezwecke kann der vorhandenen Holz-, Papier- und Zellstoffindustrie ihre Rohstoffbasis und damit die Grundlage für ihre Wertschöpfung entziehen. Es ist davon auszugehen, dass die direkte thermische Verwertung von Holz in den industrialisierten Ländern regional zu einer Verknappung beitragen wird. Die effiziente Nutzung des Rohstoffs Holz ist damit eine der wesentlichen derzeitigen Herausforderungen, deren Lösung auch zu klaren Marktvorteilen führen wird.

1.2 *Ausgangssituation/Motivation des Projektes*

In Österreich wird die Förderung der stofflichen Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen vorbereitet, wobei speziell bei der Umstellung auf eine erneuerbare Ressourcenwirtschaft einer effizienten Ressourcennutzung höchste Bedeutung zukommt. Diese verringert auch das Ausmaß der Rohstoffkonkurrenz mit anderen Bereichen. Daher sind alle Möglichkeiten einer Steigerung der Ressourceneffizienz auszunutzen. Optimale Ressourcennutzung strebt einerseits möglichst hohe Markteignung und Wertschöpfung bei möglichst geringem Ressourceneinsatz sowie andererseits möglichst geringe Umweltbelastungen in der Herstellkette an.

Der Rohstoff Holz wird vielseitig eingesetzt, etwa als Werkstoff, als Energieträger, als Grundlage für Platten, Papier, Zellulosefasern und Textilien sowie für Chemikalien. Obwohl im Lauf der Zeit zahlreiche Kuppelprodukte entwickelt und Kreisläufe geschlossen worden sind, wird der Rohstoff Holz doch nicht optimal genutzt und ganze Klassen von Nutzungsmöglichkeiten bleiben weithin unbeachtet. Obwohl die Forschung im Holzsektor in den vergangenen zehn Jahren einen starken Aufschwung erfahren hat, wird die potenzielle

Leistungsfähigkeit von Holz noch nicht ausgeschöpft und es geht technischer Wert und auch mögliche Wertschöpfung in der Prozesskette Holz verloren (Teischinger 2007).

Der größte Holzverbraucher innerhalb der Holzwirtschaft ist die Sägeindustrie, die Schnittholz für die inländische Weiterverarbeitung und für den Export erzeugt. Es fallen aber auch die für die Kaskadennutzung wesentlichen Sägenebenprodukte an. In der Papier- und Plattenindustrie hat der Rohstoffverbrauch deutlich zugenommen, die Verwendung von Sägenebenprodukten ist hier aber stärker gestiegen als der Einsatz von Rundholz.

In der Papierindustrie wird der nachwachsende Rohstoff Holz entweder direkt oder durch den Einsatz des Zwischenproduktes Zellstoff genutzt. Die Produktionsprozesse der Zellstoff- und Papiererzeugung zielen auf eine weitestgehende Nutzung erneuerbarer Energie ab und basieren auf kaskadischer Energienutzung, Kreislaufführung von Wasser, Wiederverwertung von Chemikalien und der Verwertung von Altpapier. Dies hat dazu geführt, dass in der Vergangenheit die Umweltauswirkungen bei der Produktion und Entsorgung von Zellstoff- und Papierprodukten deutlich verringert werden konnten, z.B. wurden in den letzten Jahren durch umfangreiche thermische Nutzung der biogenen Reststoffe die CO₂-Emissionen trotz deutlicher Produktionssteigerungen weitgehend konstant gehalten. Papier- und Zellstoffprodukte bieten auch das Potenzial, andere aus fossilen, nicht erneuerbaren Rohstoffen hergestellte Produkte des täglichen Bedarfs zu ersetzen.

1.3 Zielsetzungen des Projekts

Die Arbeit zielt auf die Erstellung eines Prozessmodells für die österreichische Holz- sowie Papier- und Zellstoffindustrie ab, mit dem die Nutzung von forstlicher Biomasse für die Herstellung von Werkstoffen hinsichtlich der Ressourceneffizienz, der ökologischen Aspekte und der erzielten Wertschöpfung analysiert und optimiert werden kann.

Das Modell bietet die Möglichkeit zur Berechnung der Umwelt- und Leistungscharakteristik der gesamten Holznutzungskette, aber auch von einzelnen Prozessketten. Dadurch erlaubt es die Überprüfung, inwieweit die Ressourcennutzung sowohl durch strukturelle als auch absehbare technologische Veränderungen zu verbessern ist. Strukturelle Verbesserungen können durch verstärkte Vernetzung der einzelnen Produktionsprozesse bzw. Prozessketten zu einer höheren Effizienz führen. So können die Wertschöpfungsketten im Holzbereich beispielsweise durch verstärkte kaskadische Nutzung der Rohstoffe und durch das Schließen von Kreisläufen optimiert werden. Als technologische Verbesserungen werden unter anderem Effizienzsteigerungen in der Energiebereitstellung betrachtet.

Diese Verbesserungen werden über die Funktionalität des Modells implementiert. Das erlaubt die Berechnung der Umwelt- und Leistungscharakteristik der gesamten holzverarbeitenden Industrie, sowie auch einzelner Prozessschritte bzw. -ketten. Die Ergebnisse der mit dem Modell erstellten Szenarien werden an Hand definierter Zielparameter (Ressourceneffizienz, Wertschöpfung, klimarelevante Emissionen,...) verglichen, um daraus Tendenzen für zielgerichtete Entwicklungen abzuleiten.

Das Modell bietet damit die Möglichkeit

- Synergiepotenziale zwischen einzelnen Prozessketten im Hinblick auf Ressourcenverfügbarkeit und Energiebedarfsdeckung zu erkennen und Voraussetzungen für deren Realisierung darzustellen.
- die Auswirkungen von Effizienzsteigerungen (z.B. in der Energiebereitstellung) auf die Umweltcharakteristik und die Wertschöpfung der einzelnen Prozessketten aber auch auf das Gesamtsystem abzuschätzen.
- Maßnahmen zielgerichtet und effektiv zu setzen.
- Effekte von Unterstützungsmaßnahmen, Gesetzgebung und Förderungen hinsichtlich ihrer Zielgerichtetheit abzuschätzen.
- einen weitgehenden Schutz oder zumindest Vorwarnungen vor nicht beabsichtigten negativen Nebenwirkungen - speziell bei veränderten wirtschafts- und gesellschaftspolitischen - Rahmenbedingungen zu erhalten.

Das Modell ermöglicht zukünftige Entwicklungsrichtungen im Hinblick auf ihre Beiträge zur Steigerung der Energie -und Ressourceneffizienz der Holznutzung zu untersuchen. Damit können Möglichkeiten identifiziert werden, die Ressource Holz möglichst effizient einzusetzen. Es können aber auch nicht beabsichtigte negative Effekte von gesetzten wirtschaftlichen oder legislativen Maßnahmen frühzeitig erkannt und somit vermieden werden. Die mit dem Modell mögliche Szenarienanalyse, deren Potenzial anhand einiger Beispiele aufgezeigt wird, soll zu einem wichtigen Hilfsmittel zur weiteren Stärkung und Weiterentwicklung der Holzwirtschaft nach den Prinzipien einer nachhaltigen Entwicklung werden.

1.4 Beschreibung des Standes der Technik

Für die Darstellung der derzeitigen Situation in den Verarbeitungsbereichen werden Material- und Energieflussdarstellungen verwendet. So liegt für den Bereich der Holzverarbeitung eine Darstellung des Holzflusses vor. Diese berücksichtigt die Entnahme des Holzes aus dem Wald für die Holzverarbeitung und für den Energiesektor, beinhaltet aber nicht mehr alle für die Papierindustrie relevanten Holzflüsse. Diese Betrachtungen fassen nur aktuelle Holzflüsse zusammen und stellen kein Modell mit funktionalen Verknüpfungen der einzelnen Prozesse dar. Damit ist auch keine Anpassung an Veränderungen über Technologie- oder Strukturparameter, wie sie für Szenarienanalysen notwendig ist, möglich. Weiters ist keine Berechnung anderer Flussgrößen, wie Energieflüsse oder Komponentenflüsse (z.B. Kohlenstoff oder CO₂), aus diesen Darstellungen möglich.

Die statistische Datenbasis über die Holz-, Rohstoff- und Energieströme hin zu den stofflichen und energetischen Nutzern des Rohstoffs (Input) ist in Österreich als gut einzustufen. Daten zu den Stoff-, Produkt-, Energie-, Emissions- und Reststoffströmen sowie die dabei erzielte Wertschöpfung sind ebenfalls vorhanden.

Der entscheidende Prozessschritt – die Umwandlung des Rohstoffs in ein Produkt oder in Energie und die dabei anfallenden Emissionen und Reststoffe unter Berücksichtigung der eingesetzten Verfahren – wird dabei jedoch immer als „Black Box“ betrachtet. Für einzelne Verfahren bzw. Verfahrensschritte existieren Prozessmodelle als „Insellösungen“, ein einheitliches Prozessmodell für das Gesamtsystem der Holzverarbeitenden Industrie mit einem Detaillierungsgrad bis hinunter zu den einzelnen Hauptverarbeitungsschritten bei den jeweiligen Nutzern steht aber noch nicht zur Verfügung.

Es liegt auch kein gemeinsames Modell für alle forstbasierten Bereiche vor, das die Daten an den einzelnen Stellen in konsistenter Form verbindet. Daher ist derzeit beispielsweise nicht ersichtlich, ob z.B. der aktuell angenommene Anteil von Altholz in den einzelnen Produktionsbereichen mit den Sammel- und Verwertungsquoten übereinstimmt, und noch weniger, welche Auswirkung ein erhöhter Einsatz von Altholz in der Plattenproduktion auf die anderen Bereiche hätte.

1.5 Beschreibung der Vorarbeiten zum Thema

Das Institut für Industrielle Ökologie beschäftigt sich seit vielen Jahren mit der Modellierung von Stoffströmen. Dabei ist neben der Modellierung auch die ganzheitliche Bewertung von Produkten und Branchen mit Ökobilanzen ein wesentlicher Schwerpunkt der Arbeiten. Nachfolgend sind wesentliche Arbeiten verschiedener Institutionen angeführt, die für das vorliegende Projekt wesentliche Grundlagen und Daten enthalten:

- Holzströme in Österreich 2005 (austrian energy agency, klima:aktiv)
- Ganzheitliche Bilanzierung der Holzströme in Österreich (austrian energy agency)
Angaben zu den Materialflüssen des Imports, Holzeinschlags und zum sonstigen Holzaufkommen, zu den Sägenebenprodukten und zur energetischen Verwertung.
- Technology Roadmap Holz (TRM) 2015; Inst. f. Holzforschung, BOKU, Technopolis, im Auftrag des BMVIT - Die TRM Holz- Österreich befasst sich primär mit den nachfolgenden Querschnittsthemen, welche die verschiedenen Wertschöpfungsketten im Holzsektor überschreiten und sie miteinander verbinden:
 - 'Wertschöpfungsketten: Optimierung der Prozesskette Holz durch kaskadische Nutzung und Schließen von Kreisläufen
 - 'Technologien: neue intelligente Nutzungsformen von Holz und Holzprodukten sowie die erforderlichen Technologien und Organisationsformen
 - Holzstandort Österreich: Unternehmensstrategien zum Standorterhalt
 - Umsetzung, Normung und Standardisierung
 - Annex (verfasst von P. Schwarzbauer) mit branchenintern akkordierten Daten zur österreichischen Forst-, Holz- und Papierwirtschaft
- Innovations-Roadmap 2020 für die Schweizer Holzwirtschaft

- Nationale Forschungsagenda für den waldbasierten Sektor in Österreich, BMVIT, BMWA, FBS, FHP, 2008
- Die Papierfabrik im Jahre 2030, Joanneum Research, Institut für Industrielle Ökologie und Institut für Papier- Zellstoff- und Fasertechnik der TU-Graz, im Rahmen Fabrik der Zukunft, 2004. Ausgehend von der Technologie und dem Umweltstandard der Papierindustrie zu Beginn des 21. Jahrhunderts werden Szenarien entwickelt, die die Herstellung von Zellstoff, Holzstoff und Papierprodukten im Jahr 2030 als integrierten Bestandteil einer nachhaltigen Wirtschaft und die Papierindustrie als Anbieter von nachhaltigen Produkten beschreiben. Ausgehend von der damaligen Situation werden das Ausmaß der Realisierung einer nachhaltigen Wirtschaftsweise in der Papierproduktion untersucht, und Zielrichtungen für die Adaptierung der Papierproduktionsprozesse in Richtung Nachhaltigkeit ermittelt.
- Holzwende 2020 (www.holzwende2020.de); Perspektiven der Wald- und Holzwirtschaft für die Erschließung von nachhaltigen Zukunftsmärkten für den Baubereich

1.5.1 Kurzbeschreibung des Aufbaus (Kapitel) des Endberichts

Die Arbeit gibt in der Einleitung ([Kap. 1](#)) einen Überblick über die Thematik, die bisherigen Lösungsansätze und Arbeiten und definiert daraus die Zielsetzung des Projekts. [Kapitel 2](#) gibt Hintergrundinformationen zur Thematik, beschreibt die Herkunft der Daten und die aktuelle Situation in der Holzverarbeitung. Dabei werden die wesentlichen Strukturen, die nachfolgend in der Modellerstellung verwendet werden, festgelegt. In [Kapitel 3](#) werden dann die einzelnen Elemente des Modells, die Prozesse und Prozessgruppen und deren Aufbau beschrieben. Die einzelnen Prozesse werden zu den Modellen der Zellstoff- und Papierherstellung und der Holzverarbeitung verbunden, und die Einzelmodelle werden durch den Vergleich mit den erfassten Daten der Fachverbände des Sektors verifiziert. In [Kapitel 4](#) werden die bis dahin getrennt aufgebauten Einzelmodelle zu einem Gesamtmodell verknüpft, Modellflüsse für Schnittstellen nach Außen, Energieträgerversorgung, notwendige Ausgleichsflüsse, Recycling, Verwertung und CO₂-Emissionen werden eingeführt. Für die die IST-Situation beschreibende Modellkonfiguration werden die wesentlichen Flüsse aus den Gesamtbilanzen in Tabellen dargestellt. [Kapitel 5](#) widmet sich anschließend den Szenarien, die wesentliche Entwicklungsrichtungen abbilden. Die Ergebnisse werden in analoger Form in Tabellen dargestellt. [Kapitel 6](#) fasst die Ergebnisse der einzelnen Szenarien über verschiedene Parameter zusammen und leitet daraus Erkenntnisse über die Wirkung der betrachteten Entwicklungen ab. Im abschließenden [Kapitel 7](#) werden daraus Empfehlungen formuliert und ein Ausblick gegeben. Es wird auf offene Fragestellungen eingegangen, die sich aus der Projektarbeit ergeben haben, und die geplanten weiteren Arbeiten des Projektteams skizziert.

2 Hintergrundinformation zum Projektinhalt – Abgrenzungen, Strukturfestlegung und Datenerhebung

Mit dem im Zuge des Projekts entwickelten Modell werden die Prozessketten für die Herstellung marktfähiger holzbasierter Werkstoffe aus vorwiegend forstlichen Rohstoffen hinsichtlich der Funktionalität der einzelnen Prozesse mit einem objektorientierten Programmtool beschrieben. Die Schwerpunkte liegen dabei in der Beschreibung der einzelnen Prozesse hinsichtlich ihrer Input-Output Charakteristik, die gemeinsam im Projektteam aus den vorhandenen Kenntnissen der Produktionsprozesse aus der Praxis unter Einbeziehung der Ergebnisse von Literaturrecherchen zusammengestellt wurden und der Vernetzung der Prozesse mit den sie verbindenden Flüssen.

Dieses Kapitel beschreibt die Vorarbeiten zur Definition des Betrachtungsrahmens, aber auch zur Ermittlung der Datenquellen und zur Datensammlung, die vor allem durch die Projektpartner Institut für Holzforschung, BOKU Wien und Institut für Papier-, Zellstoff- und Fasertechnik, TU-Graz durchgeführt wurden.

Für den Umfang der Betrachtung des Modells wurden folgende Ausgangsstoffe bzw. Produkte festgelegt:

a) Ausgangsstoffe:

Forstliche Biomasse:

- Stammholz Säge
- Durchforstungsholz
- Industrierundholz

Altstoffe

- Altholz
- Altpapier

b) Produkte

Holzverarbeitung

- | | |
|-------------------------------|---|
| • Konstruktionsholz | • Schalungsträger |
| • Schalungen und Bretter | • Parkett |
| • Profilholz | • Furnier |
| • Brettschichtholz / Leimholz | • Verpackung |
| • Massivholzplatte | • Pellets |
| • Schalungsplatte | • (Brettsperrholz als „neues“ Produkt, zukünftig einzubeziehen) |
| • Spanplatte | |
| • MDF-Platte | |

Papier, Karton und Zellstoffe:

- Graphische Papiere (Magazin, Zeitung und Bilderdruck)
- Büropapiere
- Verpackungspapiere und Karton
- Hygienepapiere
- Zellstoff und Faserprodukte für textile und technische Anwendungen

In jedem Produktbereich wurde die Funktion des Produkts über Normen charakterisiert, um bei Bedarf eine Grundlage für die Bewertung der Funktionalität bei Veränderungen der Produkte zu schaffen.

2.1 Der Wald

Nach § 1a ForstG versteht man unter Wald eine bestockte Grundfläche, die mindestens eine Fläche von 1000 m² und eine durchschnittliche Breite von 10 m aufweist und mit bestimmten Holzgewächsen bestockt ist. Ebenfalls als Wald zählen aber z.B. auch Grundflächen, deren forstlicher Bewuchs infolge Nutzungen oder aus sonstigem Anlass vorübergehend vermindert oder beseitigt ist, wie dies etwa nach Windwürfen der Fall ist. Auch Forststraßen gelten als Wald (DEUTSCHMANN).

Nicht als Wald zählen etwa Baumreihen, soweit es sich nicht um Windschutzanlagen handelt, bestockte Flächen, die infolge ihres parkmäßigen Aufbaues ihres Bewuchses überwiegend anderen als Zwecken der Waldwirtschaft dienen oder auch forstlich nicht genutzte Strauchflächen mit Ausnahme solcher, die als Niederwald bewirtschaftet oder für welche die Schutzwaldeigenschaft festgestellt wurde.

Auch nicht als Wald gelten Flächen, die im Kurzumtrieb mit einer Umtriebszeit von bis zu 30 Jahren genutzt werden sowie Forstgärten, Forstsaamenplantagen, Christbaumkulturen und Plantagen von Holzgewächsen zum Zwecke der Gewinnung von Früchten wie Walnuss oder Edelkastanie soweit sie nicht auf Waldboden angelegt wurden und ihre Inhaber die beabsichtigte Betriebsform innerhalb von 10 Jahren nach Durchführung der Aufforstung oder Errichtung dieser Anlagen gemeldet hat.

Ob nun die Rechtseigenschaft „Wald“ im Sinne des ForstG gegeben ist oder nicht, hat etwa eine besondere Bedeutung für Nutzungsbeschränkungen, Rodungsverbot oder eine Wiederbewaldungspflicht.

Besteht nun ein Zweifel darüber, ob es sich um Wald im Sinne des ForstG handelt, so hat die Behörde von Amts wegen oder auf Antrag eines Berechtigten ein Feststellungsverfahren durchzuführen.

2.2 Aufkommen von forstlicher Biomasse

Laut Holzeinschlagsstatistiken wurden in Österreich im Jahr 2003 ungefähr 17 Millionen Erntefestmeter Holz ohne Rinde genutzt (Schwarzbauer, 2005) und ca. 8 Millionen Festmeter Rohholz importiert. Der Rohholzexport liegt dabei in einer Größenordnung von ca. 5 Prozent. Der Import von Rohholz ergibt sich aus einer Unterversorgung am heimischen Rohstoffmarkt (obwohl der jährliche Zuwachs weitaus größer ist als die Nutzung), wobei es teilweise auch aus der Sicht der Transportlogistik durchaus sinnvoll erscheint, bestimmte benachbarte Rohstoffmärkte zu nutzen (z.B. Rohholz aus Bayern für Tirol, Rohholz aus Slowenien für die Steiermark, Rohholz von den nordöstlichen Nachbarn für Niederösterreich etc.). Da im vorliegenden Modell die Modellgrenze beim Eingang in die Holzindustrie liegt (Sägeindustrie, Holzwerkstoffindustrie, Zellstoffindustrie), ist die Herkunft des Rohholzes bei dieser Systemgrenze vorerst ohne Bedeutung.

Im Durchschnitt des letzten Jahrzehnts (1997/2006) wurden in Österreich jährlich etwa 15.4 Millionen Erntefestmeter eingeschlagen (Zusammengestellt nach Daten von Schwarzbauer, 2009). Etwa 13 Millionen davon waren Nadelholz und der Rest Laubholz (siehe Tabelle 1). Zwischen 1962/71 und 1997/2006 hat der Gesamteinschlag um mehr als 50 % **zugenommen**, im Kleinwald am stärksten (+61 %), am wenigsten bei der ÖBf AG (+24 %). Am deutlichsten gestiegen ist die **Vornutzung**, die nun mehr als das Dreifache der 1960er Jahre beträgt.

Tabelle 1: Strukturen des österreichischen Holzeinschlags

Einschlags- kategorie	Ø 1962/71		Ø 1997/06		Veränderungen (97/06):62/71 (%)
	(Mio. Efm)	(%)	(Mio. Efm)	(%)	
Einschlag gesamt	10.22	100.0	15.36	100.0	+ 50.3
Kleinwald	5.07	49.6	8.16	53.1	+ 60.9
Betriebe	3.54	34.6	5.20	33.9	+ 46.9
ÖBf AG	1.61	15.8	2.00	13.0	+ 24.2
Nadelholz	8.58	84.0	13.09	85.2	+ 52.6
Laubholz	1.64	16.0	2.26	14.7	+ 37.8
Endnutzung	8.89	87.0	10.86	70.7	+ 22.2
Vornutzung	1.33	13.0	4.50	29.3	+238.3
Nutzholz	7.97	78.0	11.98	78.0	+ 50.3
Brennholz	2.25	22.0	3.38	22.0	+ 50.2

In absoluten Zahlen betrug Österreichs Holzeinschlag im Jahre 2005 rund 4 % des gesamten Einschlags der EU-27 und ca. 0,5 % des Welteinschlags. Gemessen am Pro-Kopf-Einschlag liegt Österreich mit 2,0 fm weit über den Werten für die EU-27 und der Welt (0.8 bzw. 0.6 fm). Weit übertroffen wird es von Skandinavien (6,7 fm). Vergleichsweise hoch ist auch Österreichs Nadelholzanteil mit 85 % gegenüber der EU-27 mit 74 % und der Welt mit 37 %. Im Nutzholzanteil scheint Österreich gegenüber dem europäischen Durchschnitt etwas zurückzuliegen, doch ist dies eher ein Definitions- bzw. Abgrenzungsproblem (Nutzholz – Brennholz). Verglichen mit dem Weltdurchschnitt - mehr als die Hälfte des Rohholzes wird als Brennholz verbraucht - hebt sich Österreichs Nutzholzanteil mit 78 % deutlich ab (Tabelle 1).

Laut österreichischer Waldinventur (2000/02) sind 3.96 Mio ha oder 47 % der österreichischen Staatsfläche mit Wald bedeckt, davon befinden sich 54 % im Besitz von Betrieben <200 ha (Kleinwald), 31 % im Besitz von Betrieben >200 ha und 15 % im Besitz der Österreichischen Bundesforste AG (ÖBf AG). Der größte Teil dieser Waldfläche, nämlich 3,37 Mio Mio (85 %), ist Ertragswald (BFW, 2004). (siehe auch Tabelle 2)

Tabelle 2: Waldflächenverteilung in Tsd. ha und % (2000/02)

Waldflächen	Summe	Kleinwald	Betriebe	ÖBf AG
Gesamtwald (%)	3.960 (100)	2.130 (54)	1.240 (31)	591 (15)
Ertragswald (%)	3.371 (100)	1.908 (57)	1.018 (30)	445 (13)
Schutzwald & Holzboden a. Ertrag (%)	589 (100)	222 (38)	222 (38)	146 (24)

Bei der **Baumartenverteilung** sind zwar nach wie vor die Nadelhölzer mit etwa 74 % (der Fläche), insbesondere die Fichte mit 60 %, vorherrschend, allerdings hat der Anteil der Laubhölzer zugenommen (Tabelle3). Diese Tendenz wird – nicht zuletzt auch wegen nationaler und EU-Fördergelder für Laub- bzw. Mischwälder, aber auch durch den Klimawandel – in Zukunft weiter bestehen.

Tabelle 3: Baumartenverteilung in % im Wirtschaftswald-Hochwald (1961/70 und 2000/02)

Baumart	1961/70	2000/02 ¹	Veränderung Prozentpunkte
Fichte	62.0	60.0	- 2.0
Tanne	4.3	2.6	- 1.7
So. Nadelholz	14.5	11.0	- 3.5
<i>Summe Nadelholz</i>	<i>80.8</i>	<i>73.6</i>	<i>- 7.2</i>
Buche	9.5	10.3	+ 0.8
So. Laubholz	8.8	13.9	+ 5.1
<i>Summe Laubholz</i>	<i>18.3</i>	<i>24.2</i>	<i>+5.9</i>
Sträucher	0.9	2.2	+ 1.3

¹ Anteile bezogen auf Fläche ohne Blößen/Lücken

Zwischen den Erhebungsperioden 1961/70 und 2000/02 hat sich die gesamte **Waldfläche** um ca. 270.000 Hektar (7 %) erhöht. Diese Erhöhung ist z.T. auf Veränderungen im Erhebungsverfahren, aber auch auf Neuaufforstungen bzw. Wiederbewaldung zurückzuführen. Die **Vorratserhöhungen** im selben Zeitraum liegen erheblich über den Flächengewinnen, was auch auf die unter dem Zuwachs liegenden Einschlagsmengen zurückzuführen ist (Abbildung1). Der Gesamtvorrat des Ertragswaldes stieg zwischen 1961/70 und 2000/02 um 45 %.

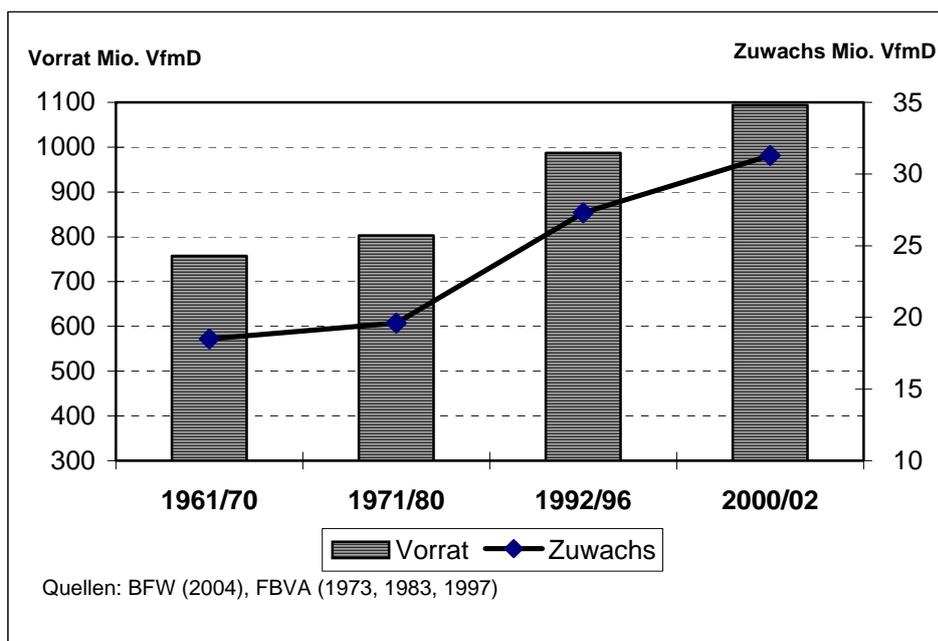


Abbildung 1: Entwicklung von Vorrat und Zuwachs in Österreichs Wald

Die zukünftige Entwicklung des stehenden Holzvorrates (als wichtigstem Indikator für zukünftige potenzielle Nutzungsmöglichkeiten) wird in allen europäischen Regionen als steigend angegeben (Tabelle 4) (UN-ECE/FAO, 2005a, b, c.)

Tabelle 4: Zukünftige Entwicklung des Holzvorrates in Europa – EFSOS Basis-Szenario (Mio. Vfm)

Land/Region	2000	2020	Jährliche Veränd. in %
Österreich	992	1.066	0,4
EU-15/EFTA Region	16.162	19.005	0,8
Mittel-/Osteuropa	8.590	9.662	0,6
GUS	83.775	100.691	0,9

In praktisch allen wichtigen „Holz“-Ländern Westeuropas wird die nachhaltig nutzbare Holzmenge (Zuwachs) nicht ausgeschöpft. Die Nutzungsmenge liegt deutlich unter dem Zuwachs (der nachhaltig nutzbaren Holzmenge). Absolut bedeutet dies für die EU-15 (alt) ein jährliches Minus von mehr als 100 Mio fm. Der größte Teil der nicht genutzten Holzreserven in Österreich liegt im Kleinwald (< 200 ha), in welchem weniger als die Hälfte des Potenzials geerntet wird.

Im gegenständlichen Modell wird die Produktkette Holz allerdings erst ab dem Einschnitt berücksichtigt und die angegebenen Zahlen und Daten richten sich daher nicht nach den Angaben der österreichischen Waldinventur, sondern nach den Kennzahlen der österreichischen Sägeindustrie bzw. Zellstoff- und Papierindustrie.

2.2.1 Forstliche Bringung im Überblick

Die Bringungsmethoden im Forst sind ebenso vielfältig wie die Rahmenbedingungen durch Standort und Bestand.

Abbildung 2 zeigt eine mögliche Gliederung nach dem Ort, der Arbeitsmethode und dem Mechanisierungsgrad. Für die einzelnen Arbeitsschritte unterscheidet man die Orte in Bestand, Rückegasse und Waldstraße, wo im Allgemeinen die Übergabe an einen LKW-Transport stattfindet. Als Arbeitsmethode kommen die Ernte und Rückung des Vollbaumes, des entasteten und abgewipfelten Stammes oder der fertig ausgeformten Bloche in Frage. Die Arbeitsvorgänge können unterschiedliche Mechanisierungsgrade aufweisen.

Die gewählte Strategie hängt von dem vorliegenden Relief, der forstlichen Erschließung, den verfügbaren Maschinen, dem Stammdurchmesser (Vornutzung, Endnutzung...), der Bestandsstruktur, der Baumartenzusammensetzung, der Jahreszeit sowie von den ortsüblichen Traditionen ab.

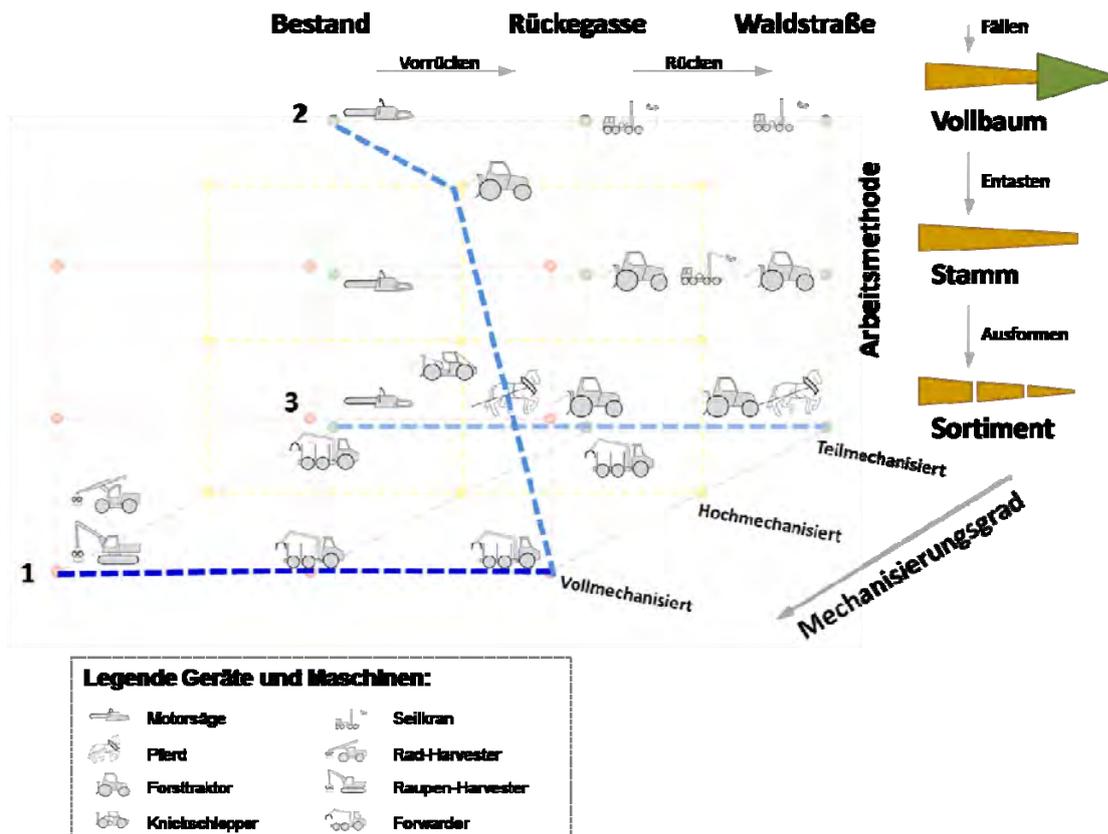


Abbildung 2: Holzbringung in Österreich

Die drei eingezeichneten Pfade in Abbildung 2 zeigen typische „Bringungsketten“ auf:

1. Harvester + Forwarder: vollmechanisiert, für mäßige Geländeneigungen, mittlere und schwache Baumdurchmesser.
2. Motorsäge + Forsttraktor + Forwarder: teilmechanisiert, alle Baumdurchmesser, im befahrbaren Gelände.
3. Motorsäge + Forsttraktor (oder Pferd): teilmechanisiert, im bäuerlichen Wald üblich, Pferde sind nur selten in sensiblen Gebieten im Einsatz.

Die Methodenwahl der forstlichen Bringung entscheidet maßgeblich über die Effizienz (Deckungsbeiträge) sowie über ökologische Aspekte (Schonung des verbleibenden Bestandes, Bodenverdichtung...).

2.3 Aufkommen von Holzabfällen und Altpapier

Wesentliche Aspekte der Holzverarbeitungskette sind das hohe Ausmaß von Integration und die Nutzung von Synergien zwischen den Betrieben, speziell die Nutzung von betrieblichen Koppelprodukten in Form von Sägenebenprodukten (SNP).

2.3.1 Aufkommen von Holzabfällen

Das jährliche Gesamtaufkommen der Holzabfälle beläuft sich laut Bundes-Abfallwirtschaftsplan (BAWP) auf 5,63 Millionen Tonnen. Hierzu zählen keine Verpackungsabfälle. Rinde, Sägemehl sowie Sägespäne stellen dabei den größten Anteil dar.

In der Prozesskette Holz werden Sägespäne sowie Schwarten und Spreißel jedoch nicht als Abfall (wie in Tabelle 5), sondern als Koppelprodukt bezeichnet, da diese wiederum zum Beispiel in der Holzwerkstoffindustrie (Schwarten und Spreißel auch in der Zellstoffindustrie) sowie zur Erzeugung von Pellets eingesetzt werden (BMLFUW, 2006, S. 65).

Tabelle 5: Aufkommen der Holzabfälle (exklusive Verpackungsabfälle) im Jahr 2004 in Tonnen (BMLFUW, 2006, S. 65)

Schlüsselnummern	Abfallbezeichnung gemäß ÖNORM S 2100 (2005)		Aufkommen
17101	Rinde		2.000.000
17102	Schwarten, Spreißel aus naturbelassenem, sauberem, unbeschichtetem Holz		620.000
17103	Sägemehl und Sägespäne aus naturbelassenem, sauberem, unbeschichtetem Holz		1.600.000
17104	Holzschleifstäube und -schlämme		120.000
17114	Staub und Schlamm aus der Spanplattenherstellung		120.000
17115	Spanplattenabfälle		280.000
17202	Bau- und Abbruchholz		270.000
17203	Holzwolle, nicht verunreinigt		3.500
17207	Eisenbahnschwellen	gefährlich	6.500
17208 17209	Holz (z.B. Pfähle und Masten), salzprägniert, mit gefahrenrelevanten Eigenschaften und Pfähle und Masten, teerölimprägniert	gefährlich	20
17211	Sägemehl und -späne, durch organische Chemikalien (z.B. ausgehärtete Lacke, organische Beschichtungen) verunreinigt, ohne gefahrenrelevante Eigenschaften		9.000
17212	Sägemehl und -späne, durch anorganische Chemikalien (z.B. Säuren, Laugen, Salze) verunreinigt, ohne gefahrenrelevante Eigenschaften		60
17213	Holzemballagen, Holzabfälle und Holzwolle, durch organische Chemikalien (z.B. Mineralöle, Lösemittel, nicht ausgehärtete Lacke) verunreinigt	gefährlich	26.000
17214	Holzemballagen, Holzabfälle und Holzwolle, durch anorganische Chemikalien (z.B. Säuren, Laugen, Salze) verunreinigt	gefährlich	10
17215	Holz (z.B. Pfähle und Masten), salzprägniert, ohne gefahrenrelevante Eigenschaften		36.000
	Gesamt gerundet		5,1 Mio

Auch wenn Rinde, Hackschnitzel und Sägespäne im BAWP als pre-consumer Abfälle bezeichnet werden, gelten innerhalb der Verarbeitungskette Forst- Holz folgende Bezeichnungen für die o.g. Fraktionen, die auch in den forst- und holzwirtschaftlichen Statistiken als solche behandelt werden:

Schlagrücklass: Darunter fallen Äste, Zopfstücke, Rindenteile etc., welche im Schlag verbleiben.

Rinde: fällt als Koppelprodukt an, welches heute durch die überwiegend eingesetzte Werkseintrindung (maschinelle Entrindung im Sägewerk) im Sägewerk bzw. im Spanplattenwerk anfällt. Die Rinde wird meist werksintern thermisch genutzt, bei spezieller Aufbereitung geht ein Teil auch als Dekorrinde in den Garten und Landschaftsbau bzw. wird ein Teil auch gemulcht (Rindenmulch). Grundsätzlich kann bei Nadelholz mit einem durchschnittlichen Rindenanteil von ca. 10 – 12 % des Stammvolumens gerechnet werden, wie in Abbildung 3 dargestellt ist.

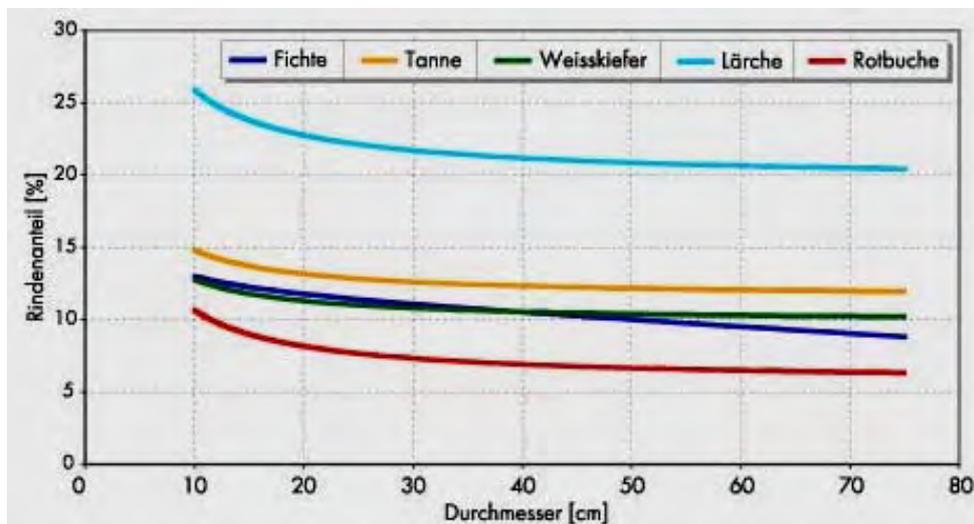


Abbildung 3: Rindenanteil in Abhängigkeit des Durchmessers, zusammengestellt bei Teischinger 2009 (Vorlesungsunterlagen Holzindustrielle Prozesse, BOKU Wien)

Hackschnitzel (Hackgut): ein mit speziellen Maschinen direkt in kleine Holzfraktionen aufgeschlossenes Rohholz. Alternativ kann es auch im Zuge des Sägewerksprozesses (Hacken der Brettschwarten und Spreißel bzw. direktes Abspannen am Stamm) erzeugt werden. (Länge und Breite ca. 2,5 cm, Dicke ca. 0,5 cm). Dabei wird zwischen Waldhackgut/ Energiehackgut (primär für Energiezwecke) und Sägewerkhackgut/Industriehackgut (als Rohstoff für die Zellstoffherzeugung bzw. die Holzwerkstoffindustrie) unterschieden. Hackgut für die Zellstoffherstellung wird dabei in der Regel hinsichtlich der Verteilung der Größe der Spanfraktionen (Grobgut und Feingut) über Stichproben beurteilt und danach mit Zu- und Abschlägen im Preis gehandelt.

Holzabfälle im holzindustriellen Prozess: sind primär jene Holzteile, die aus den verschiedenen Holzbe- und Verarbeitungsprozessen ausgeschleust werden und nicht als Sekundärrohstoff für andere Prozesse dienen, sondern thermisch verwertet werden. In der Regel sind dies: Kappabschnitte von Stämmen und Brettware, Rinden- und Astabschnitte, Aststummel,

Ausschuss-Stücke von Stammteilen und Brettware, Abschnitte von weiteren Bearbeitungsschritten wie dem Abbund von Holzbauteilen, Abfälle aus dem Plattenzuschnitt usw.

Post-consumer Altholz: ist Altholz aus einer vorherigen Verwendung von holzbasierten Produkten und kann aus Massivholz, Holz-/Holzwerkstoffverbunden, Holz-/Holzwerkstoffverbunden mit anderen Werk- und Baustoffen sowie aus Holzwerkstoffen (meist aus beschichteten Holzwerkstoffen) bestehen. Je nach Verunreinigung werden dabei verschiedene Altholzklassen unterschieden. Das Branchenkonzept Holz (1994) unterscheidet nach sieben Qualitätsklassen für Rest- und Althölzer.

Altholz wird je nach seiner Herkunft bzw. Zusammensetzung in unterschiedlichen Anlagen aufbereitet (z.B. Altholz sägewerk für den Verschnitt von Balken aus Altholz, Schredder-Anlagen, Altholzzerspanungsanlagen etc.) und die entstehenden Fraktionen werden bestimmten Prozessketten (primär Holzwerkstoffherzeugung und thermische Nutzung) zugeführt.

Da sich der inländische Holzkonsum (Konsum bzw. Nutzung von Produkten aus Holz- und Holzwerkstoffen) in den letzten Jahrzehnten sehr stark verändert hat (deutliche Zunahme der Nutzung von Holz und Holzwerkstoffen), die darauf basierten Produkte bzw. Nutzungen unterschiedlich lange Nutzungszeiten haben (z.B. Holztragwerk, Dachstuhl, Holzboden, Fenster/Türen, Möbel aus Holz und Holzwerkstoffen, Verpackungen aus Holz, Paletten etc.) und die Produkte auch unterschiedliche Dynamiken am Markt haben, ergibt sich zukünftig ein zunehmendes, sich in seiner Zusammensetzung aber auch veränderndes Potenzial an Altholz.

Im Rahmen der COST Action E31 wurde folgende Definition festgelegt: „Recovered wood is demolished solid products biomass and used products biomass that is going to be used in the same product for another purpose, generated from used solid wood products.“

Wesentlich bei der Betrachtung von Altholz ist auch die Zeitspanne, die das Produkt genutzt wird, die – je nach Nutzungsart – stark variiert. Holz zu Verpackungszwecken ist nur wenige Tage im Umlauf, Gebäude aus Holz hingegen haben eine Lebensdauer von bis zu einigen hundert Jahren. Die Lebensdauer von Fertighäusern ist beispielsweise auf 100 Jahre konzipiert (ÖNORM B 2310).

Ebenso sind Dimensionen, Kontaminationen und das Vorhandensein von anorganischem Material wesentliche Unterscheidungsmerkmale, nach denen sich auch die Marktpreise richten. Im Energiesektor ist der Ölpreis ein weiterer wichtiger Orientierungswert. Altholz liegt in verschiedensten Qualitäten vor, bedingt durch unterschiedliche Holzarten, Formen und Behandlungen. Hierbei gibt es ebenfalls keine EU-weite Vereinheitlichung der Klassifizierung von Altholz. In jedem Fall wird aber zwischen unbehandeltem und oberflächenbehandeltem Altholz unterschieden sowie zwischen nicht halogenbeschichtetem und halogenbeschichtetem Holz bzw. ob das Holz durch Oberflächenbehandlung als „gefährlicher Abfall“ eingestuft wird.

Im Rahmen der COST E31 wurde erhoben, dass Österreich mit 96 kg Altholz pro Einwohner über dem Durchschnittswert der EU von 65 kg/Kopf liegt. Damit ergibt sich eine derzeit anfallende Menge an Altholz in Österreich von 775.000 t pro Jahr (Bezugsjahr 2006), die sich wie folgt mengenmäßig aufteilt:

- 38.750 t Wiederverwendung (im selben Einsatz)
- 310.000 t Recycling (Downcycling)
- 325.500 t Energieerzeugung
- 15.500 t Deponie
- 77.500 t Kompostierung
- 7.750 t andere Nutzung

Erstrebenswert wäre in diesem Zusammenhang bereits im Designprozess der Produkte spätere Weiter- und Wiederverwendbarkeit bzw. Weiter- und Wiederverwertbarkeit zu berücksichtigen, wie im Lebenszyklus von Holz in Abbildung 4 dargestellt ist (MERL A. et al, S. 80-93, 2007, TEISCHINGER A. 2007).

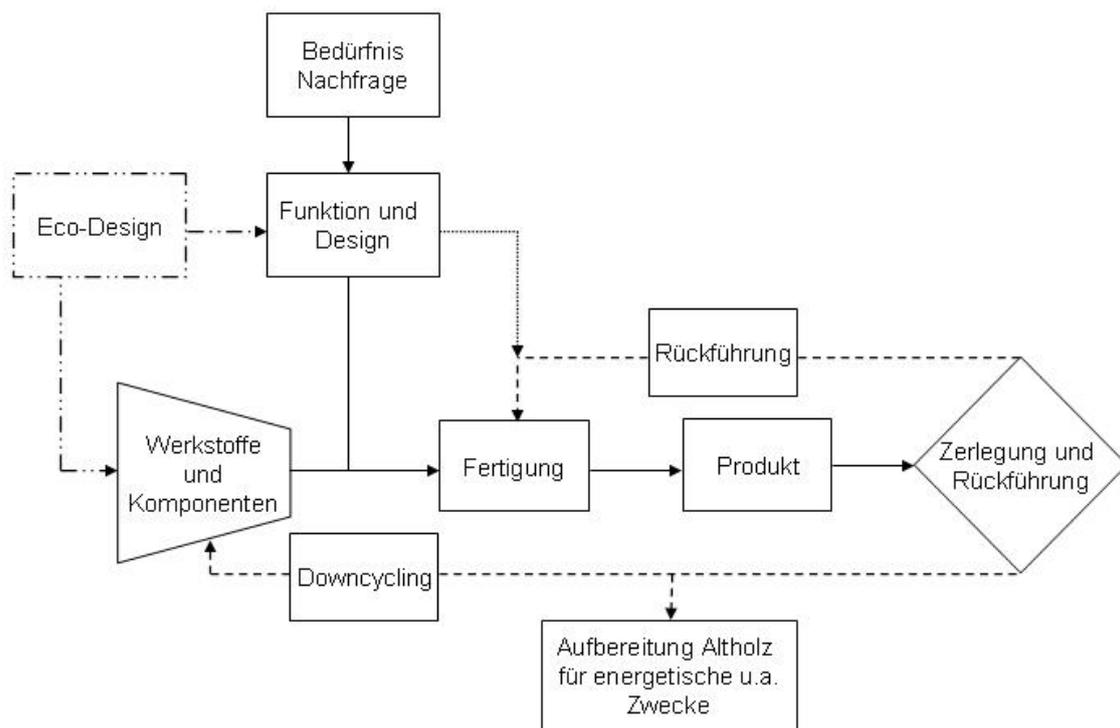
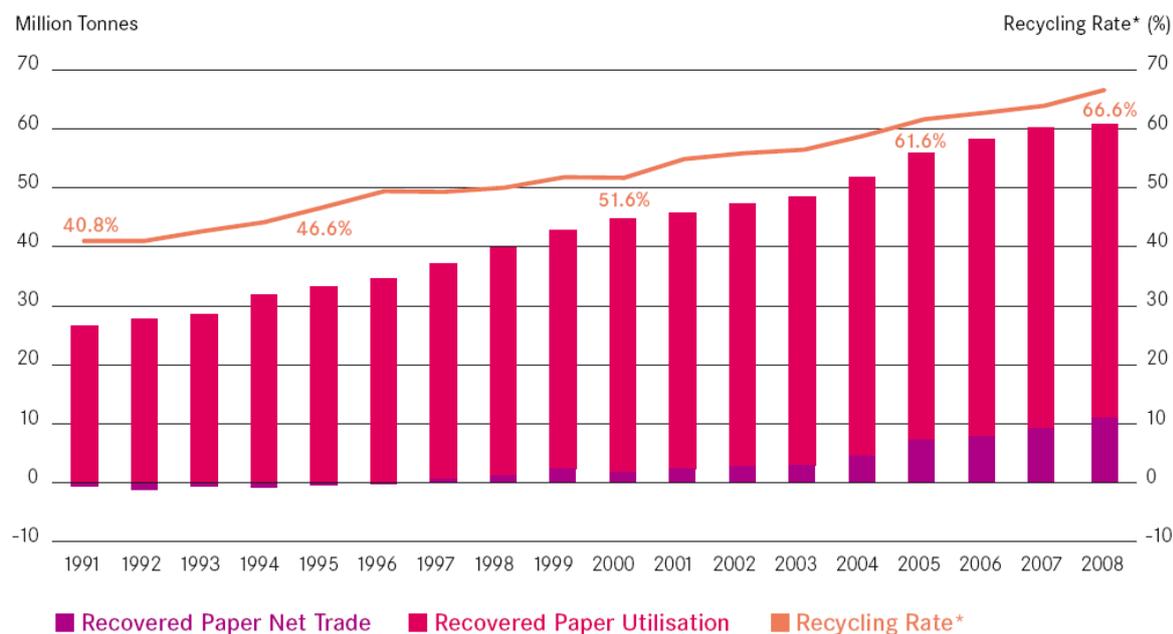


Abbildung 4: Lebenszyklus von Holzprodukten (weiterentwickelt nach OBERNOSTERER et al, 2007 und TEISCHINGER A., 2008)

2.3.2 Aufkommen von Altpapier

Recycling von Altpapier ist nicht nur ein immer wichtiger werdender Schritt im Papierherstellungsprozess, sondern Altpapier stellt laut CEPI (Confederation of European Paper Industries) in den meisten ihrer Mitgliedsländer den Hauptrohstoff der Papierindustrie dar.

Im September 2006 wurde die „European Declaration on Paper Recycling“ für 2006 – 2010 von den europäischen Verbänden der papiererzeugenden und papierverarbeitenden Industrie unterzeichnet, die auch von den wichtigsten Verbänden der Zulieferindustrie (z.B. Druckfarben- und Klebstoffhersteller) unterstützt wird. In dieser Erklärung verpflichtet sich die europäische Papierindustrie „66 % aller in Europa gebrauchten Papiere, Kartonagen und Pappen dem Recycling zuzuführen. Hierbei ist eine Schwankungsbreite von $\pm 1,5$ Prozentpunkten zu berücksichtigen, um den Fluktuationen des internationalen Papiermarktes gerecht zu werden. Die angestrebte Recyclingquote schließt die Altpapier-Nettoexporte in Länder außerhalb Europas ein“ (European Declaration on Paper Recycling, deutsche Fassung, 2006). Zwecks Erreichung dieses Zieles verpflichteten sich die Unterzeichner und Unterstützer der Erklärung auch zur Förderung aller Maßnahmen im Herstellungsprozess und in der Entwicklung, die zu einer Verbesserung der Recycelbarkeit und Deinkingfähigkeit von Papier- und Kartonprodukten führen. Wie in Abbildung 5 gezeigt, wurde dieses Ziel bereits im Jahre 2008 erreicht.



*Recycling Rate = "Recovered Paper Utilisation + Net Trade", compared to Paper & Board Consumption

¹ Europe means EU-27 countries plus Norway and Switzerland

Abbildung 5: Entwicklung der Recycling Rate in Europa 1991-2008 (CEPI Key Statistics 2008 - European Pulp and Paper Industry, 2009)

Österreich liegt mit einer Altpapierrücklaufquote (definiert als inländisches Altpapieraufkommen in Prozent des Papierverbrauches) von knapp 70 % im europäischen Spitzenfeld. Hinsichtlich der Altpapiereinsatzquote (Altpapierverbrauch in Prozent der Papierproduktion) liegt Österreich mit knapp 45 % im europäischen Mittelfeld, was auch auf den hohen Anteil an holzfreien Druckpapieren (z.B. Sappi Gratkorn, M*Real Hallein, Mondi Business Paper,...) an der österreichischen Gesamtpapierproduktion zurückzuführen ist. Bezogen auf die einzelnen Sortengruppen liegt die Altpapiereinsatzquote in Österreich zwischen 16,2 % (Druckpapiere) und 95,2 % (Hygienepapiere) (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6: Produktion, Altpapiereinsatz und Altpapiereinsatzquote bezogen auf die einzelnen Papiersortengruppen (nach AUSTROPAPIER Jahresbericht 2008)

Sorte	Produktion	Altpapiereinsatz	Einsatzquote
	1000 [t/a]	[1000 t/a]	[%]
Zeitungsdruckpapier	421	370	88,1
Druck-, Presse- u. Administrationspap.	2 642	428	16,2
Hygienepapiere	172	164	95,2
Verpackungspapiere	1,420	943	66,7
Faltschachtelkarton und Pappe	497	419	84,2
Insgesamt	5,153	2,324	45,1

Das österreichische Inlandsaufkommen an Altpapier betrug im Jahre 2008 (AUSTROPAPIER Jahresbericht 2008) knapp 1,45 Millionen Tonnen, wovon 1,08 Millionen Tonnen in der Papierindustrie eingesetzt wurden. Zur Abdeckung des Gesamtbedarfs der österreichischen Papierindustrie von 2,32 Millionen Tonnen wurden 1,24 Millionen Tonnen Altpapier nach Österreich importiert.

Papier ist das am meisten wiederverwendete Material in Europa. Dies ist nur möglich, da Altpapier auch zu den am besten gemanagten Recyclingmaterialien gehört. In der "European List of Standard Grades of Recovered Paper and Board" (CEPI/ERPA. 2002), die mittlerweile auch als Europäische Norm EN 643 vorliegt, erfolgt die Definition von insgesamt 67 Altpapiersorten über die Beschreibung der gewünschten Papiersorten und die Festlegung eines maximalen Anteils an Störstoffen (papierfremde Stoffe). Die 67 Altpapiersorten werden in 5 Hauptgruppen unterteilt:

- Gruppe 1: Untere Sorten
- Gruppe 2: Mittlere Sorten
- Gruppe 3: Bessere Sorten
- Gruppe 4: Krafthaltige Sorten
- Gruppe 5: Sondersorten

Mittels eines dreistelligen Codes x.yy.zz werden die Untersorten definiert, wobei x die Zugehörigkeit zur Hauptsortengruppe und yy die Untersortengruppe und zz Besonderheiten der Untersorten beschreibt. Nachstehend sind drei Beispiele für diese Sortenzuordnung angeführt:

- 1.10 Illustrierte und Zeitungen, gemischt
Eine Mischung aus Illustrierten und Zeitungen, die mindestens 60 % Illustrierte enthält, mit oder ohne Kleberücken.
- 2.02.01 Unverkaufte Zeitungen, Flexodruck unzulässig
Unverkaufte Tageszeitungen, frei von nachträglich hinzugefügten durchgefärbten Beilagen oder durchgefärbten Werbeprospekten, Schnüre zugelassen.
Flexobedrucktes Material unzulässig.
- 4.02 Gebrauchte Kraftwellpappe 1
Gebrauchte Verpackungen aus Wellpappe, Decken ausschließlich mit Kraftlinern, Welle aus Zellstoff oder Halbzellstoff

In der vorliegenden Arbeit wurde die Erfassung der eingesetzten Altpapiersorten anhand der Altpapier-Basisdatenerhebung der Austropapier durchgeführt in der folgende Sorteneinteilung verwendet wird (die jeweils zugehörigen Altpapiersorten gemäß EN 643 sind in Klammer angeführt):

- Gemischtes Altpapier (Sorten 1.01,1.02, 1.03, 5.01, 5.02, 5.03, 5.05)
- Wellpappe und Kraftpapiere (Sorten 1.04,1.05, 1.03, 4.01, 4.02, 4.03, 4.04,.4.05, 4.06, 4.07, 4.08, 5.04)
- Zeitungen und Illustrierte (Sorten 1.06,1.07, 1.07, 1.08, 1.09, 1.10, 1.11, 2.01, 2.02)
- Hochwertige Sorten (Sorten 2.03, 2.04, 2.05, 2.06, 2.07, 2.08, 2.09, 2.10, 2.11, 2.12, 3.01,3.02, 3.03, 3.04, 3.05, 3.06, 3.07,3.08, 3.09, 3.10, 3.11, 3.12, 3.13, 3.14, 3.15, 3.16, 3.17, 3.18, 3.19, 5.06, 5.07)

2.4 Charakterisierung der Qualität der biogenen Rohstoffe für die Holzverarbeitung

2.4.1 Qualitätsklassen - Rohholz

Rohholz (gefälltes, entastetes, auch abgelängtes Holz mit oder ohne Rinde) wird nach den Österreichischen Holzhandelsusancen in folgende Sortimente eingeteilt:

- Schäl- und Furnierholz
- Rundholz für den Sägeverschnitt
- Rundholz für andere Zwecke (z.B. Pfähle, Masten, Stangen)
- Industrieholz (Schleifholz, Faserholz, Sekundaholz, Plattenholz etc.)
- Schwellenrundholz
- Grubenholz
- Instrumentenholz (Resonanzholz)
- Energieholz

Davon sind die ersten vier Sortimente und Energieholz mengenmäßig und wirtschaftlich am bedeutendsten und wurden im vorliegenden Projekt einbezogen. Bei Nadelrundholz für den Sägeverschnitt wird das abgelängte Rohholz (Bloche) in die Qualitätsklassen „A“ (Wertholz), „B“, „C“, „Cx“ und „Braunbloche“ eingeteilt (nach den Österreichischen Holzhandelsusancen). Je nach Qualitätsklasse dürfen bestimmte Holzmerkmale wie „Äste“, „Risse“, „Pilz- und Insektenbefall“, „Farbe“ usw. vorkommen, bzw. muss jede Klasse einer allgemeinen Beschaffenheit entsprechen. Bei Laubrundholz für den Sägeverschnitt ist die Sortierung meist kundenindividuell vertraglich geregelt, folgt aber den Grundsätzen der Holzhandelsusancen. Das wirtschaftlich ebenfalls sehr wichtige Sortiment „Industrieholz“ wird je nach Dimension und Holzmerkmale in Schleifholz (IS), Faserholz (IF), Sekundaholz (I2), Plattenholz (IP) usw. eingeteilt.

Bei den vielen Sortimenten bzw. Qualitätsklassen musste im vorliegenden Projekt aus Gründen der Übersichtlichkeit (aber auch aus Gründen der Verfügbarkeit von Daten) der Rundholzbereich auf 3 Klassen (A, B, C) und Industrieholz reduziert werden.

2.4.2 Qualitätsklassen – Schnittholz

Schnittholz wird in verschiedenen Sortimenten gehandelt. Nach den österreichischen Holzhandelsusancen werden je nach Dimension des Querschnittes der Schnittprodukte folgende Sortimente unterschieden: Bretter, Pfosten (Diele), Latten, Staffeln, Kanthölzer, Leimbinderlamellen, Rohhobelware, Gerüstpfosten. Für Bretter und Pfosten aus Nadel schnittholz gibt es wiederum Güteklassen (Sortierklassen) (0, I, II, III, IV, V) mit 0 als bester und V als schlechtester Klasse. Für Kantholz, Staffeln und Latten gibt es ein ähnliches Sortiersystem mit in der Regel nur 3 Klassen, ebenso bei Laubschnittholz.

Aus der Vielzahl der Sortierklassen wurden für das vorliegende Projekt aus vergleichbaren Gründen wie beim Rundholz, drei Klassen (I, II, III) gebildet, und die jeweiligen Mengenströme wurden diesen Klassen zugeordnet (meistens nach Übersichtsschätzungen). Die hier angesprochenen Sortierklassen beziehen sich auf eine Erscheinungsbildsortierung und sind nicht auf Festigkeitsklassen zu beziehen. Eine kurze Erläuterung zur Festigkeitssortierung von Holz findet sich im Anhang.

Wird Schnittholz als tragender Baustoff bzw. für den Aufbau von tragenden Bauteilen eingesetzt, so wird die harmonisierte Rahmennorm ÖNORM EN 14081-1 „Holzbauwerke – nach Festigkeit sortiertes Bauholz für tragende Zwecke mit rechteckigem Querschnitt“ wirksam. Über diese Rahmennorm ist dann die ÖNORM DIN 4074 ff die nationale Sortiernorm für die visuelle Sortierung nach Festigkeitsklassen. Im Falle der maschinellen Sortierung erfolgt die Zulassung und Einstellung der Sortiermaschinen nach ÖNORM EN 14081-2 und ÖNORM EN 14081-4 (Österreichische Holzhandelsusancen, 1973; TEISCHINGER, 2000; Normen: ÖNORM EN 14081-1, ÖNORM DIN 4047 ff, ÖNORM EN 14081-2, ÖNORM EN 14081-4, SCHWANER, 2009).

Um die Qualitätsaufteilung des Schnittholzes für das Modell zu vereinfachen, wurden die laut Österreichischen Holzhandelsusancen üblichen Klassen zu drei Klassen zusammengefasst. Klasse 1 umfasst die ÖHHU Klassen 0 und I, Klasse 2 beinhaltet die ÖHHU Klassifizierung II und III und in die definierte Klasse 3 fallen IV und V laut den ÖHHU.

2.5 Charakterisierung der Qualität der biogenen Rohstoffe für die Zellstoff- und Papierproduktion

Sowohl die Holzstämmen als auch die Hackschnitzel müssen bestimmte Anforderungen erfüllen, um für die Papierproduktion verwendbar zu sein. In beiden Fällen darf die Lagerdauer nicht zu lange sein, da es sonst durch den Abbau von Cellulose zu einem Ausbeute- und Festigkeitsverlust kommt. Außerdem kann es zu einer Braun- bzw. Schwarzfärbung des Holzes kommen, was zu einer geringeren Endweiße des Produkts oder zu einem erhöhten Bleichchemikalienverbrauch führt. Weiters wird die Papierfestigkeit durch einen Pilzbefall verringert. Durch zu lange Lagerung trocknen Holzstämmen aus, wodurch die Entrindung erschwert wird.

Für Stammholz gilt, dass eine homogene und ausreichende Entrindung nur erfolgen kann, wenn die Stämme gerade gewachsen sind. Die Astigkeit muss gering sein, und das Holz muss frei von Fäule sein. Nur wenn die Holzfeuchte ausreichend hoch ist (>35%) splittert das Holz beim Hacken nicht, und es werden weniger Staub und Feinstoffe erzeugt. Der Holzdurchmesser sollte für die Zellstoffproduktion 10 cm und für die Steinschliffproduktion 20 cm nicht unterschreiten. Generell ist auch ein geringer Harzanteil vorteilhaft für den chemischen Aufschluss.

Bei Sägerestholz sind neben einem möglichst geringen Rindenanteil vor allem die Größe und die Homogenität der Hackschnitzel wichtig, um eine vollständige und gleichmäßige Imprägnierung mit Kochchemikalien zu gewährleisten. Sind die Hackschnitzel zu klein, ist zwar der Aufschluss schneller beendet, allerdings führt das auch zu einer vermehrten Faserkürzung, was wiederum einen Festigkeitsverlust zur Folge hat. Weiters kommt es bei zu kleinen Hackschnitzeln zu einem vermehrten Abbau von Celluloseketten und damit zu einem Festigkeitsverlust. Bei zu großen Hackschnitzeln ist der Aufschluss meist unvollständig, und unaufgeschlossene Holzstücke müssen nach der Kochung nach zerkleinert werden bzw. führen zu höheren Rejektraten.

2.6 Veränderung des Rohstoffpotenzials

2.6.1 Forstliche Biomasse

Die Entwicklung des Aufkommens von forstlicher Biomasse wurde in einer vom Lebensministerium in Auftrag gegebenen Studie untersucht (FORST). Hierbei wurden das verfügbare Potenzial sowie die Änderungen der Entwicklung in verschiedenen Szenarien simuliert. Die vom Forschungszentrum Wald durchgeführte Studie kommt zu dem Endergebnis, dass bei einer Betrachtung bis zum Jahr 2020 das Gesamtpotenzial bei 23,9 bis 31,1 Mio Erntefestmetern pro Jahr bei einem Gesamteinschlag von 25 bis 28 Millionen Erntefestmetern pro Jahr liegt (BMLFUW, 2009). Laut Österreichischer Waldinventur nimmt der Holzvorrat kontinuierlich über das Ausmaß der Nutzung zu. Bei Betrachtung der Jahre 2000/02 beträgt die Zunahme des Vorrates 12,46 Mio Vorratsfestmeter.

Schadauer (2008) definiert das Holz- und Biomasseaufkommen folgendermaßen: „Verfügbares Potenzial setzt sich zusammen aus dem theoretischen Potenzial abzüglich der Nutzungseinschränkungen. Das tatsächlich realisierbare Potenzial ergibt eine Multiplikation des verfügbaren Potenzials mit dem Mobilisierungsfaktor.“ Als beeinflussende Faktoren und Rahmenbedingungen führt er Nutzungseinschränkungen per Gesetz (Forstgesetz, Naturschutzgesetze) sowie ökonomische und ökologische Betrachtungen an. (Schadauer, 2008)

2.6.2 Mobilisierung von Holzreserven

Die Besitzverhältnisse im österreichischen Forst untergliedern sich in 15 % Anteil der österreichischen Bundesforste AG, 31 % größere Forstbetriebe und 54 % Kleinwaldbesitzer. Gerade im Kleinwald (Waldfläche bis zu 200 ha) liegt das größte Potenzial für die Mobilisierung von Holzreserven. Gründe für eine Nichtnutzung sind hier oftmals im sozioökonomischen Bereich zu finden. Hervorgerufen durch Absiedlungen und Haupterwerbe der Waldeigentümer außerhalb der Forstwirtschaft sind eine räumliche und

geistige Entfernung der Waldbesitzer von ihrem Wald die Folgeerscheinungen, die für ein Nichtnutzen des Zuwachses verantwortlich sind (Stern T. et al., S. 26f, 2007).

Im Rahmen einer Befragung unter Kleinwaldbesitzern in ganz Österreich wurde analysiert, wie und warum es zu ungenutztem Zuwachs kommt. Als konkrete Gründe für Durchforstungsrückstände wurden Zeitmangel, schlechte Holzpreise, fehlende Arbeitskräfte, sowie Unsicherheiten in der Bewirtschaftung genannt. Weiters wurden folgende Strategien vorgeschlagen, die zu einer besseren Nutzung der Holzreserven führen sollen:

Da die Preisfrage eine hohe Relevanz für Kleinwaldbesitzer darstellt, wurde das monetäre Instrument der Durchforstungsprämie angesprochen. Hierbei ergab die Umfrage eine rund 53%ige Befürwortung einer Prämienzahlung. Tendenziell steigt die Akzeptanz mit zunehmender Waldfläche, da die Auswirkungen im Vergleich zu den kleineren Klassen hier weitaus größer sind.

Ein weiterer Lösungsweg wäre die gemeinschaftliche Waldarbeit. Hierbei wurden bereits teilweise negative Erfahrungen mit Nachbarschaftshilfe gemacht, und daher war die Akzeptanz geringer. Als Gründe wurden hierbei Differenzen sowie Schwierigkeiten bei terminlichen Absprachen genannt.

Auf wenig Resonanz ist die Möglichkeit der Abgabe der Waldarbeit an Dritte gestoßen, da durch Inanspruchnahme einer externen Firma erneut Kosten anfallen. Ähnlich verhält es sich mit der Option des Stockverkaufs.

Die Gründung von Waldwirtschaftsgemeinschaften zeigte sich eher für Kleinwaldbesitzer mit mittelgroßem Anwesen als annehmbare Alternative. Dagegen sprechen für die Befragten Differenzen in der Gemeinschaft und Skepsis bzw. dass der einzelne keine Vorteile aus dem Zusammenschluss entdecken kann.

Die Aspekte der Weiterbildung und Beratung wurde ebenfalls als Lösungsmöglichkeiten in Erwägung gezogen.

Förderungen stellen ebenso ein nennenswertes Instrumentarium dar. Die Studie ergab einen mittleren Bekanntheitsgrad von vorhandenen Fördermaßnahmen, sowie eine mittlere Inanspruchnahme derer (HUBER, S. 19ff, 2007).

2.6.3 Agroforstwirtschaft und Kurzumtrieb

Unter dem Begriff „Agroforestry“ wird eine kombinierte Nutzungsweise verstanden, die landwirtschaftliche mit forstlicher Nutzung vereint. Klassische Plantagen mit Ackerbau und oder Viehzucht haben in Österreich derzeit keinen hohen Stellenwert. Gesetzliche Regelungen explizit für diesen Bereich wurden bis dato auch nicht erlassen. Andererseits kann Waldweide, die in Österreich 280.000 ha ausmacht, auch zu agrarforstlichen Bewirtschaftungsweisen gezählt werden. Die Nutzungsform Waldweide ist ebenfalls im Forstgesetz von 1975 geregelt. Unter § 37 sind wesentliche Aspekte angeführt, da diese Form der Nebennutzung den Wald in seiner Funktionsweise nicht beeinträchtigen darf.

Im Forstgesetz von 1975 befinden sich unter §1 (5) Ausführungen bezüglich der Holzproduktion im Kurzumtrieb. Kurzumtriebsflächen fallen nicht unter den Waldbegriff, sondern gelten als landwirtschaftliche Flächen, die bei der zuständigen Bezirksbehörde meldepflichtig sind. Bei einer Flächenwidmung der Kategorie Wald sowie bei unterbliebener Meldung findet das Forstgesetz mit allen Bestimmungen Anwendung. Der Mindestabstand zu angrenzenden Kulturen geht aus den jeweiligen Landesgesetzen hervor und ist bezüglich der Überschattung maßgeblich.

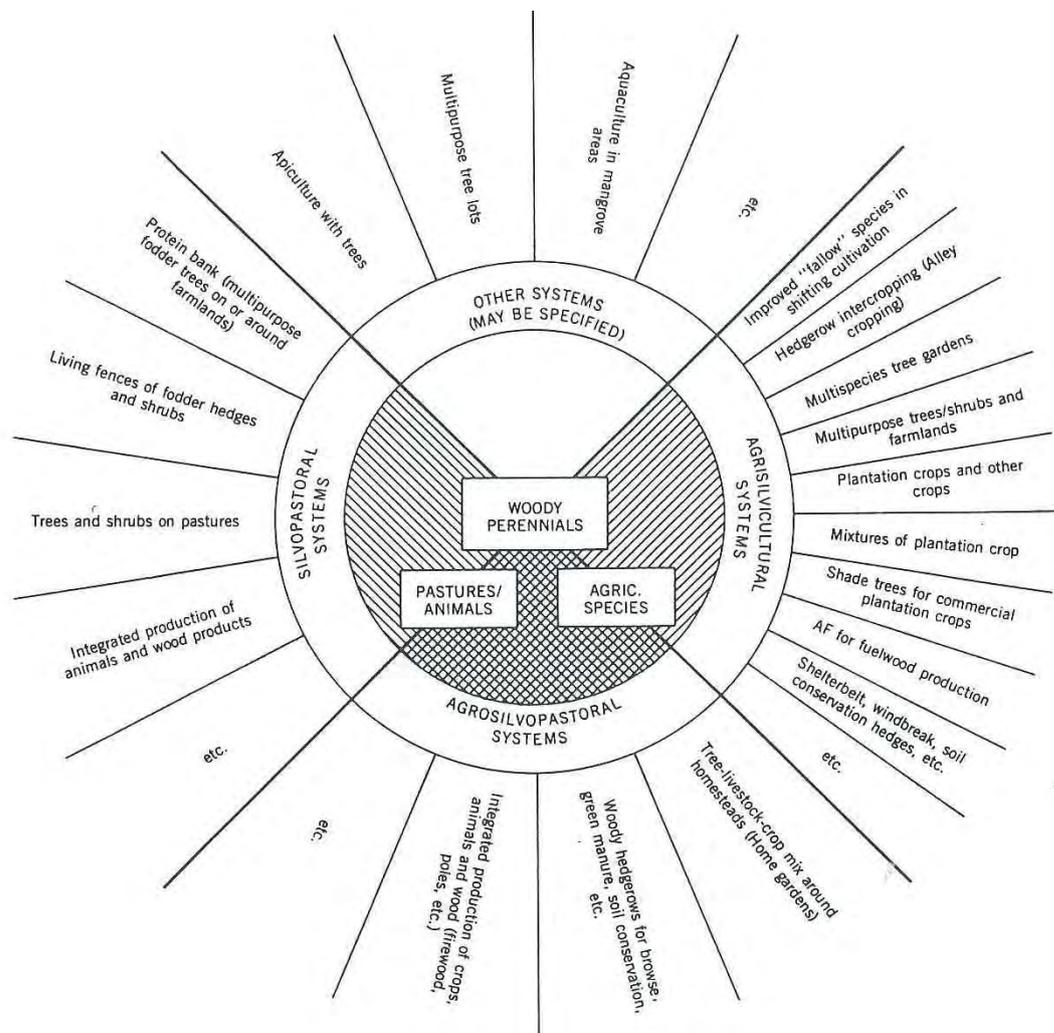


Abbildung 6: Übersicht über Agroforstwirtschaftssysteme

Eine Übersicht über das System von **Agroforstwirtschaft** ist in Abbildung 6 gegeben. Dabei werden die Systeme silvoarabel und silvopastoral dargestellt und mit landwirtschaftlichen Systemen verglichen.

- Als silvoarables System bezeichnet man den gemeinsamen Anbau von Bäumen bzw. Sträuchern und Feldfrüchten auf einer Fläche.
- Silvopastorale Formen bestehen aus Wiesen bzw. Weiden und/oder Nutztieren sowie Bäumen als forstlichen Bestandteil.

Das Zusammenwirken von Feldfrüchten, Wiesen bzw. Weiden, Weidentieren und Bäumen wird als agrosilvopastoral bezeichnet (STOCKINGER K., 2001).

Eine Bewirtschaftung im **Kurzumtrieb** bedeutet in der Regel Umtriebszeiten von 2-15 Jahren (nach den einschlägigen Bestimmungen bis zu 30 Jahren). Bei der Gewinnung von Energieholz betragen die Umtriebszeiten 2-4 Jahre, 8-15 Jahre werden zur Produktion von Industrieholz angenommen. Vorhandene Nährstoffe aus einer landwirtschaftlichen Vorkultur wirken sich positiv auf die Nährstoffbilanz aus, wodurch in den ersten Jahren kein Düngereinsatz notwendig ist (HOFMANN, S. 9ff, 1998). Bezüglich der Förderung von Flächen im Kurzumtrieb sind ebenso landesspezifische Gesetze heranzuziehen. Die folgende Abbildung zeigt am Beispiel Niederösterreichs einige der wichtigsten Punkte, die hierbei zu beachten sind.

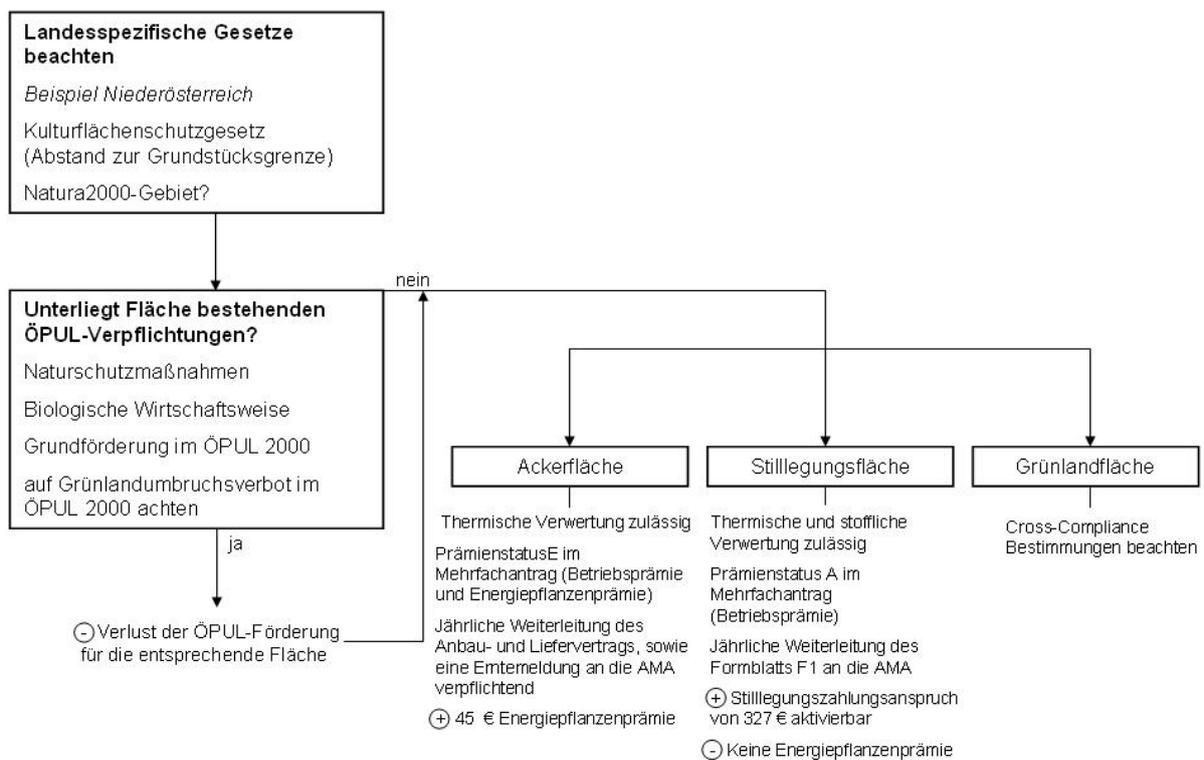


Abbildung 7: Förderungs-Schema bei Kurzumtriebsflächen am Beispiel Niederösterreich (nach FHP Kooperationsplattform Forst Holz Papier, 2007)

2.6.3.1 Erntetechnik für Kurzumtrieb

Zur Ernte von Holz im Kurzumtrieb sind drei Ernteverfahren hervorzuheben die im Folgenden angeführt sind:

- Motor-manuelles Ernteverfahren,
- forstwirtschaftliche Ernteverfahren und einphasige,
- maschinelle Vollerntesysteme.

Das motor-manuelle Ernteverfahren umfasst die Ernte mittels Motorsäge und den anschließenden Transport zu einem Lagerplatz, an dem die Stämme nach einer Lagerungsphase mit einem mobilen Hackgerät zu Hackschnitzeln verarbeitet werden können.

Im forstwirtschaftlichen Ernteverfahren werden Geräte wie beispielsweise der Harvester verwendet. Nach einer Lagerung kann hierbei Ganzholz entnommen oder mobil bzw. stationär gehäckselt werden.

Das am häufigsten angewandte Ernteverfahren stellt das einphasige, maschinelle Vollerntesystem dar. Hierbei erfolgen der Einschnitt und die Zerkleinerung in einem Arbeitsgang. Dieses Systems kann jedoch in Hanglagen nicht angewandt werden und eignet sich ausschließlich für kurze Umtriebszeiten. (Landeskammer für Land- und Forstwirtschaft Steiermark, 2009)

2.7 Zukünftige Nachfrage nach Holzprodukten

Schwarzbauer (2005) gibt in der European Forest Sector Outlook Study eine langfristige Vorausschau für das Angebot und für die Nachfrage von Holzprodukten in Österreich bis 2020 (siehe Tabelle 7). Die berechneten Verbrauchszahlen basieren dabei auf Wachstumsraten in der Größenordnung von 1,6 bis 2,9% für Schnittholz, Holzwerkstoffe, Papier und Pappe und beruhen auf Trendextrapolationen. Der Markt an holzbasierten Produkten bzw. die Nutzung von Holz sind sehr breit (Holz im Bauwesen tragend, Holz und Holzwerkstoffe im Ausbau und Innenausbau, Möbelbau, technische Produkte, Sportgeräte, Verpackungen und Transportwesen etc.) und können in den einzelnen zukünftigen Entwicklungen kaum abgeschätzt werden. Zum Teil ist der Holzbedarf für einzelne Produktgruppen gar nicht im Detail dokumentiert (z.B. Holzeinsatz im Bauwesen) und kann nur indirekt abgeschätzt werden. Für einzelne Produktkategorien gibt es aktuelle Studien, wie die Studie zum Holzbauanteil in Niederösterreich (Teischinger et al. 2008), die eine sehr dynamische Entwicklung des Holzanteils in verschiedenen Baukategorien zeigt (z.B. Holz im Einfamilienhausbau, Holz im Mehrfamilienhausbau, Holz im Gewerbe- und Industriebau). Daraus lassen sich bestimmte Trends ableiten (z.B. zukünftig kaum mehr Steigerung im Holzbauanteil im landwirtschaftlichen Bau, große Potenziale für die Zukunft im mehrgeschossigen Bau usw.), die wiederum zu absoluten Zahlen des zukünftigen Holzbedarfs im heimischen Holzbau führen.

Technologieänderungen (z.B. Einführung von Brettsperrholz als vorgefertigtes Holzbauelement – siehe Produktionszunahme in den letzten Jahren), aber auch neue Bauformen (z.B. relativ plötzliche Veränderungen der Dachformen von Häusern) können vergleichsweise kurzfristig zu erheblichen Marktveränderungen im Holzbedarf führen.

Tabelle 7: Prognosen für den österreichischen Holzbedarf bis 2020 (SCHWARZBAUER, 2005)

hist. Ø 1996- 2000	Reales jährliches Wirtschaftswachstum									
	BASIS			NIEDRIG			HOCH			
	2.1 (%) 2010	1.9 (%) 2020	jährl. Wach- stum (%)	1.9 (%) 2010	1.4 (%) 2020	jährl. Wach- stum (%)	3.0 (%) 2010	2.8 (%) 2020	jährl. Wach- stum (%)	
VERBRAUCH										
Schnittholz	4988	6144	7723	2.2	5991	7012	1.7	6900	9820	3.4
Holzplatten	1110	1308	1529	1.6	1287	1439	1.3	1416	1794	2.4
Zell- u. Holzstoff	2034	2620	3337	2.5	2415	2738	1.5	2743	3857	3.2
Papier und Pappe	1753	2414	3124	2.9	2355	2852	2.5	2664	3927	4.0
Brennholz (rund)	4400	5050	5300	0.9	5050	5300	0.9	5050	5300	0.9
PRODUKTION										
Schnittholz	8963	10304	11911	1.4	10064	11085	1.1	10892	13535	2.1
Holzplatten	2158	2795	3559	2.5	2642	3081	1.8	2910	4007	3.1
Zell- u. Holzstoff	1697	2085	2589	2.1	1925	2134	1.2	2181	2984	2.9
Papier und Pappe	4002	5965	8312	3.7	5462	6714	2.6	6267	9699	4.5
Brennholz (rund)	4400	5050	5300	0.9	5050	5300	0.9	5050	5300	0.9
NETTO-AUSSENHANDEL										
Schnittholz	3975	4160	4189	0.3	4073	4074	0.1	3991	3716	-0.3
Holzplatten	1048	1486	2029	3.4	1355	1642	2.3	1493	2213	3.8
Zell- u. Holzstoff	-337	-534	-748	4.1	-489	-604	3.0	-561	-873	4.9
Papier und Pappe	2249	3549	5186	4.2	3107	3862	2.7	3602	5769	4.8
Rund-/Industrieholz	-6319	-7798	-9587	2.1	-7545	-8759	1.6	-8197	-10851	2.7
ALTPAPIER										
Verbrauch	1728	2740	3810	4.0	2509	3078	2.9	2879	4446	4.8
Recycling	1174	1690	2188	3.2	1649	1997	2.7	1865	2750	4.3
Netto-Außenhandel	-554	-1049	-1622	5.5	-860	-1080	3.3	-1013	-1695	5.8
SÄGENEBENPRODUKTE (inkl. für Energiezwecke)										
Verbrauch	6528	8272	10438	2.4	7805	9020	1.6	8574	11699	3.0
Produktion	5696	6421	7271	1.2	6272	6766	0.9	6790	8267	1.9
Netto-Außenhandel	-832	-1851	-3167	6.9	-1533	-2253	5.1	-1783	-3432	7.3
ABGELEITETER EINSCHLAG (Efm)										
Nutzholz	14063	15137	16325	0.7	14646	14914	0.3	15913	18201	1.3
Brennholz (rund)	4400	5050	5300	0.8	5050	5300	0.9	5050	5300	0.9
Summe Einschlag	18463	20187	21625	0.8	19696	20214	0.5	20693	23501	1.2
Anteil Einschlag (VfmD) am Zuwachs (VfmD)	0.75	0.79	0.82	-	0.77	0.76	-	0.82	0.91	-

Österreich ist hinsichtlich der Produktion von Holz und Holzprodukten ein Exportland, sodass für die Entwicklung der Inlandsproduktion neben weiteren Standortfaktoren (siehe auch Technologie Roadmap für Holz in Österreich, Teischinger, Tiefenthaler 2009) wie Rohstoffverfügbarkeit, Produktionskosten, Infrastruktur usw. auch die Marktentwicklung und die Marktaufbereitung für Holzprodukte auf den Auslandsmärkten entscheidend sind. Aktuelles Beispiel ist ein enormer, kurzfristig entstandener Bedarf an Holzbauteilen und Brettsperrholz für den Wiederaufbau nach dem Erdbeben in L'Aquila in Italien. Derartige Marktstudien und Marktübersichten finden sich beispielsweise bei Stern et al. (2007) und Eder et al. (2007).

Konkrete Marktstudien gibt es derzeit vor allem für neue Holzprodukte wie Wood Plastic Composites (Eder et al. 2007) und andere innovative Holzwerkstoffe (Eder et al. 2006), wobei die derzeit produzierten und in naher Zukunft zu erwartenden Produktionsmengen

dieser neuen holzbasierten Werkstoffe im Vergleich zu den traditionellen Holzwerkstoffen sehr klein sind.

2.8 Zukünftige Nachfrage nach Zellstoff- und Papierprodukten

Basierend auf der Studie „World Paper Markets 2020“ von Jaakko Pöyry (Suhonen, 2006) kann davon ausgegangen werden, dass der weltweite Bedarf an Zellstoff- und Papierprodukten in den kommenden Jahren um 2,1 % pro Jahr steigen wird. Für das Jahr 2020 wird ein Bedarf von 490 Mio t vorausgesagt (2004 waren es im Vergleich 359 Mio t). Das Wachstum wird geographisch unterschiedlich sein mit den höchsten Wachstumsraten in Asien, Lateinamerika und Osteuropa. In Abbildung 8 ist der Anstieg des Bedarfs an Papier und Karton über die Jahre 1980 bis 2003 gemeinsam mit einer Prognose bis in das Jahr 2015 dargestellt.

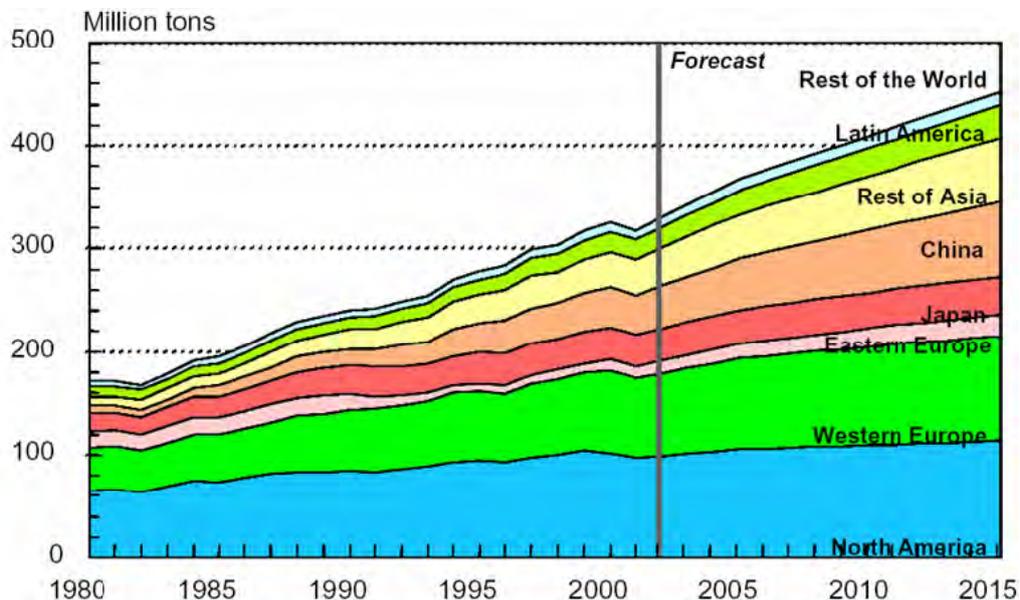


Abbildung 8: Weltweiter Bedarf an Papier und Karton 1980-2015 (SUHONEN 2006)

Eine Verlagerung des Bedarfs von Westen nach Osten beziehungsweise von Norden nach Süden ist schon jetzt zu beobachten und wird in den kommenden Jahren immer stärker werden. Mit dem Bedarf an Papier und Karton wächst auch der Bedarf an Rohstoffen. Hier wird vor allem Sekundärfaserstoff immer stärker an Bedeutung gewinnen, wie aus Abbildung 9 ersichtlich ist.

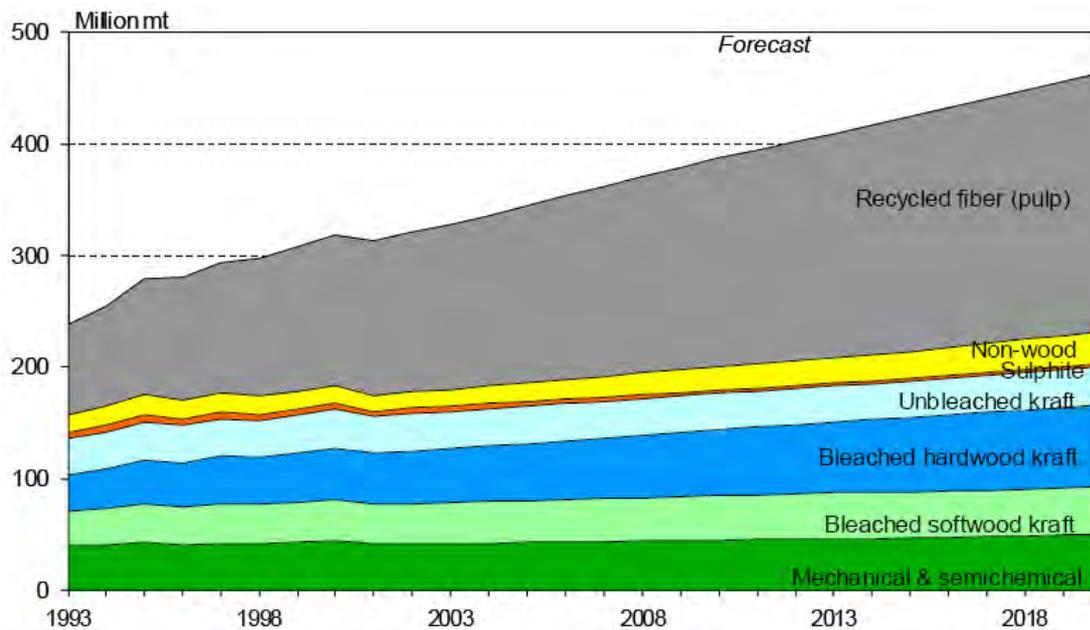


Abbildung 9: Rohstoffbedarf für die Papier- und Kartonherstellung 1993-2020 (SUHONEN 2006)

Für die Papierproduktion in Österreich wird bis zum Jahr 2030 ein Produktionsanstieg um 37 % gegenüber 2001 vorausgesagt (Endbericht „Fabrik der Zukunft“, 2003, Jungmeier et al.). Die steigende Nachfrage nach Papier geht Hand in Hand mit einer steigenden Nachfrage nach dem Rohstoff Holz, der trotz der steigenden Recyclingrate weiterhin die Grundlage für die Papierproduktion ist.

2.9 Holz-Bioraffinerie

Der Begriff Holz-Bioraffinerie ist noch nicht eindeutig definiert. Der übergeordnete Begriff der „Bioraffinerie“ ist beispielsweise durch National Renewable Energy Laboratory (NREL) folgendermaßen bestimmt: „A biorefinery is a facility that integrates biomass conversion processes and equipment to produce fuels, power and chemicals from biomass. The biorefinery concept is analogous to today’s petroleum refineries, which produce multiple fuels and products from petroleum.“

Davon abgeleitet ist die Holzraffinerie die chemische bzw. stoffliche und energetische Nutzung des Rohstoffs Holz. Die unterschiedlichen Holz-Bioraffinerie Konzepte werden derzeit national und international sehr intensiv beforscht, und erste industrielle Anwendungen haben bereits den Betrieb aufgenommen. Es ist davon auszugehen, dass die Zellstoff- und Papierindustrie in diesen Konzepten eine Schlüsselrolle einnehmen wird, da wesentliche Schlüsselprozesse (Holzverarbeitung, chemischer Aufschluss, Logistik, Energieanlagen...) bereits in der Branche implementiert sind und durch neuartige Konzepte ergänzt werden können.

Eine Holzraffinerie, wie in Abbildung 10 dargestellt, ist in Österreich in den nachfolgend beschriebenen Ausprägungen bereits realisiert:

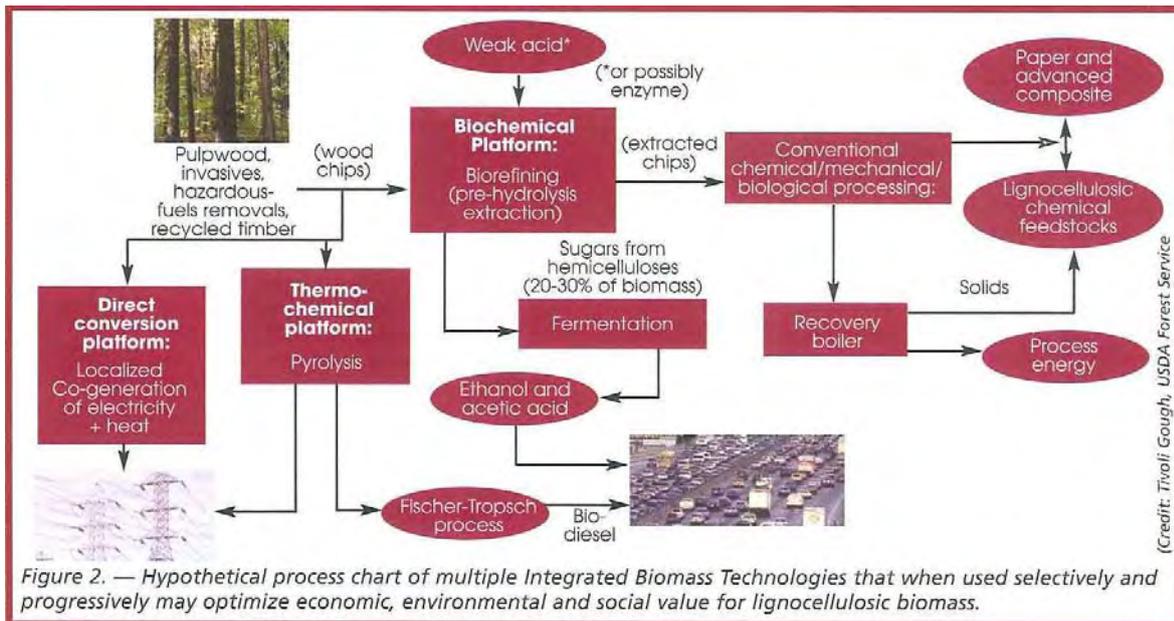


Abbildung 10: Kreislauf der Holz-Bioraffinerie (WINANDY J. et al., S.9, 2008)

In der „Holzraffinerie“ von Lenzing (HARMS 2006) wird neben dem Hauptprodukt Chemiezellstoff (reine Cellulose) für Chemiefasern ganz gezielt eine Reihe von Feinchemikalien auf Basis von Hemicellulosen gewonnen, wodurch der stofflich genutzte Rohstoffanteil deutlich gesteigert werden konnte. Rund 50% der verbleibenden Biomasse (primär auf Basis von Lignin) werden dabei noch thermisch genutzt, wobei die Ligninanteile einen vergleichsweise hohen Brennwert haben.

Auch die traditionelle Zellstoffindustrie arbeitet intensiv an Konzepten, die derzeit noch primär thermisch genutzte Ablauge auch teilweise stofflich zu nutzen, sodass vor allem die Zellstoffindustrie den Weg in die Bioraffinerie aufbereitet (DWORAK 2008). In einem Pilotprojekt soll Holzzucker aus der verbrauchten Kochsäure des Zellstoffprozesses bei M*Real Hallein zu Ethanol vergoren werden (Biomass to liquid-Verfahren/BTL).

Im europäischen Zentrum für erneuerbare Energie in Güssing wird u.a. Holz in synthetisches Erdgas (SNG) umgewandelt, mit dem Vorteil der hohen Flexibilität des Energieträgers. Im Jahr 2008 wurde in Güssing die weltweit erste Methanisierungsanlage (1 MW) errichtet, die das Holzgas aus dem angrenzenden Biomassekraftwerk in synthetisches Erdgas umwandelt. Das SNG kann über das Erdgasnetz verteilt werden und findet somit ein breites Spektrum von Anwendungen wie Heizung, Treibstoff für Fahrzeuge oder die Produktion von Strom und Wärme in Gaskombikraftwerken.

Welche Dimensionen die beiden letztgenannten bzw. die Vielzahl von derzeit in Entwicklung befindlichen Bioraffinerie-Konzepte annehmen werden und welche Rohstoffmengen dafür verfügbar gemacht werden müssen, lässt sich derzeit noch nicht abschätzen, daher wurden im Projekt derartige Szenarien in Hinblick auf kurzfristige und mittelfristige Entwicklungen vorerst noch ausgespart. Die Miteinbeziehung derartiger Konzepte stellt jedoch eine der Möglichkeiten für eine nächste Erweiterungsstufe des Modells dar.

2.10 Prozessketten der Holzverarbeitung

Die betrachtete Prozesskette Forst – Holz ist mit der verwendeten Einteilung in Prozesse und Prozessgruppen in der folgenden Abbildung dargestellt.

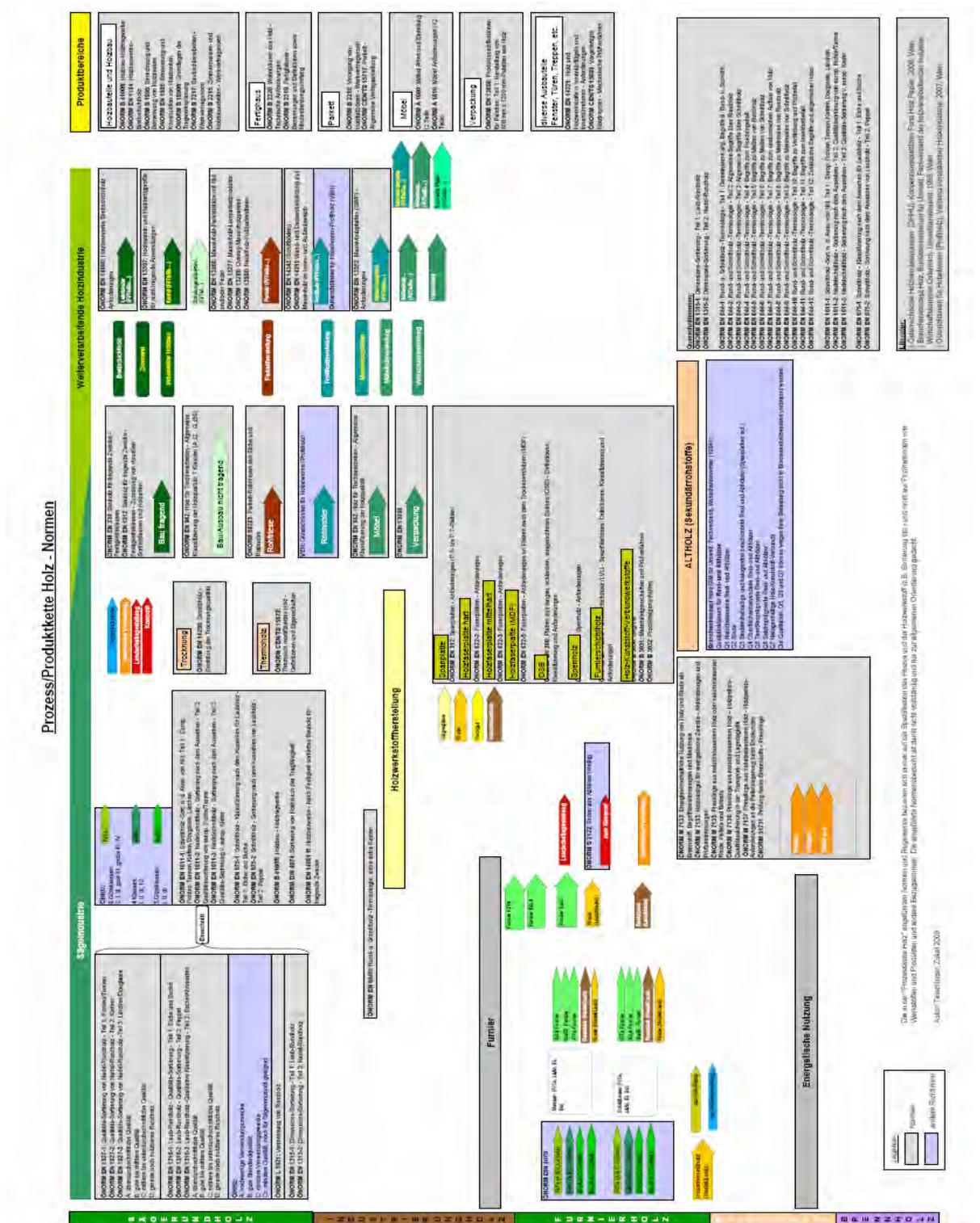


Abbildung 11: Übersicht über den Holzfluss in der Holzverarbeitung mit den relevanten Normen und Regelwerken in der Produktkette Holz

Dabei werden auch die relevanten Normen bzw. Richtlinien angeführt. Normen sind grau hinterlegt, während andere Richtlinien, wie die Österreichischen Holzhandelsusancen oder Güterrichtlinien hellblau markiert sind.

Die Prozesskette, wie sie im Modell dargestellt ist, startet mit dem Input in die Sägewerke, der im Jahr 2005 20,2 Mio Festmeter mit Rinde betragen hat (Hagauer, 2007). Ausgehend von 98 % Nadelholzanteil beim Einschnitt von Rundholz (Holzkurier, 2008) finden die Sägetechnologien Gattersäge, Blockbandsäge und Zerspaner Anwendung. Die Gattersäge ist die traditionelle Einschnittstechnologie, die aber aufgrund der Maschinenkinematik nur eine begrenzte Durchsatzleistung ermöglicht und heute nur mehr in kleineren bis mittleren Sägewerken zum Einsatz kommt. Es wird angenommen, dass nur mehr 5 % der Gesamtmenge mit dieser Technologie eingeschnitten wird.

Wesentlich leistungsfähiger und auch flexibler in der Schnittbildoptimierung ist die Bandsägentechnik, die zu 15 % Anwendung findet. Der größte Teil (80 %) der Hölzer wird mittels Spanertechnik (in Kombination mit Profilierung und Kreissägentechnik) eingeschnitten. Diese Technologie zeichnet sich besonders durch hohe Mengenleistung aus und wird vor allem in mittleren und großen Sägewerken eingesetzt.

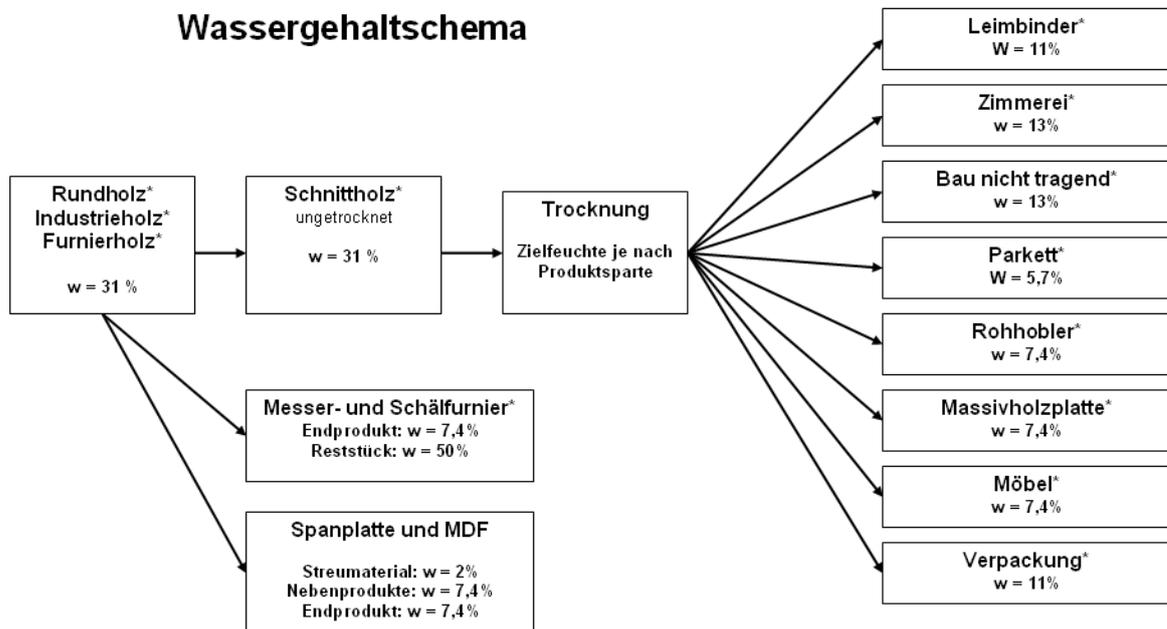
Die Vortrocknung im Sägewerk und die Trocknung auf Zielfeuchte (siehe Abbildung 12) in den weiterverarbeitenden Betrieben wurden im Modell als ein einziger Prozessschritt zusammengefasst.

Im Nadelholzbereich wird in Europa mit 95 % die Zu-/Abluft Technologie am häufigsten eingesetzt. Hierbei gibt es keine Beschränkung bezüglich der Dimension der Hölzer, und es können mittlere bis schnelle Trocknungszeiten erreicht werden. Trocknungsanlagen dieser Art besitzen heute eine weitgehend automatisierte Prozessführung (Steuerungsanlagen), wo primär nur ein Überwachungsaufwand gegeben ist. Die Holz Trocknung, insbesondere die Frischluff-/Ablufttrocknung hat innerhalb der Prozesskette Holz einen vergleichsweise hohen Energiebedarf (Verdampfung von Wasser und Kammeverluste), der in der Regel aus betriebsinterner Energiebereitstellung gedeckt ist.

Die Kondensationstrocknung, die vor allem für Werthölzer eingesetzt wird, ist schonender und energietechnisch günstiger (allerdings mit vergleichsweise hohem Anteil an Strom als Energieträger). Außerdem fallen hier auch längere Trocknungszeiten an. Im Nadelholzbereich wird diese Methode zu ca. 5 % eingesetzt und im Laubholzbereich zu rund 10 %.

Die Vakuumtrocknung wird fast ausschließlich im Laubholzbereich eingesetzt (rund 10 % in Österreich). In diesem Verfahren können durch niedrige Temperaturen gute Trocknungsergebnisse erreicht werden. Allerdings ist die Vakuumtrocknung technologisch sehr komplex und durch kleine Kammergrößen und geringen Durchsatz gekennzeichnet (LOHMANN, 1998).

HOPTIMO – Wassergehaltschema



* Alle Holzarten, Qualitäten und Nebenprodukte, exkl. Rinde

Abbildung 12: Wassergehaltsschema (eigene Darstellung)

2.10.1 Prozesse der weiterverarbeitenden Holzindustrie

Im Bereich der weiterverarbeitenden Holzindustrie wurde von einem Produktionsaufkommen von rund 6,4 Mio m³ ausgegangen. Diese Summe teilt sich auf in die Bereiche „Bau tragend“ und „Bau nicht tragend“. Der Bereich „Bau tragend“ beinhaltet neben Brettschichtholz, sonstigen Leimbauerelementen auch Konstruktionsvollholz und Schalungsträger. Unter „Bau nicht tragend“ fallen sämtliche Bretter, Staffeln und Latten, die im Bau und Ausbau eingesetzt werden. Weiters wurden Parkettböden erfasst, sowie Rohhobler-Ware, die in Profilholz, Massivholzplatte und Schalungsplatte fließen. Zur Produktgruppe Verpackung zählen zum größeren Teil Paletten, sowie sonstige Holzverpackungen beispielsweise für Obst- und Gemüsesteigen etc.. Einen weiteren Bereich stellt jenes Holz dar, das in der Möbelindustrie verarbeitet wird. Im vorliegenden Projekt wurden weiters die Spanplatte und die mitteldichte Faserplatte (MDF) betrachtet. In die MDF fließen Industrieholzmengen sowie Sägenebenprodukte. Der Input für die Spanplatte besteht im Basis-Szenario zu 75 % aus Sägenebenprodukten (Hackschnitzel, Säge- und Hobelspäne), zu 15 % aus Industrieholz und zu 10 % aus Altholz. In den erarbeiteten Szenarien wird dann ein erhöhter Einsatz von Altholz für die Spanplatte simuliert.

Für die einzelnen Produktbereiche wurden Datenblätter mit den wesentlichen Charakteristika und Parametern angelegt bzw. vorhandene Übersichten von www.dataholz.com sowie www.pro-lignum.it eingearbeitet. Im Detail umfasst dies eine allgemeine Beschreibung,

Einsatzbereiche, typische Dimensionen, mechanische Eigenschaften, sowie technische Grundlagen, Normen und Richtlinien.

Datenblätter für folgende Bereiche sind im Anhang zu finden:

- Schnittholz
- Rundholz
- Brettschichtholz
- Massivholzplatte
- Profilholz
- Spanplatte
- MDF
- Holzbauträger (I-Träger)
- Schalungsträger
- Möbelholz
- Verpackung
- Parkett
- Furnier
- Konstruktionsvollholz
- Energetische Nutzung von Holz (Pellets)
- Altholz

2.11 Prozesse der Zellstoffherstellung und Papierverarbeitung

Im Bereich der Papierherstellung wurden die nachfolgenden Produktgruppen für die Erstellung der Prozessketten betrachtet.

2.11.1 Die Papierherstellung nach Produktgruppen mit Qualitätskriterien

Aufgrund der Vielfalt an unterschiedlichen Parametern und Normen zur Leistungscharakterisierung, die sich durch die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten von Papier und Karton ergeben, werden nachfolgend nur die wichtigsten Parameter und Normen angeführt.

2.11.1.1 Graphische Papiere (Magazin, Zeitung und Bilderdruck) und Büropapiere

Zu den graphischen Papieren zählen:

- Zeitungsdruckpapier
- Magazinpapiere (SC, LWC,...)
- Gestrichene Bilderdruckpapiere (WFC)
- Formatpapiere (Kopierpapier, Digitaldruckpapiere,...)
- Rollenpapiere für den Datenausdruck

Unter vielen anderen werden folgende wichtige Parameter und Eigenschaften nach genormten Vorschriften gemessen:

- Flächengewicht (DIN EN ISO 536)
- Weißgrad (ISO 2470)
- Opazität (DIN 53146)
- Zugfestigkeit und Reißfestigkeit (DIN EN ISO 1924-2)

- Anforderungen an Kopierpapier (DIN EN V 12281)
- Norm für Papiere für Endlosdrucke (DIN 9771 und DIN EN 12858)
- Papiere für Schriftgut und Druckerzeugnisse, Voraussetzungen für Alterungsbeständigkeit (DIN ISO 9706)

Tabelle 8 gibt einen Überblick über die Flächengewichtsbereiche und die Anteile an eingesetzten Rohstoffen für die einzelnen Sorten an graphischen Papieren. Die Anteile an Zellstoff, Holzstoff und Sekundärfaserstoff beziehen sich jeweils nur auf die Faserstoffmenge, unabhängig vom Füllstoffeinsatz.

Tabelle 8: Überblick Flächengewicht und Rohstoffeinsatz graphische Papiere

Papiersorte	Flächengewicht g/m ²	Anteil ZS Kurzfaser %	Anteil ZS Langfaser %	Anteil Holzstoff %	Anteil Sekundär- faserstoff %	Anteil min. Füllstoffe %
Newsprint (AP basierend)	40 – 52			0 – 50	50 – 100	<10
Newsprint (Frischfaser)	40 – 52	0 – 10	0 – 10	90 – 100		<5
Holzhaltiges Naturpapier (z.B. SC)	50 – 60		10 – 25	30 – 90	0 - 60	15 – 35
Holzhaltiges gestrichenes Papier	40 – 80		0 – 30	0 – 70	0 - 100	30 – 45 (inkl. Strich)
Holzfreies Naturpapier (Kopierpapier)	50 – 140	50 – 80	20 – 50			20 – 30
Holzfreies gestrichenes Papier	90 – 250	30 – 90	30 – 60			20 – 50 (inkl. Strich)

Je nach Rohstoff liegt der Weißgrad des Produktes (ISO 2470) zwischen 70 und 95. Neben der Weiße ist auch die Opazität vor allem für das Nicht-Durchscheinen der Druckfarbe bei Sorten mit niedriger flächenbezogener Masse eine entscheidende optische Eigenschaft (DIN 53146). Für die Festigkeit (Zugfestigkeit und Reißfestigkeit DIN EN ISO 1924-2) gibt es keinen vorgeschriebenen Wertebereich, jedoch muss das Papier den Runability-Anforderungen in Druck- und Kopiermaschinen gerecht werden (Verdruckbarkeit). Um eine gute Bedruckbarkeit zu erreichen, sind auch die oberflächenphysikalischen und – chemischen Eigenschaften dem jeweiligen Druckprozess anzupassen, wobei unterschiedliche Druckverfahren die verschiedensten Anforderungen zeigen. Üblicherweise zeigen gestrichene Papiere Vorteile hinsichtlich Druckbildqualität. Die Anforderungen an Kopierpapier sind in der Norm DIN EN V 12281 festgehalten. Papiere für Endlosdrucke müssen den Normen DIN 9771 und DIN EN 12858 entsprechen. Weiters müssen Papiere für Schriftgut und Druckerzeugnisse in vielen Fällen Voraussetzungen für Alterungsbeständigkeit erfüllen (DIN ISO 9706).

2.11.1.2 Verpackungspapiere und Karton

Zu Verpackungspapieren und Karton zählen:

- Faltbare Packmittel (Schachteln, Wellpappe)
- Flexible Verpackungen (Tüten, Tragtaschen, Säcke)
- Etiketten, imprägnierte Verpackungspapiere

Bei den faltbaren Packmitteln wird im Wesentlichen nach den jeweiligen Hauptfaserstoffkomponenten noch weiter unterteilt in:

- Faltschachtelkarton (folding box board: FBB)
- Weiß gedeckter Karton (white lined chipboard: WLC)
- Ungebleichter Sulfatkarton (solid unbleached sulphate: SUS)
- Gebleichter Sulfatkarton (solid bleached sulphate: SBS)
- Flüssigverpackungskarton (liquid packaging board: LPB)
- Wellpappe: Aussenlagen (linerboard – Testliner aus Sekundärfaserstoffen und Kraftliner aus meist ungebleichten Zellstoffen) und Wellenstoff (fluting/ corrugating medium)

Unter vielen anderen werden folgende wichtige Parameter und Eigenschaften nach genormten Vorschriften gemessen:

- Flächengewicht (DIN EN ISO 536)
- Karton: Begriffsdefinition und Sorteneinteilung (DIN 19303)
- Biegesteifigkeit (ISO 2493)
- Bedruckbarkeit (DIN 16536-1)
- Anforderungen an Verpackung von Lebensmitteln (DIN EN 646 und DIN EN 647)
- Wellpappe: Festigkeit, Stapelbarkeit, Nassfestigkeit und Stauchwiderstand (DIN 55468-1 und DIN 55468-2)
- Flächenbezogenen Masse der Lagen von Wellpappe (DIN ISO 3039)

Tabelle 9 enthält eine Aufstellung der am häufigsten eingesetzten Rohstoffe und der Flächengewichtsbereiche für die wichtigsten Verpackungspapiere und Kartonsorten.

Tabelle 9: Beispiele Flächengewicht und Rohstoffeinsatz Verpackungspapiere und Karton

Papiersorte	Flächengewicht g/m ²	Anteil ZS Langfaser %	Anteil Holzstoff %	Anteil Sekundär- faserstoff %	Anteil min. Füller %
Kraftliner	115 – 250	100			aus AP
Testliner	90 – 150			100	aus AP
Wellenstoff	90 – 150			100	aus AP
Sackpapier	50 – 100	100			
Faltschachtel- karton	150 – 400		50-75	50-75	10 – 20

Eine international anerkannte, klare Abgrenzung zwischen Papier und Karton existiert nicht. Häufig spricht man bei Produkten mit einem Flächengewicht über 150 g/m² von Karton. Eine Definition des Begriffs Karton, sowie eine Sorteneinteilung sind in der Norm DIN 19303 zu finden.

Die Art der Verarbeitung des Kartons und der Verwendungszweck des fertigen Produkts definieren die wichtigsten Eigenschaftsanforderungen: hohe Biegesteifigkeit (ISO 2493), gute Bedruckbarkeit (DIN 16536-1), hohe Z-Festigkeit (TAPPI T 541 om-05) und gute Verklebbarkeit (DIN 53133). Bei Karton, der für die Verpackung von Lebensmitteln eingesetzt werden soll, kommen noch weitere Anforderungen hinzu (DIN EN 646 und DIN EN 647), z.B. bezüglich der mikrobiellen Belastung oder des Geruchs.

Wellpappe muss zusätzlich noch Anforderungen bezüglich Festigkeit, Stapelbarkeit, Nassfestigkeit und Stauchwiderstand erfüllen (DIN 55468-1 und DIN 55468-2). Weiters gibt es eigene Vorschriften für die Bestimmung der flächenbezogenen Masse der einzelnen Lagen der Wellpappe (DIN ISO 3039).

2.11.1.3 Hygienepapiere

Zu den Hygienepapieren zählen typischerweise Wegwerfartikel, die hygienischen oder sanitären Zwecken dienen. Hierzu gehören:

- Krepppapiere (z.B.: Toilettenpapiere, Handtücher)
- Zellstoffwatte (z.B.: Babywindeln, Damenbinden)
- Tissue (z.B.: Toilettenpapier, Taschentücher, Servietten)

Folgende Parameter und Eigenschaften werden nach genormten Vorschriften gemessen:

- Flächengewicht (DIN EN 12625-6)
- Dicke, Blattstärke im Stapel und scheinbare Stapeldichte (DIN EN 12625-3)
- Breitenbezogenen Bruchkraft, Bruchdehnung und Arbeitsaufnahmevermögen (DIN EN 12625-4)
- Breitenbezogene Nassbruchkraft (DIN EN 12625-5)
- Zeit für Wasseraufnahme und Wasseraufnahmekapazität (DIN EN ISO 12625-8)
- Optische Eigenschaften (DIN EN 12625-7)

Da es sich bei Hygienepapieren um ein Wegwerfprodukt handelt, steht hier nicht die Alterungsbeständigkeit, sondern viel mehr die Festigkeit, insbesondere die Nassfestigkeit im Vordergrund. Weiters spielen Saugfähigkeit und Haptik eine wichtige Rolle, wodurch mineralische Füllstoffe nur bei sekundärfaserstoffhaltigen Produkten vorkommen (hier sind sie ungewollt schon im Rohstoff enthalten), aber nicht speziell eingesetzt werden.

Für die Charakterisierung von Hygienepapieren gibt es eigene Normen und Vorschriften. Die Dicke, die Blattstärke im Stapel und die scheinbare Stapeldichte werden nach DIN EN 12625-3 bestimmt. Die Norm DIN EN 12625-4 beschreibt die Bestimmung der breitenbezogenen Bruchkraft, der Bruchdehnung und des Arbeitsaufnahmevermögens. Die breitenbezogene Nassbruchkraft wird nach DIN EN 12625-5 gemessen. Weiters sind bei Hygienepapieren die Zeit für die Wasseraufnahme und die Wasseraufnahmekapazität von großer Bedeutung (DIN EN ISO 12625-8). Auch die optischen Eigenschaften spielen eine wichtige Rolle (DIN EN 12625-7).

2.11.2 Prozesse der Papierherstellung

Zu allen oben genannten Produktbereichen gibt es keine expliziten Vorschriften für einzuhaltende Leistungsparameter, da diese sich jeweils am Produkteinsatz orientieren und gemäß den Kundenanforderungen spezifiziert werden. Nur für den einsetzbaren Rohstoff und für die flächenbezogene Masse gibt es vorgegebene Bereiche beziehungsweise Einschränkungen. Bei allen anderen Parametern werden von den produzierenden Firmen jeweils individuelle Spezifikationen für die Produkte ausgegeben, da je nach Einsatzbereich der Papiere bestimmte mechanische beziehungsweise optische Eigenschaften im Vordergrund stehen. Die Einhaltung dieser Spezifikationen wird dann entsprechend den oben angegebenen Normen und Vorschriften überprüft.

2.11.2.1 Graphische Papiere

Als Rohstoffe für graphische Papiere kommen Sekundärfaserstoff (z.B. für Zeitungsdruckpapier), Holzstoffe (z.B. für Magazinpapier) aber auch Zellstoff (z.B. für Bilderdruck- und die meisten Büropapiere) zum Einsatz. Auch Mischungen dieser Rohstoffe sind üblich. Weiters enthalten diese Papiere mineralische Füllstoffe (5 % bis 50 %). Von einem holzfreien (besser wäre „ligninfreien“) Papier spricht man, wenn es zum überwiegenden Teil aus Fasern besteht, die auf chemische Weise aus dem Rohstoff Holz

gewonnen werden (Zellstoff). Der Anteil an verholzten Fasern darf 5 % nicht überschreiten. Besteht das Papier zu mehr als 5 % Massenanteil aus Fasern, die auf mechanische Weise aus dem Rohstoff Holz gewonnen wurden, spricht man traditionellerweise von holzhaltigem Papier, wobei sich in den letzten Jahren für Druckpapiere mit einem Anteil von bis zu 30% Prozent an holzhaltigen Fasern (zumeist CTMP – Chemothermomechanical pulp) auch der Begriff „near-woodfree paper“ eingebürgert hat. Naturpapier enthält, im Gegensatz zum gestrichenen Papier, keine mineralische Strickschicht. Die Wahl des Rohstoffes hat hierbei vor allem einen Einfluss auf die Lebensdauer, auf die optischen Eigenschaften und auf die mechanischen Eigenschaften des Papiers. Holzhaltige und auf Sekundärfaserstoff basierende Papiere weisen in der Regel eine niedrigere Festigkeit und eine geringere Alterungsbeständigkeit auf, da der höhere Ligninanteil in den Faserstoffen zu einer schnelleren Vergilbung führt. Vorteile zeigen holzhaltige graphische Papiere im Volumen und in der Opazität, und nicht zuletzt deshalb sind graphische Papiere im niedrigen Flächengewichtsbereich unter 70 g/m² häufig holzhaltig.

2.11.2.2 Verpackungspapiere und Karton

Als Rohstoffe für Verpackungspapiere und Karton kommen vor allem Langfaser-Sulfatzellstoff, Holzschliff und Sekundärfaserstoff zum Einsatz. Mineralische Füllstoffe werden kaum verwendet.

2.11.2.3 Hygienepapiere

Krepppapiere (creped paper) sind holzfreie, holzhaltige oder sekundärfaserstoffhaltige Produkte mit flächenbezogenen Massen (DIN EN 12625-6) zwischen 20 und 40 g/m². Bezüglich holzfrei und holzhaltig gilt die gleiche Definition wie bei den graphischen Papieren. Holzfreie Papiere dürfen nur zu einem Anteil von maximal 5 % aus Fasern, die auf mechanische Weise aus dem Rohstoff Holz gewonnen werden, bestehen. Zellstoffwatte (cellulose wedding) ist ein lose gefügtes, saugfähiges Fasererzeugnis großer Dehnbarkeit aus mehreren dünnen, lockeren und fein gekreppten Schichten. Tissue-Hygienepapiere (Tissue) bestehen, ähnlich wie Zellstoffwatte, aus mehreren lose gefügten Lagen. Die flächenbezogene Masse einzelner Lagen kann weniger als 20 g/m² sein.

2.12 Datenerhebung

Die Datenbasis für das Modell für die Holzverarbeitung wurde vom Projektteam des Instituts für Holzforschung an der BOKU Wien, die grundlegenden Daten für die Papierherstellung wurden vom Projektteam des Instituts für Papier-, Zellstoff- und Fasertechnik an der TU Graz recherchiert und dem Institut für Industrielle Ökologie für die Modellerstellung zur Verfügung gestellt.

2.12.1 Daten und Grundlagen zur Prozesskette Holz

Das Datenmaterial für das Modell (Holzmasse, Volumina, Emissionen, Energieinput, etc.) wurde einerseits per Literaturrecherche und andererseits durch Expertenbefragung erstellt. Auf Basis der „Holzströme in Österreich“ (Österreichische Energieagentur, 2005) sowie Abfragen der FAO Statistik wurden die relevanten Kenndaten erhoben. Ebenso wurden Angaben der Zeitschrift Holzkurier aus den Jahrgängen 2007 bis 2009 entnommen sowie der TechnologieRoadmap Holz Österreich (TEISCHINGER, TIEFENTHALER, 2009).

Ein wesentlicher Faktor für die Datenerhebung waren auch mündliche Auskünfte bei Experten der Holzwirtschaft, die für nicht-dokumentierte Bereiche ihre Einschätzungen abgegeben haben.

Für den Bereich Brettschichtholz wurden Werte des „Wiener Leimholz Symposium 2008“ hinsichtlich der produzierten Mengen verwendet. Weiters wurden Informationen von den Homepages der diversen Produzenten von Holzprodukten gesichtet. Dies betrifft vor allem den Bereich Schalungsplatten und Schalungsträger mit den Firmen Doka, Kaufmann, Pfeifer und Wiehag.

Für die relevanten Energie-Kennzahlen wurden Ökobilanzen aus den Fachbereichen (z.T. als Berichte und Dissertationen etc. publiziert) bzw. weiters Veröffentlichungen der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung (DGfH) aus dem Bereich der Lebenszyklus-Analysen eingearbeitet. Außerdem sind erhobene Kenndaten der Austrian Energy Agency sowie der Energieagentur NRW eingeflossen.

Darüber hinaus wurden auch Lehrbehelfe der Universität für Bodenkultur aus den Bereichen Forstwirtschaft sowie Holz- und Naturfasertechnologien für die Dokumentation von Datenmaterial herangezogen.

2.12.2 Daten und Grundlagen zur Prozesskette Papier

Die Daten für die Papier- und Zellstoffindustrie wurden bei der Statistikabteilung der Austropapier (Vereinigung der österreichischen Papierindustrie) nach Rücksprache mit allen Unternehmen der österreichischen Papier- und Zellstoffindustrie ausgehoben.

Insbesondere handelte es sich dabei um folgende Daten aus den Statistikmeldungen, welche die Unternehmen an die Austropapier entweder monatlich, halbjährlich oder jährlich übermitteln (eine Leerkopie dieser Erhebungsbögen liegt im Anhang bei):

- Holz-, Altpapier- und Zellstoffeinsatz sowie Energieeinsatz (Fragebogen Holz-Meldungen.xls, J-Altpapier-BasiserhebungNEU.xls und Formulare A, C, D.xls)
- Hilfsstoffeinsatz (vgl. dazu Fragebogen Formulare A, C, D.xls)
- Energie- und Umweltdaten (Fragebogen energiedatenerhebung2007_2.xls und umweltdatenerhebung2007.xls)

Auf Basis der Daten aus den Rückmeldungen der Unternehmen erstellt die Austropapier den Jahresbericht der österreichischen Papierindustrie (Branchenbericht). In der Verifizierung des Modells (siehe Kapitel 3.7) wurden die Daten des Branchenberichts auch mit den aggregierten Daten der Erhebung für dieses Projekt verglichen und es ergab sich eine gute

Übereinstimmung. Etwaige Abweichungen sind durch unterschiedliche Zuordnungen von Rohstoff- und Produktklassen zu erklären.

Da die Seitens Austropapier erhobenen Daten hinsichtlich des Detaillierungsgrades jedoch nicht ausreichend waren, um die angestrebte Modellierung der Hauptprozesse der Zellstoff- und Papierindustrie durchführen zu können, wurden die weiteren benötigten Daten (detaillierte Daten zu den einzelnen Prozessen, Preis- und Kostendaten) bei den Unternehmen der Zellstoff- und Papierindustrie schriftlich und teilweise auch persönlich erhoben.

Die Daten wurden für das Kalenderjahr 2007 erhoben, da dieses Jahr infolge des Konjunkturerinbruchs in der zweiten Jahreshälfte 2008, der auch in der Papier- und Zellstoffindustrie zu massiven Produktionskürzungen führte, als repräsentativer angesehen wurde.

Schwierigkeiten in der Datenerhebung ergaben sich vor allem dadurch, dass fünf Unternehmen aus Wettbewerbsgründen zur Weitergabe der detaillierten Prozessdaten nicht bereit waren. In diesen Fällen wurden die die Hauptprozesse dieser Unternehmen analog zu Prozessen von Firmen mit gleichem/ähnlichem Produktportfolio und gut dokumentierten Prozessdaten modelliert. Dies war sicher mit ein Grund, dass die Ergebnisse der Modellierung auf der höchsten Modellebene nicht zu 100 % mit den Daten des Fachverbands bzw. den aggregierten Daten aus der Erhebung bei Austropapier übereinstimmte (siehe dazu auch Kapitel 3.7).

Andere wiederum stimmten der Datenweitergabe erst nach Rücksprache im Konzern zu, was teils zu zeitlichen Verzögerungen von mehreren Wochen führte. Der zeitliche Aufwand für die detaillierte Datenerhebung war in der ursprünglichen Projektplanung nicht in diesem Umfang vorhergesehen und führte auch zu einer zeitlichen Verzögerung im Projekt für Datenerhebung und Modellerstellung.

3 Methodik der Modellerstellung

Die Modellerstellung mit dem Aufbau aller dafür notwendigen Prozesse und Detailpläne wurde vom Institut für Industrielle Ökologie durchgeführt. Die dafür erforderlichen Daten wurden für den Bereich der Holzverarbeitung von den ProjektpartnerInnen an der BOKU Wien, jene für die Zellstoff- und Papierherstellung von den ProjektpartnerInnen der TU Graz zur Verfügung gestellt.

3.1 Erstellung der Prozessmodelle

3.1.1 Beschreibung des Tools zur Modellerstellung

Zur Erstellung des Modells wurde die Software GaBi ausgewählt. GaBi ist eine objektorientierte, auf rein funktionale Programmierung ausgelegte Software und dient zur Erstellung von Prozessmodellen und wurde von PE International, der Abteilung „Ganzheitliche Bilanzierung“ des Lehrstuhles für Bauphysik der Universität Stuttgart entwickelt.

Die in dieser Software eingesetzten Objektklassen sind in Prozesspläne, Prozesse, Flüsse, Größen und Einheiten strukturiert. Ein Prozessplan enthält verschiedene, untereinander verknüpfte Prozesse. Diese Prozesse sind über Prozessinstanzen - dargestellt als Kästchen - und über Flussinstanzen miteinander verknüpft. Dargestellt werden nur diejenigen In- und Outputs einer Prozessinstanz, die als Flussinstanz (Wertstoff) dienen. Die anderen in der Prozessinstanz vorhandenen Flüsse werden nicht visualisiert. Der grundsätzliche Modellaufbau wird in Abbildung 13 dargestellt.

Jeder Prozess wird durch einen Datensatz charakterisiert, der Daten über die In- und Outputströme beinhaltet. Er besteht aus zwei Listen quantifizierter Flüsse (Input und Output). Bei den Prozessen wird zwischen Basisprozessen und rückverknüpften Prozessen unterschieden. Bei Basisprozessen werden ausschließlich die direkt in den Prozess eingehenden Ströme betrachtet, während rückverknüpfte Prozesse auf Seite der Inputs alle Flüsse beinhalten, die während des gesamten Lebenswegs für alle vorgelagerten Prozesse und Zwischenprodukte benötigt oder aufgewendet wurden (Lebenszyklusansatz). Die einzelnen Prozesse können in Plänen über die Flüsse verbunden werden, was zu Prozessketten führt. Für jeden Prozess muss eine Referenzgröße festgelegt werden, auf die die entsprechenden Referenzobjekte assoziiert wird.

Flüsse können neben der Referenzgröße verschiedene andere Größen beinhalten, die dann auch am Plan dargestellt und in Bilanzen ausgewertet werden. Für das gegenständliche Projekt wurden die für die Betrachtung wesentlichen Größen wie Masse, Volumen, Kohlenstoffgehalt, Wassergehalt, Energieinhalt oder auch der monetäre Wert eingeführt. Die Ergebnisdarstellung und Auswertung kann daher mit diesen Größen erfolgen. Die Größen

werden in Einheiten angegeben, wobei für eine Einheitsklasse beliebig viele Umrechnungsfaktoren vom Benutzer eingegeben werden können.

Um komplexe Bilanzsysteme abbilden zu können, sind GaBi-Pläne auch schachtelbar. Das bedeutet, dass man einen bereits fertig aufgebauten Plan innerhalb eines anderen Plans verwenden kann. Der verschachtelte Plan übernimmt in diesem Plan die Funktion eines Prozesses. So ist es zum Beispiel möglich, den Plan eines Herstellungsvorgangs wie z.B. die Trocknung oder die Sulfitzellstoffherstellung in verschiedenen Prozessplänen als Plan mit Prozesscharakter zu integrieren. In diesem Fall übernimmt dann der Prozessplan die Eigenschaften eines Prozesses.

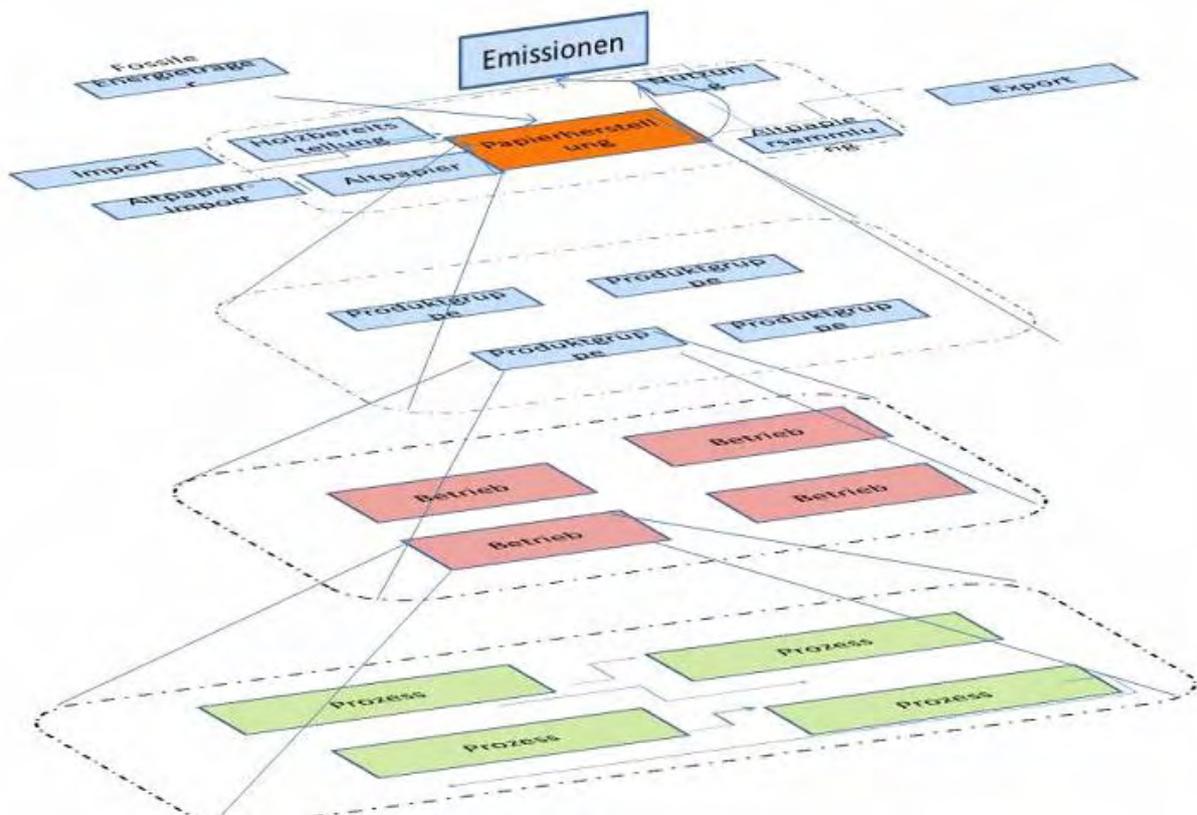


Abbildung 13: Modellaufbau

3.1.2 Durchführung der Modellerstellung

Mit Hilfe des oben beschriebenen Tools konnte ein Modell erstellt werden, das die gesamte Kette der Holzverarbeitung sowie Zellstoff- und Papierherstellung gemeinsam abbildet.

Da das Modell spezifisch auf die österreichische Situation hin ausgelegt sein sollte, mussten nahezu alle Einzelprozesse auf Basis der von den Projektpartnern zur Verfügung gestellten Daten (In- und Outputflüsse) selbst konfiguriert und zu Plänen verknüpft werden. Dabei wurden vorwiegend Basisprozesse verwendet. Da allerdings kaum vordefinierte Prozesse verfügbar waren, mussten in die Datensätze der Prozesse selbst aufgebaut, wobei die einzelnen Flussgrößen wie Wassergehalt, Energieinhalt, Kohlenstoffgehalt und so weit

verfügbar auch Preisangaben eingegeben wurden und mit Umrechnungsfaktoren wie Dichten zur unterschiedlichen Darstellung als Volumen- bzw. Massenstrom ausgestattet wurden. Nur dadurch war es möglich, den gesamten Material-, Energie-, Kosten- und Kohlenstofffluss für die Bereiche der Holzverarbeitung und der Papierherstellung in Österreich im Modell abzubilden. Für die Kette der Holzverarbeitung bzw. der Zellstoff- und Papierherstellung wurde jeweils ein eigenes Modell erstellt. Die Modelle mussten wegen dem hohen Detaillierungsgrad und der unterschiedlichen Datenstruktur der beiden Verarbeitungsschienen getrennt aufgebaut und erst nach deren Fertigstellung und anschließender Verifizierung zu einem Gesamtmodell zusammengefügt werden.

Dieser strukturelle Aufbau erforderte bereits wesentlich mehr Aufwand als ursprünglich angenommen, als sich dann in Diskussion mit den Projektpartnern herausstellte, dass auch die in der Datenbank verfügbaren Prozesse nicht für die spezifischen Anforderungen im Modell geeignet waren, da diese die österreichische Situation nicht spezifisch genug darstellen.

3.1.2.1 Modellumfang und -struktur

Die Grenzen des Modells wurden gemeinsam im Projektteam festgelegt und zwar die Übernahme von Rundholz aus dem Forst auf der Inputseite und auf der Outputseite die gefertigten Holzteile bzw. Komponenten für die Produkte. Da das Modell zeitlich gesehen stationär aufgebaut ist, kann derzeit kein Zeitraum der Nutzung abgebildet werden. Um den Rückfluss von Altholz und Altpapier abzubilden, musste auf Basis der Produktionsmengen der jeweilige Anteil an stofflicher und thermischer Verwertung festgelegt werden, mit dem die Altholz- bzw. Altpapiermengen wieder in den Kreislauf rückgeführt werden können.

Ausgehend von den derzeit in Österreich hergestellten Produkten werden im Modell vier Holzartgruppen unterschieden:

- Fichte/Tanne
- Kiefer/Lärche
- Eiche/Buche
- sonstige Laubhölzer

Neben der Holzart stellt die Weiterverarbeitung auch bestimmte Anforderungen an die Qualität des Holzes, daher wird im Modell in drei Holzqualitäten (I, II und III), sodass sich 12 Holzflüsse ergeben, dabei sind die unterschiedlichen Holzfeuchten aber noch nicht eingerechnet. Die bei der Verarbeitung anfallenden Sägenebenprodukte wie Rinde, Hackschnitzel oder Sägespäne werden als Outputs ausgewiesen, wobei in Nadel- und Laubholz unterschieden wird.

3.1.2.2 Prozessaufbau

Jeder einzelne Verarbeitungsschritt wurde durch mindestens einen Prozess dargestellt, wobei die Erstellung auf den detaillierten Angaben der Projektpartner basierte. Diese enthielten Daten über Holzinputs nach Holzart und –qualität sowie über Wasser-, Zusatzstoff- und Energieinputs. Letztere wurden getrennt nach den einzelnen Energieträgern

ausgewiesen. Die Outputseite enthält die jeweiligen Holz- und Papieroutputs sowie die anfallenden Nebenprodukte wie z.B. SNP, Wasser und Emissionen in möglichst hohem Detaillierungsgrad. Da sich in jedem Prozess alle Inputs und Outputs auf einen bestimmten Fluss – meist 1 m³ Holzinput bzw. Produkt – beziehen, mussten bei der Dateneingabe alle Absolutmengenangaben für das Erstellen des Prozesses auf diesen Referenzwert bezogen werden.

3.1.2.3 In- und Outputs als Flussdarstellung

Jeder Input und Output eines Prozesses wird durch einen eigenen Fluss beschrieben. Da jeder dieser Flüsse über einen eigenen Datensatz verfügt, wurde dieser mit spezifischen Größen wie Dichte, Umrechnungsfaktoren, Kohlenstoffgehalt, Energieinhalt, Wassergehalt und je nach Verfügbarkeit auch mit Preisangaben versehen, sodass im Plan diese unterschiedlichen Flüsse getrennt dargestellt werden können (siehe Abbildung 14).

Größe	1 m3 = *	Einheit	Standardabweichung	1 [Größe] =
Energie reg. (unterer Heizwert)	6802,9	MJ	0 %	0,000147
Kohlenstoff biogen	205	kg	0 %	0,004878
Masse	533	kg	0 %	0,0018762
Wasser	165,32	kg	0 %	0,0060489
Größe				

Abbildung 14: Datensatz eines Flusses, exemplarisch (Screenshot, eigene Darstellung)

Damit können im Modell der Materialfluss, der Volumsfluss, der Energiefluss, der Kohlenstofffluss, der Wasserfluss und der Wertfluss über die betrachtete Herstellungskette dargestellt werden. Damit war es auch möglich, aus den monetären Flüssen eine Wertsteigerung abzuleiten.

3.1.2.4 Korrektur der prozessspezifischen Daten

Die für jeden einzelnen Verarbeitungsschritt gegliederten Prozessdaten, wie Zusatzstoffe, Hilfs- und Betriebsstoffe, Energiebedarf sowie Emissionen auf der Input- und Outputseite, bezogen sich entweder auf die Einheit des fertigen Produkts oder auf den eingesetzten Holzinput. Diese konnten direkt in den Datensatz des Prozesses übernommen werden.

Allerdings musste bei spezifischen Angaben, die sich auf das Endprodukt beziehen, berücksichtigt werden, dass es meist in den einzelnen Verarbeitungsschritten bis zur Produktfertigung zu Verlusten durch Reststücke, Sägespäne,... kommt, die zur Verringerung der jeweiligen Bezugsgröße „Holz“ führen. Auf Einzelprozessebene wurden daher Reduktionsfaktoren errechnet, mit denen die spezifischen Werte aller vorgelagerten Prozesse multipliziert wurden, um diese auf die tatsächliche Einheit des Endprodukts und nicht auf das jeweilige Zwischenprodukt zu beziehen.

3.1.2.5 Parametrisierung

Das Modelltool erlaubt es, alle variierbaren Flüsse über Parameter einzustellen. Diese können ohne den Datensatz des Prozesses zu beeinflussen, verändert werden. Das hat den großen Vorteil, dass für die Darstellung von Szenarien beliebig viele unterschiedliche Einstellungen möglich sind, die Ist-Situation als Grundeinstellung aber erhalten bleibt.

Daher wurde versucht, möglichst alle für eine Szenariendarstellung relevanten Flüsse durch Setzen von Parametern veränderbar zu gestalten. Nachfolgendes Beispiel in Abbildung 15 soll die Parametersetzung an Hand des Verfahrensschritts „Beleimen“ in der Spanplattenherstellung veranschaulichen.

Veränderung der Parameter

Wirkung auf Datensatz

The screenshot shows a software interface for process parameterization. At the top, the process is identified as 'AT Beleimen+Fließbildung (SPA-Platte)'. Below this is a 'Parameter' table with columns for Parameter, Formel, Wert, Stand, and Kommentar. The 'Red_faktor' parameter is highlighted with a red formula '1-0,0196'. Below the parameter table is a section for 'Inputs' with columns for Alias, Fluss, Grösse, Menge, Faktor, Einheit, Wertstoff, Standard, Herkunft, and Kommentar. The 'Outputs' table at the bottom shows the resulting SPA product. Arrows from the text labels point to the 'Parameter' table and the 'Inputs' table.

Parameter	Formel	Wert	Stand	Kommentar
Amm_spa		0,4	0 %	
Harnst_spa		0,6	0 %	
Paraff_spa		2,5	0 %	
Red_faktor	1-0,0196	0,9804		
SPA		1	0 %	
SPA_in		1,03	0 %	
Strom		36,72	0 %	10,2 kWh
strom_ein	Strom*Red_faktor	36		
UF_spa		54,6	0 %	
Wasser_spa		31,5	0 %	

Alias	Fluss	Grösse	Menge	Faktor	Einheit	Wertstoff	Standard	Herkunft	Kommentar
Amm_spa	Ammoniumnitrat [Anorganische Emissionen in Luft]	Masse	0,4	1	kg	X	0 %	(keine Angabe)	
Harnst_spa	Harnstoff [Organische Vorprodukte]	Masse	0,6	1	kg	X	0 %	(keine Angabe)	
Paraff_spa	Paraffin (Hopti) [Organische Emissionen in Salzwasser]	Masse	2,5	1	kg	X	0 %	(keine Angabe)	
SPA_in	SPA-Plattenbasis; getrocknet [SPA-Platte]	Volumen	1,03	1	m3	X	0 %	(keine Angabe)	
Strom	Strom [Elektrische Energie]	Energie (unterer Heiz)	36,72	1	MJ	X	0 %	(keine Angabe)	
UF_spa	UF-Harz [Hopti-Holz]	Masse	54,6	1	kg	X	0 %	(keine Angabe)	
Wasser_spa	Wasser [Wasser]	Masse	31,5	1	kg	X	0 %	(keine Angabe)	

Alias	Fluss	Grösse	Menge	Faktor	Einheit	Wertstoff	Standard	Herkunft	Kommentar
SPA	SPA-Plattenbasis; getrock+ beleimt [SPA-Platte]	Volumen	1	1	m3	X	0 %	(keine Angabe)	

Abbildung 15: Prozess „Beleimen“ der Spanplattenherstellung

3.2 Prozessmodelle für die Holzverarbeitung

3.2.1 Plankonzept

Für die Holzverarbeitung in Österreich wurde ein eigenes Modell erstellt, das entsprechend nachfolgend angeführter Darstellung konzipiert wurde (Abbildung 16). Bei der Strukturierung in Kapitel 2 geht die Prozesskette vom Rundholz aus dem Wald aus und über die unterschiedlichen Holztechnologien endet diese bei den jeweiligen Produkten mit einer Rückführung von Altmaterial, ohne jedoch die Nutzungsphase miteinzubeziehen.

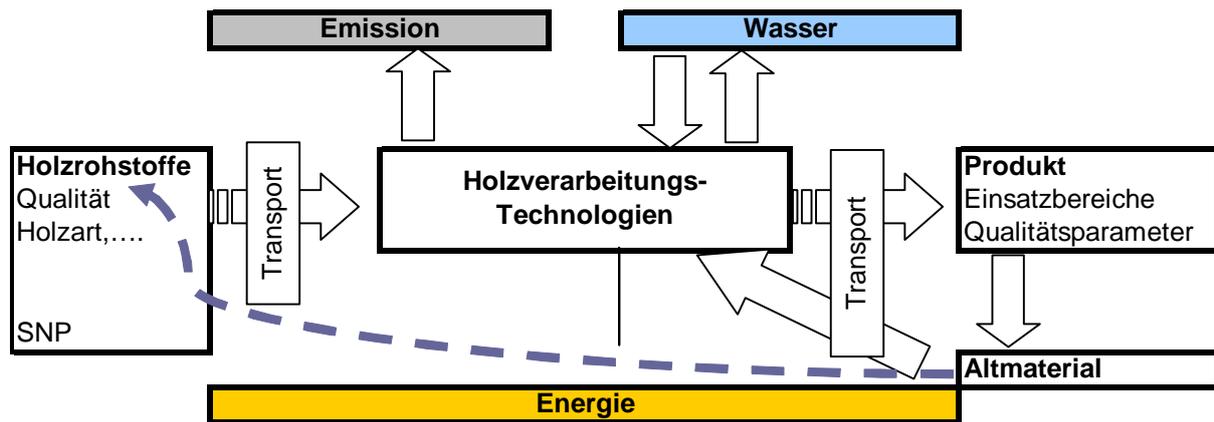


Abbildung 16: Grundstruktur des Holzverarbeitungs-Modells

Eine wesentliche Anforderung an das Modell war, dass auch möglichst viele Veränderungsvarianten nach Holzarten und –qualitäten ermöglicht werden. Bedingt durch die unterschiedlichen Technologien der Holzverarbeitung wurde im Projektteam vereinbart, ausgehend von den Holzarten für jedes Produkt eine eigene Verarbeitungskette anzulegen. Jede dieser Ketten setzt sich aus den einzelnen Verarbeitungsschritten zusammen, die jeweils durch einen eigenen Prozess bzw. Subplan dargestellt wurden. Beim Rundholz aus dem Wald wurde einerseits in vier unterschiedliche Holzartgruppen (Fichte/Tanne, Kiefer/Lärche und Eiche/Buche sowie sonstiges Laubholz) und zum Zweiten in drei unterschiedliche Holzqualitäten (siehe Kapitel 2.4.2. – Qualitätsklassen Schnittholz) unterschieden. Diese Qualitätsaufteilung erfolgt in den Sägebetrieben, bei welchen in drei unterschiedliche Technologien unterschieden wurde. Das Schnittholz dieser vier Holzarten in jeweils drei Holzqualitäten sowie die SNP wurden als Outputs an die Prozesse der Weiterverarbeitung übergeben.

Um diese qualitativen Informationen in der gesamten Verarbeitungskette nicht zu verlieren und möglichst hohe Flexibilität zu wahren, mussten fixe Verhältnisse der Inputs untereinander vermieden werden. Die Säge und die Trocknung sowie jede der nachfolgend angeführten Weiterverarbeitungsschienen wurden in jeweils eigenen Plänen aufgebaut. In jedem dieser Pläne wurden abhängig von den eingesetzten Holzarten (meist alle vier Holzarten) entsprechend viele Prozessketten vorgesehen. Die einzelnen

Verarbeitungsschritte wurden als Prozesse bzw. teilweise sogar als eigene Subpläne integriert. In jede einzelne Prozesskette der Weiterverarbeitung wurde die Trocknung als eigener Subplan integriert, da der für die Trocknung notwendige Energiebedarf einerseits von der Holzart aber auch von der geforderten Zielfeuchte des jeweiligen Produkts abhängt.

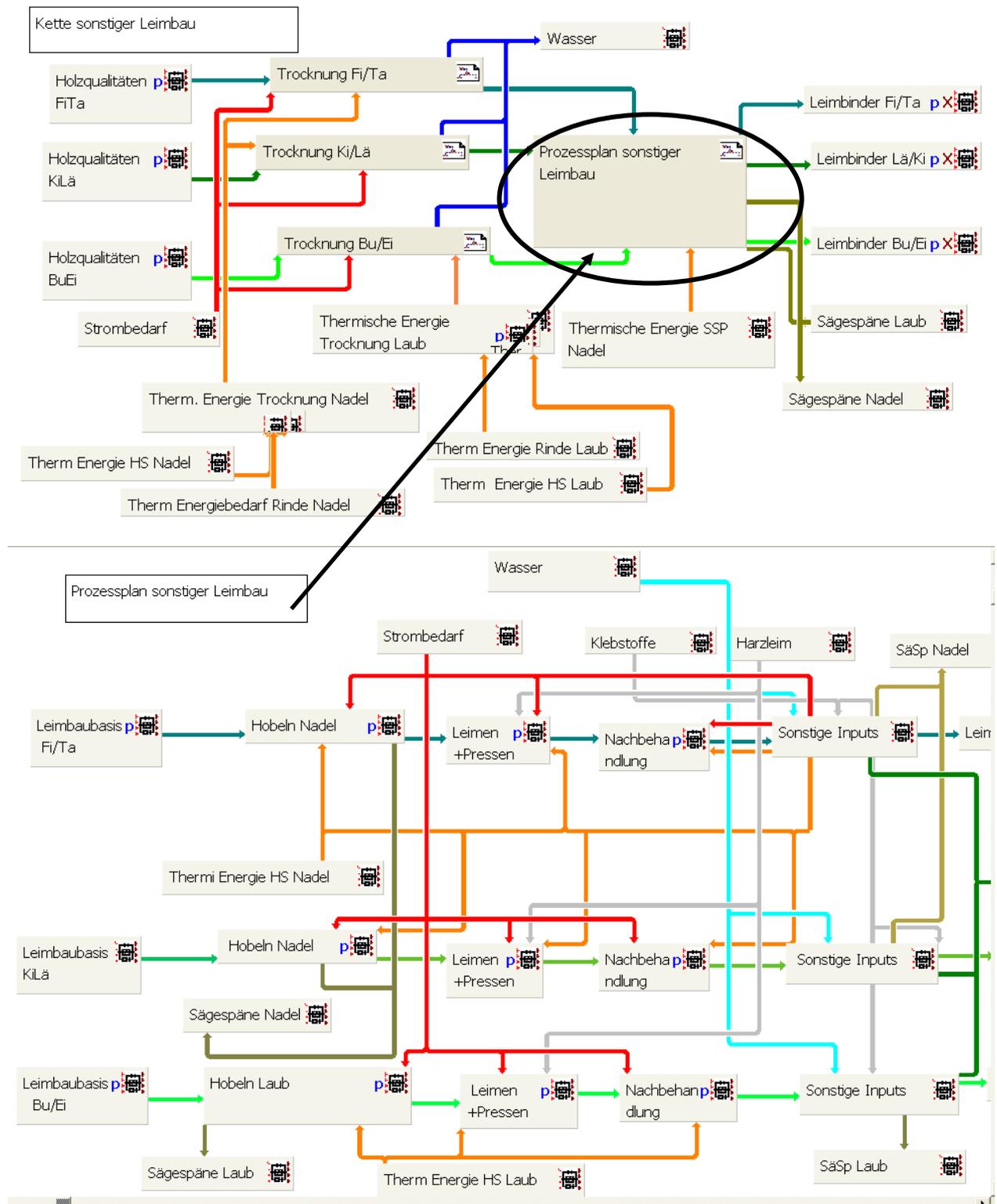


Abbildung 17: Exemplarische Darstellung der Prozessplankonfiguration sonstiger Leimbau

Die Darstellung in Abbildung 17 soll exemplarisch veranschaulichen, wie Pläne im Modell in einander verschachtelt wurden. Der als Planausschnitt dargestellte Prozessplan (der untere Plan ist als Planausschnitt dargestellt) wurde in den oberen Plan „Kette sonstiger Leimbau“ eingefügt, in welchem dieser nur noch als Prozess zu erkennen ist.

Daten mit exakten Mengenangaben waren einerseits für Rundholz andererseits auf Produktebene verfügbar. Für die Prozesse der dazwischen liegenden Verarbeitungsschritte standen meist spezifische Daten zur Verfügung, sodass die nach Holzart und Qualität unterschiedenen gleichen Outputs aller Prozesse in Pools gesammelt wurden. Diese standen auf der anderen Seite allen Prozessen als Input zur Verfügung. Um einen etwaigen Überschuss oder eine höhere Nachfrage nach einer bestimmten Holzart oder -qualität darstellen zu können, wurden die Materialpools mit einem dafür angelegten Ausgleich von Außen verbunden (siehe Abbildung 22).

Die anfallenden Altholzmengen wurden in den Szenarien als möglicher Input berücksichtigt.

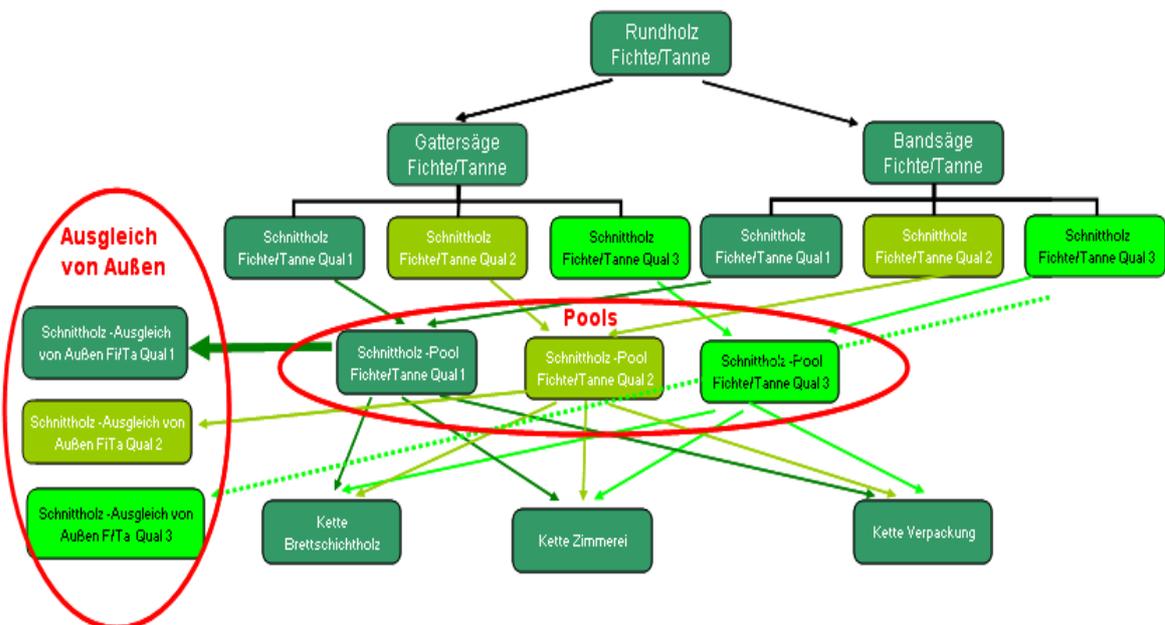


Abbildung 18: Darstellung der Pools mit Ausgleich nach Außen im Modell

Nachfolgend werden die wesentlichen Prozesspläne der Holzverarbeitung näher beschrieben.

3.2.2 Säge

Rundholz aus dem Wald wird in der Säge zu Schnittholz verarbeitet, welches anschließend in der Weiterverarbeitung eingesetzt wird. In Österreich unterscheidet man drei wesentliche Sägetechnologien

- Gattersäge

- Bandsäge
- Profiliertechnik

Die einzelnen Sägetechnologien unterscheiden sich vor allem im spezifischen Strombedarf und in der Ausbeute. Abhängig von der Holzart ist die Aufteilung zu den jeweiligen Technologien sehr unterschiedlich, sodass für jede Holzart ein eigener „Sägeplan“ aufgebaut wurde. Die Outputs der Sägen sind Schnitthölzer in drei Holzqualitäten (1, 2, 3) sowie Sägenebenprodukte (SNP). Gleiche Outputs aus den unterschiedlichen Sägen, wie Schnitthölzer der gleichen Holzqualität und Holzart sowie die als Sägenebenprodukte anfallenden Hackschnitzel, Sägespäne und Rinden (unterschieden nach Laub- und Nadelholz) wurden zu einem gemeinsamen Fluss zusammengefasst und in Pools gesammelt. So standen sie der nachfolgenden Weiterverarbeitung zur Verfügung. Die vier nach Holzart unterschiedlichen Sägepläne wurden dann als Subpläne in den Holzflussplan integriert.

3.2.3 Trocknung

Da in der Holzverarbeitung für die einzelnen Verarbeitungslinien je nach Technologie Holz unterschiedlicher Feuchte benötigt wird, wurde die gesamte Holz Trocknung des waldfrischen Holzes auf den jeweils für die Verarbeitungslinie geforderten Feuchte direkt an die Weiterverarbeitungsschiene angekoppelt.

Bei der Modellierung der Holzverarbeitung wurde zwischen drei Trocknungsarten unterschieden.

- Zu- / Ablufttrocknung
- Vakuumtrocknung
- Kondensationstrocknung

Vorerst wurde für die Trocknung jeweils ein eigener Prozess aufgebaut. Da die erforderlichen Energieinputs und auch die frei werdende Wassermenge von der Holzart abhängen, musste für jede Holzart ein eigener Trocknungsplan angelegt werden, wobei die Art der Trocknung über einen eigenen Aufteilprozess festgelegt wurde. Während sich der für die Trocknung erforderliche Stromeinsatz auf 1 m³ getrocknetes Holz bezieht, hängt der thermische Energiebedarf von der Menge des zu verdampfenden Wassers ab. Da die einzelnen Verarbeitungsschienen verschiedene Holzarten und unterschiedliche Holzfeuchten benötigen, bestand die Anforderung, dass für jede Zielfeuchte der verschiedenen Holzarten einerseits der thermische Energiebedarf aber andererseits auch die austretende Wassermenge berechnet werden können.

Über Parameter wurde die über Eintritts- und Austrittswassergehalt des jeweiligen Holzes erfolgte Berechnung integriert, wodurch erreicht werden konnte, den jeweils erforderlichen Energiebedarf sowie die frei werdende Wassermenge zu erhalten, ohne die Grundstruktur des Prozesses zu verändern.

Generell wurde davon ausgegangen, dass der thermische Energiebedarf für die Trocknung über die thermische Nutzung von vorwiegend Rinde und Hackgut und nur in einem geringen

Ausmaß durch Sägespäne gegebenenfalls Kappabschnitten abgedeckt wird. Das bei der Trocknung austretende Wasser wurde als Wasser-Emission zusammengeführt.

Dieser individuell einstellbare Trocknungsplan wurde dann in jede Verarbeitungsschiene eingefügt.

3.2.4 Zimmerei / Holzbau

Für Zimmerei/Holzbau werden für die Herstellung von Holzkonstruktionen Schnittholz (etwa 10 % des Gesamteinsatzes) verschiedener Holzarten - vorwiegend Nadelholz (90 % Fichte/Tanne, 8 % Kiefer/Lärche sowie 2 % Buche/Eiche) - in unterschiedlichen Holzqualitäten eingesetzt, wobei mehr als die Hälfte in mittlerer Qualität gefordert wird, höchste Qualität wird nur zu einem geringen Anteil benötigt. Für jede Holzart wurde ein eigener Prozess (Holzqualitäten Zimmerei) mit den unterschiedlichen Holzqualitäten als Input zu einem spezifischen Zimmereiholzfluss für die Weiterverarbeitung als Output aufgebaut, wobei jeder dieser Outputs getrennt über eine eigene Trocknung (Plan) mit dem Zielwassergehalt von 13 % geführt wurde. Der Zimmerei/Holzbau spezifische Verarbeitungsprozess „Abbund“ wurde für jede Holzart in einem eigenen Sub-Plan mit dem erforderlichen Strombedarf und den benötigten Zusatzstoffen aufgebaut und in den Plan verschachtelt, sodass als Output Konstruktionsholz getrennt nach Holzarten ausgewiesen wurde. Die bei der Verarbeitung anfallenden Sägespäne wurden getrennt nach Laub- und Nadelholz in Pools gesammelt und standen für etwaige Pelletierung bzw. für thermische Verwertung zur Verfügung.

3.2.5 Bau nicht tragend

Für die Erzeugung von Schalbrettern und anderen Bauhilfsmaterialien aus Holz wird Schnittholz (etwa 8 % des Gesamteinsatzes) verschiedener Holzarten - vorwiegend Nadelholz (90 % Fichte/Tanne, 8 % Kiefer/Lärche sowie 2 % Buche/Eiche) - in unterschiedlichen Holzqualitäten, hauptsächlich in mittlerer und niedrigerer und nur zu etwa 10 % in höchster Qualität eingesetzt. Für jede Holzart wurde ein eigener Prozess aufgebaut, mit den geforderten Holzqualitäten auf der Inputseite, die zu einem spezifischen Holzfluss für die Weiterverarbeitung auf der Outputseite zusammengeführt wurden. Jeder dieser Holzflüsse wurde getrennt über eine eigene Trocknung (Plan) mit dem Zielwassergehalt von 13 % und dem eigentlichen Verarbeitungsprozess „Nachbearbeitung“ geführt. Der Energiebedarf für die Trocknung wurde durch die anfallenden Sägespäne gedeckt. Die nicht benötigten Sägespäne wurden in Pools gesammelt und standen für etwaige Pelletierung bzw. für thermische Verwertung zur Verfügung.

3.2.6 Brettschichtholz

Etwa 30 % des Schnittholzeinsatzes wird für die Erzeugung von Brettschichtholz eingesetzt, wobei ausschließlich Nadelhölzer (85 % Fichte/Tanne) in unterschiedlichen Holzqualitäten, zu 60 % in mittlerer jeweils 20 % in höchster und niedriger Qualität, verwendet werden. Für jede Holzart wurde ein eigener Prozess mit den unterschiedlichen Holzqualitäten als Input

und einem spezifischen Brettschichtholzfluss für die Weiterverarbeitung als Output aufgebaut. Diese wurden jeweils getrennt über eine eigene Trocknung (Plan) mit dem Zielwassergehalt von 11 % und anschließend durch die eigentliche Verarbeitung geführt. Diese setzt sich aus den Prozessen

- Hobeln
- Leimen und Pressen
- Nachbearbeitung

zusammen. Für jeden dieser Prozesse wurde ein spezifischer Strom- und thermischer Energieeinsatz hinterlegt. Letzterer wurde durch die anfallenden Sägespäne gedeckt. Die nicht benötigten Sägespäne standen in Pools gesammelt für etwaige Pelletierung bzw. für thermische Verwertung zur Verfügung.

3.2.7 Sonstiger Leimbau

7 % des Schnittholzes wird für die Erzeugung von Schalungsträgern aufgewendet, wobei zu 98 % Nadelhölzer (95 % Fichte/Tanne) und in geringem Ausmaß auch Buchen- und Eichenhölzer eingesetzt werden. Die Qualitäten werden zu 60 % in mittlerer und jeweils 20 % in höchster und niedriger gefordert. Für jede Holzart wurde ein eigener Prozess mit den geforderten Holzqualitäten auf der Inputseite aufgebaut, die zu einem spezifischen Holzfluss für die Weiterverarbeitung auf der Outputseite zusammengeführt wurden. Jeder dieser Holzflüsse wurde getrennt über eine eigene Trocknung (Plan) mit dem Zielwassergehalt von 11 % und anschließend durch die eigentliche Verarbeitung geführt. Diese setzt sich aus den folgenden Prozessen zusammen:

- Hobeln
- Leimen und Pressen
- Nachbearbeitung

Sie erforderten jeweils einen spezifischen Strom- und thermischen Energieeinsatz. Letzterer wurde durch die anfallenden Sägespäne gedeckt. Die nicht benötigten Sägespäne standen in Pools gesammelt für etwaige Pelletierung bzw. für thermische Verwertung zur Verfügung.

3.2.8 Massivholzplatte

Für die Erzeugung der Massivholzplatte wird etwa 7 % des Schnittholzeinsatzes, davon etwa 70 % Nadel- und 30 % Laubhölzer, in unterschiedlichen Qualitäten mit Hauptanteil in Qualitätsstufe 2 eingesetzt. Für jede Holzart wurde ein eigener Prozess aufgebaut, mit den geforderten Holzqualitäten auf der Inputseite, die zu einem spezifischen Holzfluss für die Weiterverarbeitung auf der Outputseite zusammengeführt wurden. Diese wurden jeweils getrennt über eine eigene Trocknung (Plan) mit dem Zielwassergehalt von 10 % und anschließend durch die eigentliche Massivholzplattenverarbeitung geführt. Diese setzte sich aus den folgenden Prozessen zusammen:

- Auftrennen

- Beleimen
- Flächenverleimen
- Pressen
- Nachbehandlung

Im Prozess Auftrennen fielen neben Restholz auch Sägespäne an, die jeweils in Pools zusammengefasst wurden. Der bei diesem Vorgang erforderliche thermische Energiebedarf wurde über die anfallenden Sägespäne gedeckt. Die nicht benötigten Sägespäne bzw. das anfallende Restholz standen in Pools gesammelt für etwaige Pelletierung bzw. für thermische Verwertung zur Verfügung.

3.2.9 Möbelholz

11 % des Schnittholzes wird für die Erzeugung von Möbelholz eingesetzt, wobei vorwiegend Laub- aber auch Nadelhölzer in unterschiedlichen Qualitäten mit Hauptanteil in der mittleren und höchsten und nur 10 % in niedriger Qualität verwendet werden. Für jede Holzart wurde ein eigener Prozess aufgebaut, mit den geforderten Holzqualitäten auf der Inputseite, die zu einem spezifischen Holzfluss für die Möbelholzherstellung auf der Outputseite zusammengeführt wurden. Diese wurden getrennt über eine eigene Trocknung (Plan) mit dem Zielwassergehalt von 10 % und anschließend durch die eigentliche Möbelholzverarbeitung geführt. Diese setzte sich aus den folgenden Prozessen zusammen:

- Zuschnitt
- Verleimen
- Profilieren

Die anfallenden Sägespäne wurden getrennt nach Laub- und Nadelholz in Pools gesammelt und für den in der Verarbeitung erforderlichen thermischen Energieeinsatz genutzt. Der etwaige Überschuss stand für Pelletierung bzw. für thermische Verwertung zur Verfügung.

3.2.10 Schalungsplatte

Etwa 3 % der Einsatzmenge von Schnittholz wird für die Erzeugung der Schalungsplatte eingesetzt, wobei Nadel- und Laubhölzer in unterschiedlichen Qualitäten mit Hauptanteil in Qualitätsstufe 2 verwendet werden. Für jede Holzart wurde ein eigener Prozess aufgebaut, mit den geforderten Holzqualitäten auf der Inputseite, die zu einem spezifischen Holzfluss für die Schalungsplattenherstellung auf der Outputseite zusammengeführt wurden. Jeder Holzfluss wurde getrennt über eine eigene Trocknung (Plan) mit dem Zielwassergehalt von 14 % geführt. Die eigentliche Verarbeitung setzte sich aus den folgenden Prozessen zusammen:

- Auftrennen
- Beleimen
- Flächenverleimen
- Pressen

- Nachbehandlung

Im Prozess Auftrennen fielen neben Restholz auch Sägespäne an, die in Pools zusammengefasst wurden. Der bei diesem Vorgang erforderliche thermische Energiebedarf wurde über die anfallenden Sägespäne gedeckt. Der eventuelle Überschuss an Sägespänen bzw. das anfallende Restholz standen in Pools gesammelt für etwaige Pelletierung bzw. für thermische Verwertung zur Verfügung.

3.2.11 Verpackung

Etwa 10 % des Schnittholzeinsatzes wird für die Herstellung von Holzverpackungen eingesetzt, wobei großteils Nadel-, in geringem Ausmaß auch Buchen- und Eichenhölzer, zum Großteil in der Qualitätsstufe 3 verwendet werden. Die Trocknung erfolgte auf einen Wassergehalt von 15 % und der eigentliche Verarbeitungsprozess „Zuschnitt“ wurde energetisch durch Strom abgedeckt. Die bei der Verarbeitung anfallenden Restholzstücke und Sägespäne wurden in eigenen Pools gesammelt und standen für etwaige Pelletierung bzw. für thermische Verwertung zur Verfügung.

3.2.12 Profilholzherstellung

13 % des Schnittholzeinsatzes wird für die Profilholzherstellung eingesetzt, wobei ausschließlich Nadelhölzer (90 % Fichte/Tanne) vorwiegend in mittlerer Qualität verwendet werden. Spezifische Daten für die Weiterverarbeitung waren nicht für die einzelnen Verarbeitungsschritte, sondern nur für den gesamten Herstellprozess verfügbar, der sich aus den folgenden Prozessen zusammensetzte:

- Auftrennen
- Profilieren
- Verleimen

Bei einer Ausbeute von 83 % wurde auf einen Wassergehalt von 10 % getrocknet, wobei ausschließlich das Verfahren der Zu- / Ablufttrocknung eingesetzt wurde. Neben dem Strombedarf, der stark vom Grad der Auslastung und der jeweiligen Anlage abhängt (28,8 bis 234 MJ /m³), wurde der für die Herstellung erforderliche thermische Energiebedarf durch die Verfeuerung von den bei der Verarbeitung anfallenden Sägespänen gedeckt. Der eventuelle Überschuss an Sägespänen stand in Pools für etwaige Pelletierung bzw. für thermische Verwertung zur Verfügung.

3.2.13 Parkettherstellung

Für die Parkettherstellung werden verschiedene Holzarten mit Präferenz auf Laubholz in unterschiedlichen Holzqualitäten verwendet, wobei vorwiegend die mittlere und höchste Qualität eingesetzt werden. Es wurde für jede Holzart ein eigener Prozess mit dem Input der unterschiedlichen Holzqualitäten und dem für die Parkettherstellung erforderlichen Holzfluss als Output aufgebaut. Diese wurden jeweils getrennt über eine eigene Trocknung (Plan) mit dem Zielwassergehalt von 5,7 % geführt. Die getrockneten Holzflüsse wurden dann in einem

eigenen Plan für jede Holzart getrennt durch die eigentliche Verarbeitung geführt, die sich aus den folgenden Prozessen zusammensetzte:

- Auftrennen
- Beleimen
- Pressen
- Profilieren
- Oberflächenbehandlung

Der benötigte spezifische Strom- und thermischen Energieeinsatz wurde durch die anfallenden Sägespäne gedeckt. Die nicht benötigten Sägespäne standen in Pools gesammelt für etwaige Pelletierung bzw. für thermische Verwertung zur Verfügung.

3.2.14 Furnierherstellung

Für die Furnierherstellung werden zu mehr als drei Viertel Laubhölzer, in geringem Ausmaß auch Nadelhölzer nach zwei unterschiedlichen Verarbeitungstechnologien eingesetzt – der Messer- und Schäl furniertechnologie. Für die Nadelfurnierherstellung kommt ausschließlich die Messertechnologie zum Einsatz, Laubfurniere werden nach beiden Technologien hergestellt. Die bei der Verarbeitung anfallenden Rinden bzw. Reststücke wurden in Pools, unterschieden nach Laub- und Nadelholz, gesammelt und für die Deckung des erforderlichen thermischen Energiebedarfs für die Verarbeitung aber auch für die Trocknung auf einen Wassergehalt von 7,4 % eingesetzt. Der etwaige Überschuss stand für anderwärtige thermische Energienutzung zur Verfügung.

3.2.15 Spanplattenproduktion

Die einzelnen Verarbeitungsschritte der Spanplattenherstellung sind:

- Stoffaufbereitung
- Trocknung
- Beleimen und Vliesbildung
- Pressen
- Nachbearbeitung

Sie werden in jeweils eigenen Prozessen mit den jeweiligen Energieinputs sowie Input- und Outputdaten in einem gemeinsamen Plan aufgebaut. Da in diesem Fall die Trocknung in die Verarbeitungskette integriert ist, wurden die unterschiedlichen Holzinputstoffe im ersten Verarbeitungsschritt - also noch vor der Trocknung auf den Zielwassergehalt von 7,4 % – zusammengeführt. Durch Verluste (10 %) in Form von Restholz und Schleifstaub am Ende der Verarbeitungskette wurden die weiteren auf das Endprodukt (fertige Spanplatte) bezogenen Inputstoffe sowie der jeweilige Energieinput in den einzelnen Verarbeitungsschritten über den entsprechenden Reduktionsfaktor abgeglichen, um die einzelnen Verarbeitungsschritte getrennt darstellen zu können.

Der Prozess der Spanplattenherstellung ist in Abbildung 19 dargestellt.

Neben dem Strombedarf wurde der thermische Energiebedarf der Verarbeitungskette einerseits durch Hackschnitzel aber auch zu etwa einem Viertel durch Erdöl gedeckt.

Spanplatte

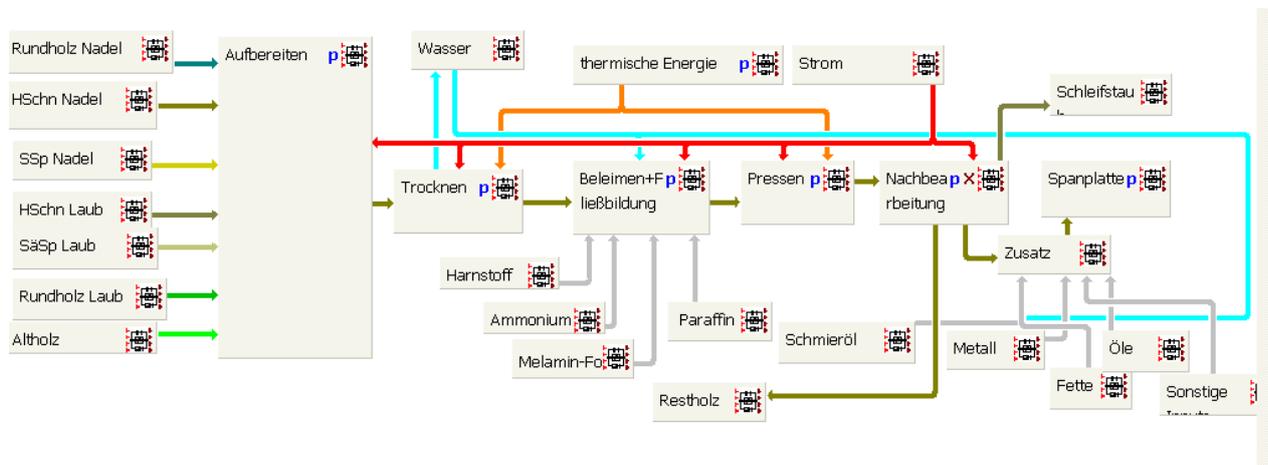


Abbildung 19: Prozessplan Spanplattenherstellung

3.2.16 MDF-Plattenherstellung

Für die Herstellung der MDF-Platten werden Industrierundholz, Hackschnitzel sowie Sägespäne sowohl von Laub- als auch Nadelholz eingesetzt. Die Verarbeitungskette setzt sich aus den folgenden Prozessen zusammen:

- Aufbereiten
- Beleimen
- Trocknung
- Streuung/Vliesbildung
- Pressen
- Nachbearbeitung

Die Trocknung auf einen Wassergehalt von 7,4 % wurde in die Verarbeitungskette integriert. Das Streumaterial wurde in den einzelnen Prozessschritten mittels Zusätzen zur fertigen Platte verarbeitet. Neben dem Strombedarf wurde der relativ hohe thermische Energiebedarf der Verarbeitungskette zum Teil durch die bei der Fertigung anfallenden Reststücke gedeckt, 61 % des thermischen Energiebedarfs mussten allerdings durch Erdöl abgedeckt werden.

3.2.17 Pelletierung

Für die Erzeugung von Pellets wurden Sägespäne, die aus den Pools aus der Holzverarbeitung entnommen wurden, eingesetzt. Der für die Pelletierung notwendige Energiebedarf wurde durch Strom gedeckt, thermische Energie wurde ausschließlich für die Trocknung benötigt.

3.2.18 Schnittholzimport

Um das nach Österreich importierte Schnittholz (85 % Nadel- und 15 % Laubholz) mit dem für die Herstellung erforderlichen Aufwand in die Modellierung mit einbeziehen zu können, wurde ein eigener Plan aufgebaut. Dieser beinhaltete die Säge und die Trocknung analog der Produktionsweise in Österreich. Die anfallenden Sägenebenprodukte wurden in eigenen Ausland-Pools gesammelt und standen nicht für eine weitere Nutzung zur Verfügung, da diese im jeweiligen Herstellungsland anfallen und für Österreich nicht relevant sind. Daher wurde auch der hinter der Trocknung liegende thermische Energieaufwand zwar ausgewiesen, aber nicht über die anfallenden SNP abgedeckt.

3.2.19 Schnittholz für Export

Schnittholz aus der österreichischen Säge und aus dem Import wurden getrennt nach Holzart und Qualitäten in Pools gesammelt. Die Weiterverarbeitung deckte ihren Bedarf aus diesen Pools. Jene Schnittholzmengen, die in der Weiterverarbeitung nicht benötigt wurden, verblieben in einem dafür erstellten Ausgleich als Überschuss und ergaben jene Mengen an Schnittholz, die in den Export gehen.

3.3 *Verknüpfung der Prozessmodelle zum Modell Holzverarbeitung*

Die verknüpften Prozessmodelle stellen die oberste Planebene der Holzverarbeitung dar. Auf dieser Planebene wurden die zuvor beschriebenen Pläne der Holzverarbeitung als Subpläne (Prozesse) integriert. Das nach Holzart unterschiedene Rundholz aus dem Wald gelangte in die Sägen, wurde dort jeweils in die drei Holzqualitäten aufgeteilt und in Pools gesammelt. Aus diesen entnahmen die einzelnen Verarbeitungsschienen die jeweils benötigten Mengen. Aus jeder Verarbeitung wurden auf der Outputseite die Produkte nach den unterschiedlichen Holzarten ausgewiesen sowie die Sägenebenprodukte, die in unterschiedlicher Art und Form bei den verschiedenen Verarbeitungsschritten anfielen. Sie wurden zum Teil zur Deckung des eigenen Energiebedarfs eingesetzt. Die anfallenden Rinden- und Hackschnitzel wurden in Pools gesammelt und versorgten einerseits die Energieanlagen, andererseits stand der Überschuss der Papierherstellung zur Verfügung. Die ebenfalls in Pools gesammelten Sägespäne, die nicht für die eigenen Energieanlagen benötigt wurden, wurden für die Pelletierung bzw. für thermische Energieversorgung eingesetzt. Da die Holz Trocknung in die einzelnen Verarbeitungsketten integriert war, wurde das dabei frei werdende Wasser zusammengeführt zu einem Wasserfluss zusammengeführt.

Abbildung 20 zeigt Auszüge aus dem gesamten Holzflussplan.

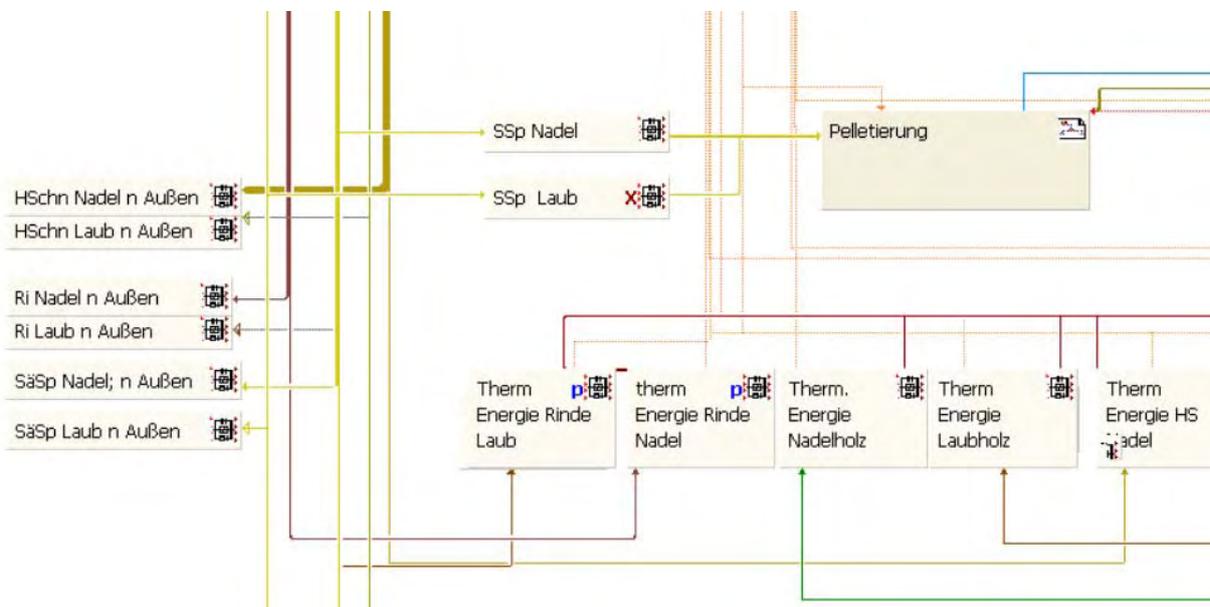
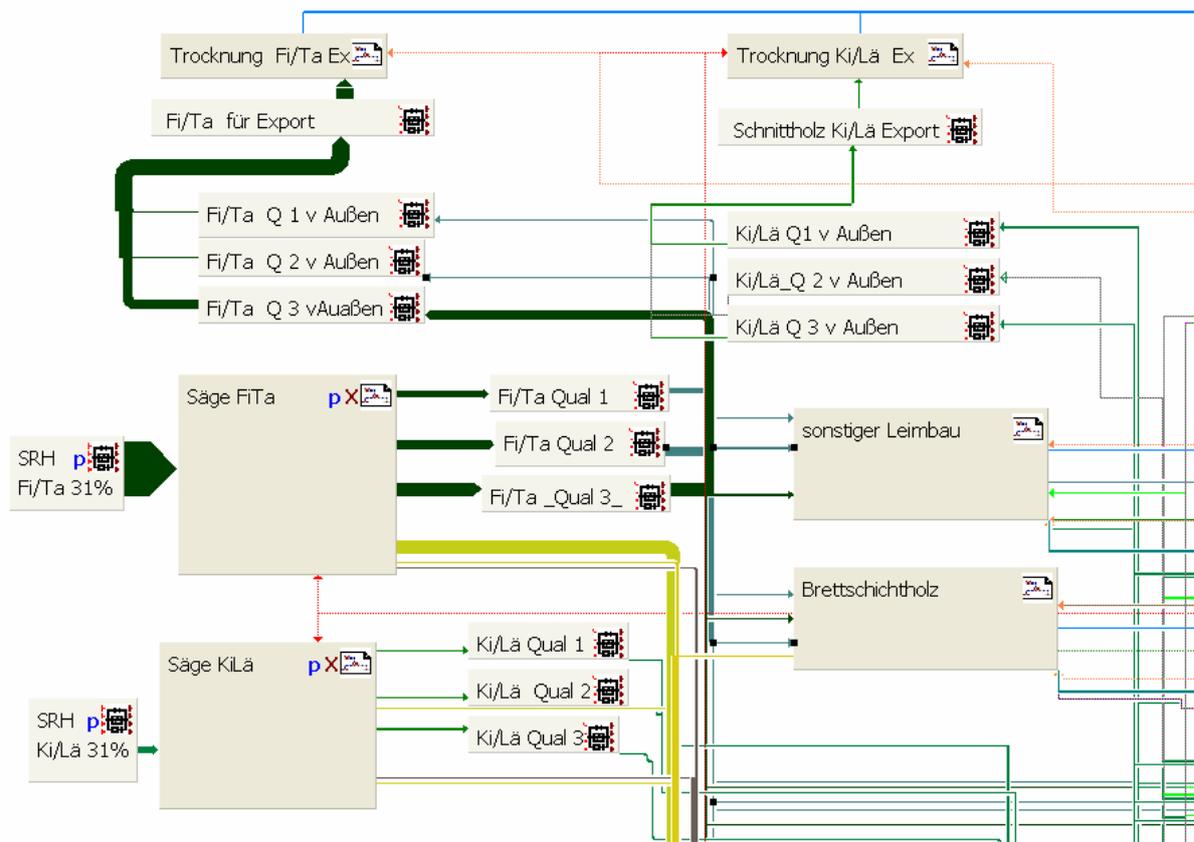


Abbildung 20: Auszüge aus dem Holzflussplan

3.3.1 Energiebereitstellung

Die Mengen an thermischer Energie und Strom wurden durch die für die einzelnen Verarbeitungsschritte erforderlichen Energiemengen und durch die festgelegten Produktionsmengen bestimmt. Da nahezu jeder einzelne Verarbeitungsschritt Energiebedarf aufweist, wurde in jedem einzelnen Plan der thermische Energiebedarf der einzelnen

Verarbeitungsschritte in einem gemeinsamen Prozess „Energiebedarf“ zusammengeführt. Dabei wurde für jeden Energieträger ein eigener Durchgangs-Prozess („Energiebedarf Hackschnitzel Laub“, „Energiebedarf Rinde Nadel“,...) erstellt.

Diese „offenen“ Flüsse wurden auf oberster Gesamtplanebene durch die entsprechenden Energiequellen (Hackschnitzel-, Rinden-, Holz-, Heizöl-, Erdgaskessel) abgedeckt. Da die spezifischen Energieangaben aus unterschiedlichen Datenquellen stammten und teilweise stark von einander abwichen, wurde für die Grundmodellierung ein Mittelwert dieser Angaben verwendet.

Die für die Energiebereitstellung erforderlichen Energieanlagen (Differenzierung von thermischer Energie aus Hackschnitzeln, Heizöl, Erdgas etc. und der unterschiedlichen Kesselgrößen etc.) wurden über verfügbare Prozesse aus der Datenbank entnommen. Dabei wurden nach Möglichkeit Basisprozesse ausgewählt, wenn diese nicht verfügbar waren, wurden bei rückverknüpften Prozessen nur die relevanten Flüsse verknüpft, da die Vorbelastungen, die bei der Lebenszyklusbetrachtung miteinbezogen werden, im gegenständlichen Projekt nicht relevant sind (es erfolgt keine generelle LCA-Betrachtung).

Da anzunehmen ist, dass in den Weiterverarbeitungsbetrieben für die thermische Energiebedarfsdeckung die dort anfallenden Sägenebenprodukte eingesetzt werden, wurde in der Modellierung der thermische Energiebedarf für die Weiterverarbeitung über Säge- und Hobelspäne sowie Kappabfälle abgedeckt. Für die Deckung des thermischen Energiebedarfs in der Trocknung wurden Rinden- und Hackschnitzel eingesetzt.

In der Grundeinstellung des Modells erfolgte nach der derzeitigen Ist-Situation. Um allerdings zu gewährleisten, dass auch andere Energieträger zur Energiebedarfsdeckung bei veränderten Rahmenbedingungen beitragen können, wurden Veränderungen über die im Modell vorgesehenen Planparameter und Planinstanzen ermöglicht.

3.3.2 Ausgleich von Außen

Gleichartige Outputs der Säge bzw. der Weiterverarbeitungsschienen wurden in entsprechenden Pools zusammengeführt. Die einzelnen Verarbeitungsschienen bzw. die Energieanlagen entnahmen aus diesen Pools ihren jeweiligen Bedarf nach Holzart und Qualität. Um darstellen zu können, welche Holzarten und –qualitäten, aber auch welche Sägenebenprodukte als Überangebot bzw. als Mangel oder Defizit vorliegen, wurde für jeden Pool im Modell ein Ausgleich von Außen eingeführt, der direkt mit dem jeweiligen Durchgangsfluss verbunden wurde. Ein positiver Wert bedeutete Überschuss, ein negativer Wert war einem Bedarf/Defizit gleichzusetzen.

3.3.3 Altholz-Recycling

Nach der Nutzung des Holzes/Holzwerkstoffe in verschiedenen Produktsektoren wird Altholz verwertet. Im Holzverarbeitungsmodell wurde dies derart implementiert, dass das für stoffliche Verwertung genutzte Altholz über einen Häcksler wieder in den Kreislauf gelangte - dieses wurde als Altholzhackgut der Plattenproduktion zur Verfügung gestellt. Dazu wurde getrennt nach den einzelnen Produktschienen der jeweilige Altholzanteil festgelegt, wobei

nach der Art der Verwertung (stofflich – thermisch – Wiederverwendung) unterschieden und in entsprechenden Altholzpools gesammelt die dann für die jeweilige Verwertung zur Verfügung standen.

3.3.4 Altholz-Wiederverwendung

Im Holzverarbeitungsmodell wurde für jede Produktschiene ein spezifischer Altholzprozess (z.B. Schalungsplatte/Altholz) integriert, um das (in den Recyclingprozessen auf oberster Ebene) anfallende Altholz wieder in den Holzfluss einfließen zu lassen, damit es in Szenarien den direkten Ersatz von „Frischmaterial“ erlaubt.

3.4 Verifizierung des Holz-Modells

Im Anschluss an die Fertigstellung des Modells erschien auf Grund des hohen Detaillierungsgrads in den beschriebenen Prozessschritten eine Verifizierung der Werte notwendig. Da die Dateneingabe (Flüsse) im Modell auf Einzelprozessebene über spezifische Daten erfolgte, wurden die Input- und Outputmengen aus dem Modell überprüft, um eventuelle Abweichungen durch die große Zahl an dazwischen liegenden Prozessen und Flüssen zu erkennen. Da das Modell in der Grundeinstellung die Ist-Situation der Branche abbildet, wurden zur Plausibilitätsprüfung die Modellergebnisse (Gesamtbilanz für den Modellteil der Holzverarbeitung) durch Datenvergleich der Modellergebnisse mit den In- und Outputdatenangaben der Projektpartner. Da bei den Energiedaten der Projektpartner auf Prozessebene die Angaben nur als spezifische Daten verfügbar waren, mussten diese Angaben erst auf die vergleichbaren Werte umgerechnet werden, um sie den Gesamtwerten aus dem Modell gegenüberstellen zu können, zusätzlich wurden die Energieinputs mit Daten aus der Energiebilanzen (Statistik 2007) verglichen. Ebenso konnte über den jeweiligen Kohlenstoffgehalt die Kohlenstoffgesamtmenge verglichen werden. Aus der Differenz zwischen Eingangswasserhalt und den jeweiligen Wassergehalten der Produkte konnte über die unterschiedlichen Dichten die bei der Trocknung verdampfte Wassermenge errechnet und mit den Daten im Modell überprüft werden.

Über die jeweiligen Produktmengen und die spezifischen Energiedaten wurde der Gesamtenergieeinsatz errechnet. Zusätzlich erfolgte über die spezifischen Emissionsfaktoren der Energieträger die Berechnung der dabei freiwerdenden CO₂-Emission, die mit den Werten im Modell verglichen wurde.

Tabelle 10 enthält die wesentlichen Input- und Outputströme aus der Modellrechnung, Tabelle 11 zeigt die Gegenüberstellung der Energiedaten aus dem Holzmodell mit den errechneten Werten bzw. mit Daten aus der Energiebilanz.

Tabelle 10: Die wesentlichen Input- und Outputmengen aus dem Modell

Säge in m³	Input SRH	Input SNP	Output Schnittholz	Output SNP
Sägerundholz Fichte/Tanne	15.862.050		9.817.200	
Sägerundholz Kiefer/Lärche	1.356.430		916.878	
Sägerundholz Buche/Eiche	603.980		461.812	
Sägerundholz andere LHR	297.344		227.525	
Hackschnitzel Nadel				4.818.912
Hackschnitzel Laub				148.558
Sägespäne Nadel				1.665.490
Sägespäne Laub				65.044
Summe	18.119.804		11.423.416	6.698.004
Rinde Nadel				2.001.820
Rinde Laub				78.376
Holzverarbeitung	Input Schnittholz		Output Produkt	Output SNP
Fichte/Tanne	4.581.728		3.565.325	1.016.403
Kiefer/Lärche	658.416		511.960	146.456
Laubholz	733.649		466.715	266.934
Summe	5.973.793		4.544.000	1.429.793
Plattenindustrie	Holzinput	Input SNP	Output Produkt	Output SNP
Ind Rundholz Nadel	424.350			
Ind Rundholz Laub	666.150			
Hackschnitzel Nadel		960.300		
Hackschnitze Laub		29.700		
Sägespäne Nadel		1.040.325		
Sägespäne Laub		32.175		
Altholz	275.000			
Summe	1.365.500	2.062.500	3.100.000	328.000

Tabelle 11: Verifizierung der Energiedaten aus dem Holzmodell

	Werte aus Modell in TJ			über Produktionsmenge und spezifischen Energieeinsatz errechnete Werte in TJ			Werte aus Energiebilanz		
	Therm. Energie	Strom	gesamt	Therm. Energie	Strom	gesamt	Therm. Energie	Strom	gesamt
Holzverarbeitung	12.280	4.272	16.552	6.895	1.445	8.340			
Plattenherstellung				2.772	2.053	4.826			
Trocknung				1.361	2.289	3.650			
Säge		1.237	1.237		1.200	1.200			
Holzverarbeitung gesamt	12.280	5.509	17.789	11.029	5.787	16.815	19.826	7.067	26.893

Ein zusätzlicher Datenabgleich erfolgte über Daten der Energiebilanz für das Jahr 2007. Diese beinhaltet Daten für den Endenergieverbrauch für die einzelnen Branchen aufgeschlüsselt nach den einzelnen Energieträgern, wobei über die jeweiligen Emissionsfaktoren die CO₂-Emission abgeschätzt und zum Abgleich mit den Werten aus dem Modell herangezogen werden konnten (Gesamtenergieeinsatz: 28.931 TJ, Grobabschätzung CO₂ fossil: 210 kt, CO₂ biogen: 1630 kt).

Es zeigte sich sowohl für die Masse, als auch für Wasser und Energie eine recht gute Übereinstimmung der Werte aus dem Modell mit den errechneten Werten. Einzig beim Abgleich mit der Energiebilanz 2007 zeigte sich eine Abweichung von mehr als 30 %, welche nach Rückfrage bei Statistik Austria (W. Bittermann, pers. Mitteilung) in der geänderten Zuordnungssystematik der Energiebilanz (vollständigere Betriebsangaben seit den Erhebungen zum Emissionshandel) begründet sein dürfte. Stellt man die Werte aus dem Modell den Daten der Energiebilanz aus dem Jahr 2005 (18.727 TJ) gegenüber, liegen die Werte aus dem Modell innerhalb der 5 %-Abweichung.

3.5 Prozessmodelle für die Papier und Zellstoffherstellung

3.5.1 Plankonzept

In Analogie zum Bereich der Holzverarbeitung sind die unterschiedlichen Technologien zur Zwischenproduktherstellung (Zellstofftechnologien) und die weiterverarbeitenden Papierverarbeitungstechnologien im Modell abgebildet. Die in den Projekttreffen definierten Prozessketten wurden aufgebaut, darunter fallen für den Bereich der Papierindustrie vor allem die verschiedenen Halbstoff erzeugenden Prozesse sowie die Prozesse der Stoffaufbereitung und der Papiermaschine. Die Einzelprozesse konnten mit den erhaltenen Daten der bestimmenden Flüsse konfiguriert werden. Die Grundstruktur des Papier- und Zellstoffmodells ist in Abbildung 21 dargestellt.

Nachfolgend sind die unterschiedlichen in der Erhebung erfassten Prozesse mit ihren wichtigsten Flüssen genannt. Die jeweiligen Zellstoffprozesse in den einzelnen Betrieben sind in Subprozessen getrennt abgebildet. Je nach Datenlage haben sie gleiche oder unterschiedliche Prozesskonfiguration, es werden unabhängig von der Prozesskonfiguration jedenfalls auf Instanzebene die entsprechenden Flussmengen eingegeben. Damit können zu einem späteren Zeitpunkt etwaige fehlende bzw. detailliertere betriebsspezifische Angaben nachträglich eingegeben werden, und die Exaktheit der Abbildung kann damit weiter verbessert werden.

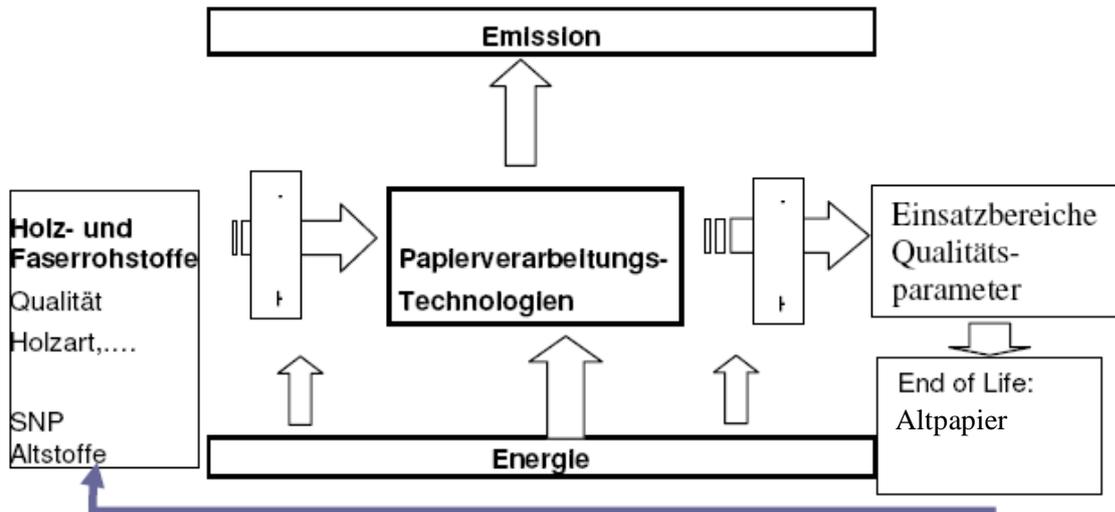


Abbildung 21: Grundstruktur des Papier- und Zellstoff-Modells

3.5.1.1 Holzplatz, Entrindung, Hacke

Bei Betrachtung des Materialstroms innerhalb der Systemgrenzen der Papiererzeugung stehen zu Beginn der Frischfasererzeugung die Prozesse Holzplatz, Hacke und Entrindung. Da für diese Prozesse keine getrennten Daten verfügbar waren, wurden alle drei zu einem Modul aggregiert. Dieses Modul ist darauf ausgelegt, dass je Einheit entstehender Hackschnitzel eine bestimmte Menge Rundholz, Strom und andere Betriebsstoffe aufgewendet werden müssen. Dabei wurden zwei gleichartige Module einmal für Hackschnitzel Langfaser (Nadelholz) und einmal für Hackschnitzel Kurzfaser (Laubholz) definiert, um die Unterschiede der Herstellung in Bezug auf Rohstoff und Energieaufwand bestimmen zu können. Die in die jeweiligen Module eintretenden Flüsse sind einerseits Industrierundhölzer der Baumarten Fichte und Tanne sowie Lärche und Kiefer und andererseits Industrierundhölzer der Baumarten Buche und Birke. Darüber hinaus sind auch die Flüsse Fremdhackgut, Blochholz, andere Faserhölzer und Rinde als Input definiert. Innerhalb dieser Module werden somit die eingesetzten Holzarten zu Hackschnitzel Langfaser und Hackschnitzel Kurzfaser verarbeitet. Die verschiedenen Ströme des Moduls Holzplatz-Hacke-Entrindung sind in Abbildung 22 dargestellt.

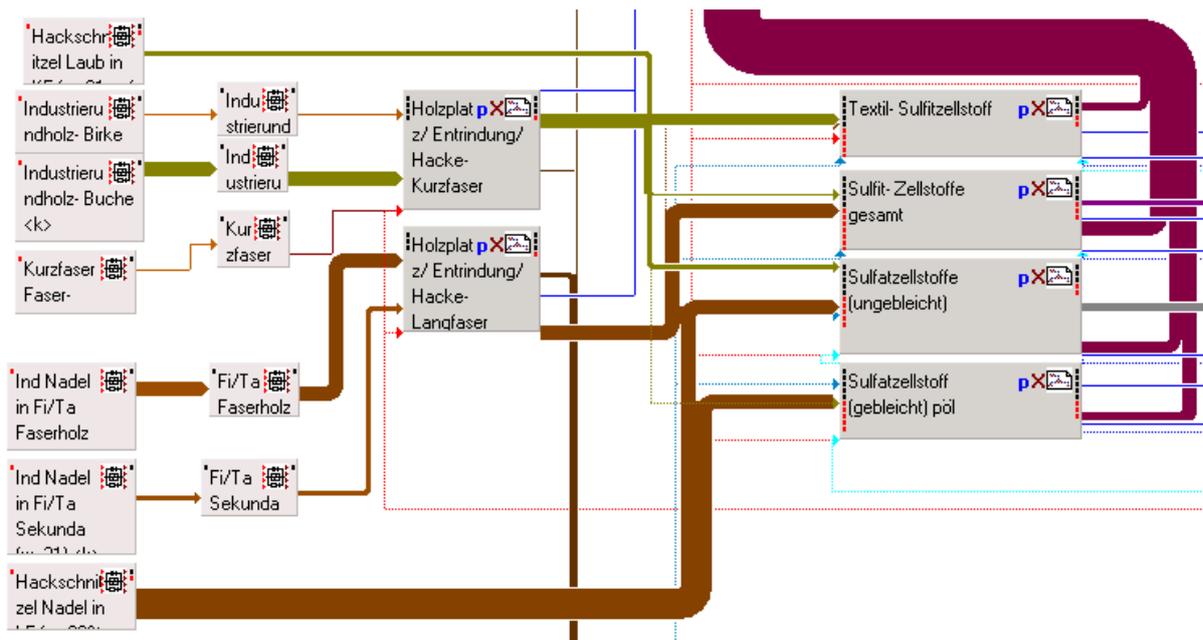


Abbildung 22: Modellausschnitt Holzplatz

3.5.1.2 Herstellung von Sulfitzellstoff

Für die Produktion von Sulfitzellstoff werden im Modell die Prozesse für Kocherei/ Wäsche/ Eindampfen sowie für Bleiche/ Nachsortierung/ Entwässerung jeweils als Aggregate zusammengefasst. Der Prozess der Zellstofftrocknung wird getrennt beschrieben.

Die einzelnen Prozessaggregate sind entsprechend der Datenerhebung aufgebaut, die Stoffströme werden auf die Outputs bezogen. So ist das Prozessaggregat der Kocherei über die Inputflüsse Hackschnitzel Langfaser, Hackschnitzel Kurzfaser, Kochsäure, Strom, thermische Energie (Dampf (md, nd)) sowie die Outputflüsse Sulfitzellstoff, Dicklauge, Rejekte und Kondensate definiert.

Das nächste für die Sulfitzellstoffherstellung berücksichtigte Aggregat Bleiche/ Nachsortierung/ Entwässerung besitzt die Haupt-Inputflüsse Sulfitzellstoff (ungebleicht), Chemikalien für die Bleiche und Energieinput (Strom und thermische Energie). Je nach Weiterverarbeitung kann danach noch der Prozess der Zellstofftrocknung angeschlossen werden.

Für die Zellstofftrocknung sind der Materialinput Sulfitzellstoff sowie der Energieinput (Strom und thermische Energie) vorgesehen. Die Outputs sind Sulfitzellstoff, Dampf und Abwärme.

Diese in der Prozesskette aufeinander folgenden aggregierten Module sind im Folgenden anhand der sie bestimmenden Flüsse auf Prozessplänen miteinander verknüpft. Das Prozessaggregat Kocherei/ Wäsche/ Eindampfen wird über den Fluss Sulfitzellstoff mit dem Prozessaggregat Bleiche/ Nachsortierung verknüpft. Dieser wird wiederum mit dem Prozess Zellstofftrocknung verbunden. Für die unterschiedlichen Sulfitzellstoff produzierenden Betriebe entstehen hierdurch unabhängige Prozesspläne, die jeweils die unterschiedlichen Outputgrößen Sulfitzellstoff (gebleicht) sowie Zellstoff-Textil aufweisen.

3.5.1.3 Herstellung von Sulfatzellstoff

Die Prozesse der Sulfatzellstoffproduktion sind analog zur Sulfitzellstoffproduktion aufgebaut. Die bestimmenden Flüsse sind entsprechend den Daten aus der Erhebung aufgebaut. Die spezifischen Flussgrößen wurden für die jeweiligen Betriebe entsprechend der Datenverfügbarkeit eingegeben. Die Produktionsmengen sind wieder auf Ebene der Flussinstanzen über Parametern veränderbar.

Der Modellaufbau der Sulfatzellstoffproduktion weist gleiche Struktur wie beim Sulfitzellstoff auf. Hier wurden zwei Prozesspläne für gebleichtes und für ungebleichtes Produkt erstellt, die gleich aufgebaut sind, nur entfällt auf dem Prozessplan Sulfatzellstoff (ungebleicht) der Prozess der Bleiche.

Abbildung 23 zeigt einen Ausschnitt aus dem Modell mit aggregierten Strömen aus der Zellstoffproduktion.

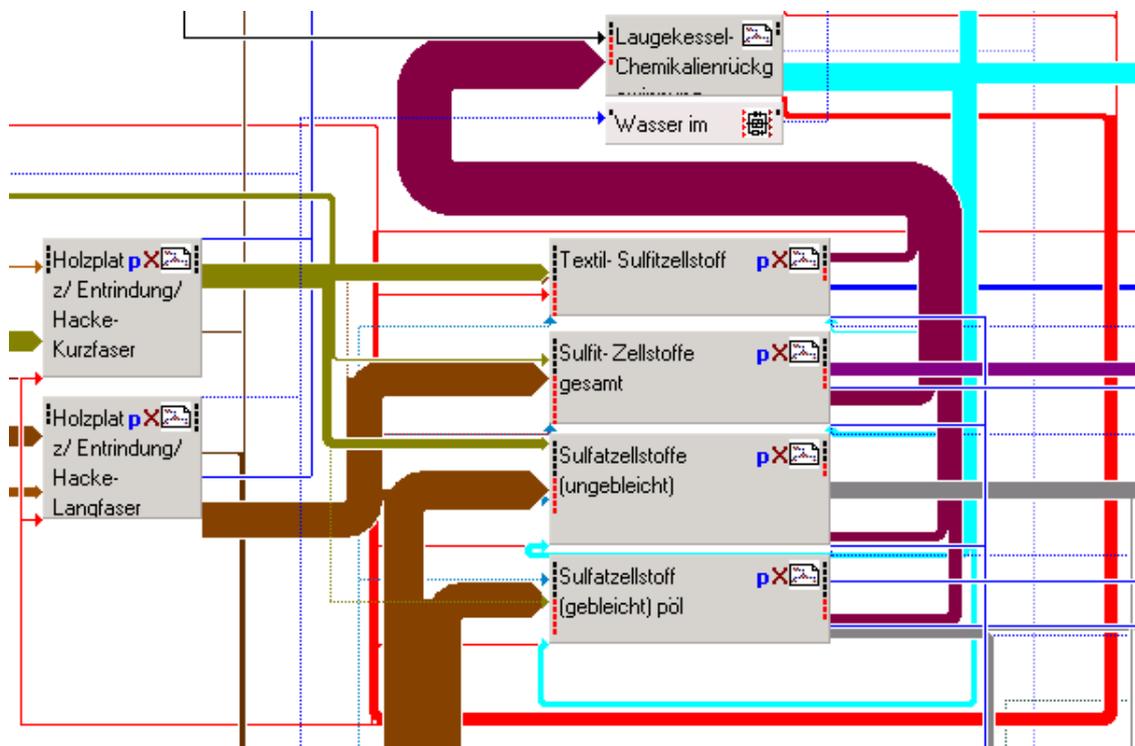


Abbildung 23: Modellausschnitt Zellstoffproduktion

3.5.1.4 Herstellung von Holzstoff

Für die Herstellung von Holzstoff werden drei (bzw. vier) Module im Grundzustand des Modells verwendet. Es handelt sich dabei um die Module thermomechanical pulp (TMP), chemothermomechanical pulp (CTMP), pressure groundwood (PGW) und refiner mechanical pulp (RMP). Auf diese Module kann der Prozess Holzstoffbleiche folgen.

Die Module wurden jeweils auf voneinander getrennten Prozessplänen implementiert, und auf dieser Ebene wurden die Produktionsmengen des jeweiligen Halbstoffs mit einem

Skalierungsfaktor fixiert. Durch Änderung von Modellparametern kann der Anteil der einzelnen Verfahren an der gesamten produzierten Holzstoffmenge variiert werden.

Die für die einzelnen Zwischenprodukte entwickelten Pläne werden als Planinstanzen auf höherer Aggregationsstufe zu einem gemeinsamen Plan der Holzstoffherstellung zusammengeführt.

3.5.1.5 Sekundärfaserstoffaufbereitung

Die Einzelprozesse der Sekundärfaserstoffaufbereitung sind als Prozessmodule im Modell verwirklicht. Diese können je nach Produkt einen Deinking-Prozess und einen Bleichprozess enthalten. Somit wird gewährleistet, dass eine Unterscheidung der Verfahren zur Erzeugung von deinktem und nicht deinktem Sekundärfaserstoff mit oder ohne Bleiche möglich ist.

Die erstellten Module repräsentieren die zentralen Prozesse auf den Plänen der Sekundärfaserstoffherzeugung. Für die Erzeugung der Faserstoffe sind jeweils betriebsspezifische Prozessmodule (in Bezug auf Rohstoffeinsatz und Energieeinsatz) auf dem Prozessplan *Sekundärfaserstoffherzeugung* integriert.

3.5.1.6 Papiermaschine

Im Modell ist für jede in Österreich produzierte Papiersorte ein eigenes Prozessmodul für die Papiermaschine mit jeweils unterschiedlichen Konfigurationen integriert. In diesen Modulen sind die Prozessschritte der Papierherzeugung von der Stoffaufbereitung bis hin zur fertigen Rolle Papier enthalten. Anhand der verfügbaren Daten wurden für die Einzelbetriebe in Österreich eigene Prozessmodule angefertigt. Dabei wurden die folgenden Produktarten unterschieden: Magazinpapier LWC, Magazinpapier/ Newsprint, Kraftliner braun, Buchdruckpapier, Tissuepapier, Sackpapier, gestrichenes Feinpapier, Karton GD, GT, Liner, Containerboard, graphische Papiere,...

Die Prozessmodule sind jeweils wieder auf Prozessplänen integriert und auf die standort-spezifischen Produktionsmengen in Parametern und Skalierungsmengen fixiert. Die weitere Aggregation zu Produktgruppen erfolgte nach folgendem Schema:

Integrierte Standorte

- Kraftliner
- Sackpapier
- Graphische Papiere holzfrei

Nicht integrierte Standorte

- Wellpapperohpapiere (Kraftliner, Testliner, Fluting)
- Karton
- LWC-Papiere
- Magazinpapier/Newsprint
- Buchdruckpapier
- Graphische Papiere holzfrei

- Tissue
- Spezialpapiere

3.5.1.7 Energieanlagen

In der österreichischen Papierindustrie werden zur Deckung des Eigenenergiebedarfs vornehmlich folgende Energieanlagen verwendet:

- Laugenkessel
- Wirbelschichtkessel
- Reststoffverbrennungsanlagen (RVA)
- Gaskessel
- Gas- und Dampfturbinen (GuD)

Diese Anlagen sind im Modell als unterschiedliche Prozesse enthalten. Da bei den meisten Betrieben Kraft-Wärmekopplungen vorliegen, sind im Modell Generatoren an jede Kesselanlage angeschlossen. Über eine Parametrisierung werden der Wirkungsgrad der Anlage sowie die Anteile der Strom- bzw. Dampfproduktion festgelegt. Die Kesselanlagen sind auf die Daten aus der Erhebung eingestellt und können mittels Parametern an geänderte Bedingungen angepasst werden.

In der Grundkonfiguration des Modells sind sieben unterschiedliche Prozesse für den Laugenkessel auf einem Plan zusammengefasst - drei Laugenkessel (incl. Chemikalienrückgewinnung) bei der Sulfatzellstoffproduktion und vier (incl. Chemikalienrückgewinnung) bei der Sulfit- bzw. Magnefit- und Textilizellstoffproduktion. Jede dieser Kesselanlagen kann individuell auf die betrieblichen Gegebenheiten eingestellt werden.

Der Zusammenhang von produzierter Dicklauge in den Zellstoffprozessen und der Energiebereitstellung im Laugenkessel ist für die Modellergebnisse von großer Bedeutung, da jede Zellstoffproduktionsveränderung direkt an die Energiebereitstellung aus den Laugenkesseln gekoppelt ist. Aus diesem Grund wurden zwei unterschiedliche „Energiekreisläufe“ auf dem Gesamtplan Papier integriert (siehe nachfolgendes Kapitel).

Für die weiteren Kesselanlagen sind ebenfalls Prozesspläne als Planinstanzen im Modell auf Ebene des Gesamtplans integriert. Diese sind wie die anderen Prozesspläne aus Einzelprozessen aufgebaut und auf den Ist- Zustand eingestellt.

3.6 Verknüpfung der Prozessmodelle zum Modell Papier und Zellstoff

Der Prozessplan für die Papier- und Zellstoffherstellung ist in Analogie zum Modell Holzverarbeitung aufgebaut. An den Grenzen des Prozessplans der Papierindustrie auf oberster Ebene befinden sich inputseitig die Pools für die verschiedenen Holzarten ab Wald,

Sägenebenprodukte (SNP) sowie Sekundärfaserrohstoffe (Altpapiere). Diese wurden mit einem Ausgleich von Außen verbunden, um Defizite oder Überschüsse in der Produktion auszugleichen und darstellen zu können. Darüber hinaus ermöglichen diese auch eine Verbindung mit dem Prozessplan des Holzflusses. Diese Pools sind auf dem Plan als „Durchgangs“-Prozesse definiert.

Die aus den Pools austretenden Flüsse werden nun mit den Planinstanzen des Holzplatzes bzw. der Sekundärfaserstofferzeugung verknüpft. Dadurch entsteht eine Verbindung der Rohstoffe mit dem ersten Teil der Papierproduktion. Hierin sind die Prozesskoeffizienten festgelegt, nach denen die unterschiedlichen Eingangsstoffe und Energieformen zu den Zwischenprodukten und anderen austretenden Strömen (Emissionen,..) umgewandelt werden.

Die Zwischenprodukte Sekundärfaserstoff und Hackschnitzel sowie Holzstoff sind die Hauptmaterialflüsse hin zur Weiterverarbeitung. Sekundärfaserstoffe und Holzstoffe werden von nicht integrierten Papiermaschinen als Inputgröße bezogen und im Modell von deren Produktmengenfixierung in einer bestimmten Menge nachgefragt. Im Falle der erzeugten Hackschnitzel (Kurz- und Langfaser) werden diese mit den Planinstanzen der Zellstoffproduktion verknüpft. Die in diesem Prozessmodul entstehenden Produkte und Nebenprodukte bilden nun wiederum Flüsse, die im Verlauf des Materialstroms den Planinstanzen der Zellstoffproduktion zugeführt werden. Diese fixieren den Mengenbedarf der unterschiedlichen Hackschnitzel und bestimmen zugleich die produzierte Zellstoffmenge innerhalb des Modells. Die Outputs der Planinstanzen der Zellstoffproduktion stehen den Papiermaschinen der integrierten aber auch der nicht integrierten Werke zur Verfügung. Die innerhalb dieser Planinstanzen integrierten Prozessmodule determinieren die benötigten Mengen an Zellstoffen. Bei einer Unter- oder Überdeckung des Bedarfs findet ein Ausgleich der benötigten Mengen anhand von Durchgangsprozessen nach Außen (Ausgleichsglieder) statt. Die erzeugten Zell- und Halbstoffflüsse sind nun mit den Prozessen der Papierherstellung verbunden und decken den Bedarf an Halbstoffen bei der Papierproduktion. Nach den Prozessen der Papierherstellung sind marktseitig Prozesse integriert, die anhand ihrer Skalierungsfaktoren den Papierbedarf bzw. die Papierproduktionsmengen in Flüssen darstellen.

3.6.1 Energiebereitstellung

Neben dem oben beschriebenen Materialfluss ist auch der Energiefluss im Gesamtplan dargestellt. Die unterschiedlichen Technologien der Nutzenergieerzeugung sind als Planinstanzen im Gesamtplan Papier integriert.

Die Prozesse bzw. Prozesspläne der Energieanlagen sind über die Energieflüsse Strom und thermische Energie mit den verschiedenen Modulen der Zellstoff- und Papierherstellung verknüpft. Daher sind auf diesem Planniveau auch die Emissionen ausgewiesen.

Wie bereits erwähnt ist aufgrund der Kopplung von Energiebereitstellung und Zellstoffproduktion bei den integrierten Werken eine Erstellung von zwei getrennten Energiekreisen nötig. Einerseits jener, der mit der Planinstanz Laugenkessel verknüpft ist

(integrierte Werke) und andererseits jener, der nur die nicht integrierten Werke mit den Energieformen thermische Energie und Strom versorgt und somit nicht mit den Laugenkesseln in Verbindung steht.

Die Mengen an thermischer Energie und Strom sind aufkommenseitig bestimmt. Die Gaskessel wurden auf die Verbrauchsmengen fixiert und liefern eine fixierte Menge Energie an die Verbraucher. Ähnlich sind die Wirbelschichtkessel auf die jeweils eingesetzte Energieträgermenge fixiert und liefern demzufolge ebenfalls eine fixe Energiemenge. Die von den Verbrauchern benötigten Energiemengen werden durch spezifische Faktoren und durch die festgelegten Produktionsmengen bestimmt. Um eine Überbestimmung im Modell zu vermeiden, darf eine der Energieanlagen nicht fixiert sein. Diese übernimmt dann eine Ausgleichsfunktion. Dies können die Reststoffverbrennungsanlagen oder die Gaskessel sein. Bei einer Produktionsveränderung wird dann der gesteigerte oder verringerte Energieverbrauch über diese Energiebereitstellung ausgeglichen.

Um allerdings zu gewährleisten, dass auch andere Energieträger zur Energiebedarfsdeckung bei veränderten Rahmenbedingungen beitragen können, sind Veränderungen in Planparametern und Planinstanzen grundsätzlich möglich. Die Grundeinstellung erfolgte aber wie oben beschrieben.

3.6.2 Weitergabe der Flüsse auf die höchste Ebene

Auf der Ebene „Gesamtplan Papier“ werden die entstehenden Reststoffe und Schlämme (zur thermischen Verwertung), die als Outputflüsse in einigen Prozessmodulen ausgewiesen werden, entsprechend ihrem Heizwert zusammengefasst und einer Reststoffverbrennung zugeführt.

Der Wasserverbrauch und die Emissionen sind in den Prozessen ihrer Entstehung ausgewiesen. Sie werden ebenfalls auf diesem Planniveau zusammengeführt und können nach Außen geführt werden.

Nachdem alle relevanten Prozesspläne und Prozesse auf der obersten Ebene als Prozessinstanzen zusammengeführt wurden, können die Instanzen durch ihre Flüsse miteinander verknüpft werden, wodurch ein Flussdiagramm entsteht, bei dem die zu untersuchenden Material-, Stoff- und Energieströme dargestellt sind.

3.7 Verifizierung des Papiermodells

Im Zuge der Datenerhebung wurden sämtliche Prozessdaten der einzelnen Betriebe erfasst, wodurch das Modell einen hohen Detaillierungsgrad bis hinunter in die oben beschriebenen Prozessschritte aufweist. Daher ist das Modell in dieser Grundeinstellung in der Lage, die Ist-Situation der Branche abzubilden. Um die Plausibilität zu überprüfen, wurden die Modellergebnisse mit den gesamthaft erfassten Branchen-Kennzahlen (Austropapier Statistik 2007) verglichen.

Zu diesem Zweck wurde eine Gesamtbilanz für den Modellteil der Papierherstellung erstellt, und die Ergebnisse wurden mit Kennzahlen aus dem Referenzjahr 2007 des Jahresberichtes der österreichischen Papierindustrie (Austropapier 2007) verglichen. Die Daten im Jahresbericht weisen jedoch einen wesentlich geringeren Detaillierungsgrad auf, als die Daten aus der Erhebung zur Modellerstellung. Um auch die Unterschiede bzw. die Gemeinsamkeiten der exakten Daten aus der Erhebung mit jenen aus dem Modell zu ermitteln, wurden diese ebenfalls zur Verifikation des Modells herangezogen.

Die wichtigsten Vergleichsgrößen waren die Mengen der eingesetzten Rohstoffe, sowohl für stoffliche als auch für energetische Nutzung. Hierzu zählen besonders die Industrierundhölzer aus Nadel- oder Laubbäumen, die Zwischenprodukte Hackschnitzel (Nadel oder Laub) sowie Nebenprodukte wie Rindenschnitzel oder Dicklauge. Darüber hinaus werden inputseitig auch die Altpapieranteile im Vergleich berücksichtigt. Eine zusammenfassende Gegenüberstellung der wichtigsten Input- und Outputströme ist in Tabelle 12 bzw. Tabelle 13 zu finden.

Beim Vergleich der Summen des Gesamt-Holzeinsatzes sind die Werte der Erhebung und des Modells stimmig. Das Modell liegt mit 8,47 Mio. fm leicht über dem in der Erhebung ermittelten Wert (8,38 Mio fm). Ein signifikanter Unterschied jedoch ist beim Vergleich dieser Werte mit dem Branchenbericht zu erkennen, wo nur 8,028 Mio fm ausgewiesen werden. Bei genauerer Betrachtung ist auch ein Unterschied der Hackschnitzelsorten zwischen Erhebung und Modell zu erkennen. So setzt sich die Gesamtmenge aus unterschiedlichen Anteilen von Hackschnitzeln aus Laubholz oder Nadelholz zusammen. Die Erklärung hierfür liegt vermutlich in der Verwendung von Prozessen eines gut dokumentierten Betriebes auch für andere Betriebe, für die keine spezifischen Daten erhoben werden konnten, was die leichte Verzerrung der Realsituation erklärt. Die Summe der Holzinputs auf dieser Aggregationsstufe stimmt jedoch gut überein. In weiterer Folge wurden die eingesetzten Energieträgermengen miteinander verglichen. Die Abweichungen in den Mengen der fossilen Energieträger, insbesondere Erdgas, sind zwischen den drei Vergleichswerten sehr gering. Dicklauge als Nebenprodukt der Zellstoffproduktion dient in den integrierten Werken als Energiequelle zur Produktion von Prozesswärme und Strom. Der im Modell anfallende Teil der Dicklauge entspricht recht genau der in der Erhebung ermittelten Menge. Eine geringe Abweichung ist jedoch in Bezug auf den Heizwert anzumerken. Im Modell wird auf Basis der detaillierten Datenerhebung ein Heizwert der Dicklauge von 8 MJ/kg angenommen, wohingegen im Branchenbericht von einem Heizwert von ca. 8,45 MJ/kg ausgegangen wird, wodurch die geringen Unterschiede erklärt werden können.

Bei den Energieträgern wie Reststoffen und Rindenschnitzeln sind die Werte aus der Erhebung und aus dem Branchenbericht nicht direkt vergleichbar, da diese Mengen durch die Wahl des Energieausgleichsprozesses (Rindenkessel oder Gaskessel) beeinflusst werden (siehe dazu Kapitel 3.6.1).

Betrachtet man die Werte für Importmengen von Zellstoff und Holzstoff, so ergeben sich einige Unterschiede vor allem bei den Zellstoffimporten. Der Holzstoffimport beträgt in der

Erhebung 35.326 t, während der Import im Modell deutlich niedriger bei 12.000 t liegt. Im Branchenbericht wird ein Wert von 38.961 t angegeben.

Anders gestaltet sich die Situation bei den Zellstoffimporten. Beim Sulfatzellstoffbedarf wird in der Datenerhebung nicht zwischen gebleichtem und ungebleichtem Zellstoff unterschieden, also werden diese Werte für einen besseren Vergleich auch für das Modell und den Branchenbericht zusammengefasst. Das Modell ergibt einen Wert von etwas über 500.000 t (atro), im Branchenbericht wird ein Import von ca. 560.000 t ausgewiesen, was auch den Daten aus der Erhebung entspricht. Betrachtet man weiters die Importmengen von Sulfitzellstoff, so ergeben sich weitere Differenzen. Die Sulfitzellstoffmengen sind im Modell mit etwa 110.000 t um das Doppelte höher als im Branchenbericht angegeben. Der Wert der Erhebung ist nochmals deutlich niedriger.

Eine Erklärung hierfür findet sich im Modellaufbau und in den darin verwendeten Daten. Für einige österreichische Standorte wurden aufgrund mangelnder Informationen Prozesskonfigurationen aus den Erhebungsdaten anderer Produzenten verwendet. Diese Koeffizienten legen somit den Bedarf an Zellstoffen fest, wodurch Abweichungen zur realen Situation entstehen können. Betrachtet man jedoch die gesamte importierte Zellstoffmenge, sind keine signifikanten Unterschiede zu erkennen.

Das eingesetzte Altpapier ist nur in der Gesamtmenge mit dem Branchenbericht vergleichbar, da die Unterteilung der Altpapierqualitäten unterschiedlich ist. Die Summenwerte weisen nur eine Abweichung von unter 1% auf und erscheinen somit sehr plausibel.

Die Überprüfung des Fremdstrombedarfs im Modell ergibt eine realitätsnahe Kennzahl, die mit ~1.340 GWh nahe bei den Werten der Erhebung (~1.540 GWh) sowie aus dem Branchenbericht (~1.450 GWh) liegt. Mit einer Adaptierung der Wirkungsgrade und der KWK-Aufteilung kann diese Kennzahl noch exakter angenähert werden.

Für die Kontrolle der Modell-Outputs der Papierproduktion müssten zunächst für die weitere Betrachtungen Bezugsgrößen definiert werden. Die Papierproduktion ist wie im Teil Modellaufbau bereits beschrieben, zu den Papiergruppen Verpackung, graphische Papiere, Magazin & Newsprint sowie Tissue aggregiert. Die darin enthaltenen Mengen sind aber nicht direkt mit den im Branchenbericht genannten Aggregationen vergleichbar, da dort eine etwas andere Zuordnung getroffen wurde. Daher sind an dieser Stelle nur die Summen vergleichbar. Laut Modell werden in Summe 4.894.305 t Papier produziert, was mit 4.909.375 t aus der Erhebung und 4.883.000 t aus dem Branchenbericht (alle Angaben atro) gut übereinstimmt.

Als weiterer Output werden die relevanten Emissionen überprüft. Hierbei werden besonders die CO₂-Emissionen betrachtet. Die Emissionswerte im Modell liegen bei 1.993.985 Mio t fossilem CO₂ und 3.706.828 Mio t CO₂ biogenen Ursprungs. Im Vergleich mit dem Branchenbericht erscheinen diese Werte plausibel.

Große Abweichungen zwischen Modell, Erhebung und Branchenbericht sind bei den Reststoffen zu finden. Der Grund dürfte in der Aggregation bestimmter Ströme bei der Modellerstellung zu finden sein. Aufgrund modellinterner Rückverknüpfungen sind Untersuchungen diverser anderer Parameter wie der Zellstoffexport nicht oder nur bei Betrachtung einer tieferen Aggregationsebene möglich. Tabelle 12 und Tabelle 13 stellen die bereits angesprochenen Werte zusammenfassend gegenüber.

Tabelle 12: Gegenüberstellung der Inputströme Modell – Datenerhebung - Branchenbericht

Fluss	Einheit	Modell	Erhebung	Branchenbericht
Industrierundholz Nadel	m ³	2.557.000	2.536.923	2.499.000
Industrierundholz Laub	m ³	1.149.873	1.048.152	1.064.000
Hackschnitzel Nadel	m ³	4.382.092	4.711.906	4.465.000
Hackschnitzel Laub	m ³	380.290	85.291	
Festmeter gesamt	m ³	8.469.256	8.382.272	8.028.000
Erdgas	TJ	30.799	29.433	30.039
Erdöl	TJ	548	1.192	1.174
Steinkohle	TJ	4.498	3.980	3.890
Steinkohle	t	160.655	126.584	126.563
Dicklauge	TJ	22.132	27.438	25.066
Holzstoff Import	t	12.000	35.326	38.961
Sulfatzellstoff Import	t	503.682	575.273	562.500
Sulfitzellstoff Import	t	110.128	22.923	48.193
Altpapier gesamt	t	2.529.078	2.308.239	2.394.090
Prozesswasser (ohne Kesselspeisewasser)	Mio m ³	108	106	114
Fremdstrom	GWh	1.340	1.543	1.449

*Tabelle 13: Gegenüberstellung der Outputströme Modell – Datenerhebung -
Branchenbericht*

Fluss	Einheit	Modell	Erhebung	Branchenbericht
Papier (Magazin, Newsprint)	t	1.271.680	1.271.680	
Papier (Office)	t	1.643.027	1.693.097	
Papier (Tissue)	t	110.000	110.000	
Papier (Verpackung)	t	1.819.598	1.834.598	
Papier gesamt	t	4.894.305	4.909.375	4.883.000
Zellstoff gesamt	t	552.460	1.559.590	1.473.950
CO ₂ (fossil)	t	1.993.985	1.981.376	2.085.000
CO ₂ (biogen)	t	3.706.828	3.297.937	3.754.000
Reststoffe gesamt	t	169.884	1.365.035	1.395.700
Abwasser gesamt	Mio t	97,8	96,3	98

4 Erstellung des Gesamtmodells - Modellergebnisse

4.1 Verknüpfung von Holz- und Papiermodell zu einem Gesamtmodell

Die bisher separat aufgebauten Modelle der Papier- sowie der Holzverarbeitungssektoren werden analog dem Vorgehen der einzelnen Pläne auf einer obersten Ebene zusammengeführt und somit zu einem Gesamtmodell vereinigt. Auf dieser obersten Planebene ist es nun möglich, nach der Verifizierung der Einzelpläne die Charakteristik des Gesamtsystems und deren Veränderung in Szenarien zu untersuchen.

Abbildung 24 zeigt das Gesamtmodell, in dem Holzverarbeitung und Papierherstellung gekoppelt betrachtet werden können.

Das Modell

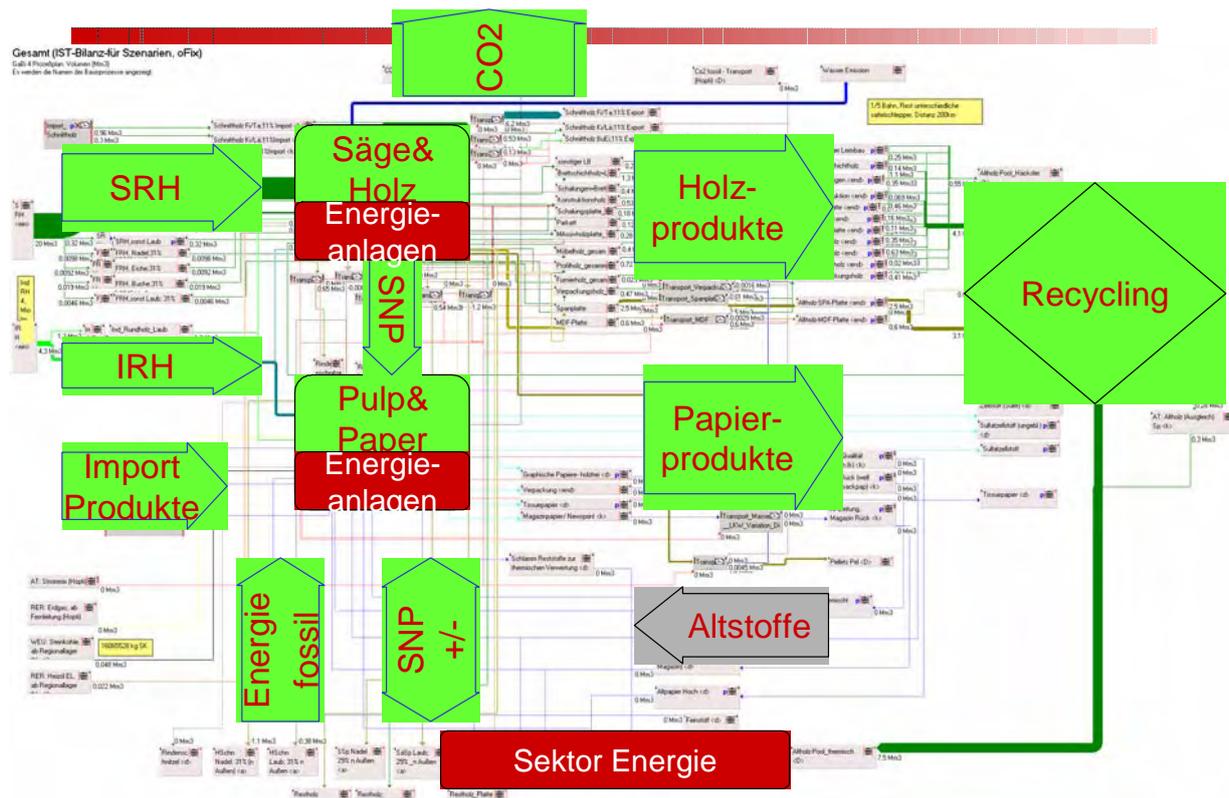


Abbildung 24: Darstellung des Gesamtmodells. SRH....Sägerundholz, IRH....Industrierundholz, SNP...Sägenebenprodukte

Die oberste Planebene zeigt alle Holzinputs aus dem Wald, die in die Subpläne der Holzverarbeitung und der Papierherstellung gehen. Die Outputs aus diesen Plänen sind die gefertigten Holz- und Papierprodukte, die anschließend einzeln jeweils durch einen

produktspezifischen Transportplan geführt werden. Damit sind sowohl die Transportmittel als auch die Entfernungen für die einzelnen Produktschienen einstellbar. Um die Zahl der Flüsse auf dieser obersten Planebene zu begrenzen, sind die Holzarten der einzelnen Holzprodukte bereits zusammengefasst. Letztlich wird jede Produktschiene durch einen spezifisch angelegten Altholzprozess geführt, bei welchem über Parameter der jeweilige Anteil an stofflicher bzw. thermischer Verwertung festgelegt werden kann. Dem entsprechend können die Produkte dann wieder in den Holz- bzw. Papierplan rückgeführt werden. Für Altplatten ist zwar auch die stoffliche Verwertung im Plan vorgesehen, derzeit werden sie aber entsprechend der aktuellen Situation ausschließlich thermisch verwertet.

Das aus dem Import stammende Schnittholz wurde mit dem Überschuss an getrocknetem Schnittholz aus dem Holzplan zusammengeführt, durch einen Transportplan geführt und als Exportware deklariert.

Die Sägenebenprodukte, die in unterschiedlicher Form in den verschiedenen Verarbeitungsschritten anfallen, werden zum Teil zur Deckung des eigenen Energiebedarfs eingesetzt. Der aus dem Holzfluss stammende Überschuss an Hackschnitzeln und Rinde steht der Papierherstellung zur Verfügung und wird über Ausgleichsglieder mengenmäßig dem Bedarf der Papierproduktion angepasst. Diese Mengen erscheinen im Ausgleich von Außen als Überschuss bzw. als Defizite. Der nach Abzug der zur Energiebedarfsdeckung für die Weiterverarbeitung erforderlichen Menge an Sägespänen verbleibende Output an Sägespänen wird als Überschuss ausgewiesen.

Die Energieversorgung, der Wasserbedarf, Abwassermengen und Emissionen werden ebenfalls auf diesem Planniveau ausgewiesen, um die Auswirkungen in den unterschiedlichen Szenarien auf oberster Ebene sofort erkennen zu können und damit der Zusammenhang zwischen Ursache und Auswirkung nachvollzogen werden kann.

Wie oben beschrieben sind die Pläne Holzfluss und Papier in ihrem Aufbau sehr ähnlich. Der Materialstrom beginnt bei beiden mit Rundholz ab Wald und endet in den jeweiligen Produktsegmenten, die verschiedene Produktbereiche bedienen. Auch die Energieflüsse, die Wasserströme und die Emissionen sind in den beiden Modellen gleichartig gestaltet, um eine Verknüpfung zu ermöglichen. Die strukturellen Unterschiede liegen vornehmlich in der unterschiedlichen Detaillierung nach Qualitäten, in der Aufteilung der primären Rohstoffflüsse in die Prozesse der Säge und Platte einerseits und in die Prozesse der Homogenisierung der Hacke sowie Holz- und Faserstoffprozesse andererseits.

Die Verknüpfung der beiden Pläne erfolgt durch die ausgewiesenen Prozessmodule und Flüsse, was unter anderem dem Ausgleich der jeweiligen Pläne und Produktionslinien dient. Vor allem Inputflüsse, wie die verschiedenen Holzarten und die SNP (Hackschnitzel und Rinden) haben für diesen Ausgleich eine wichtige Funktion. Darüber hinaus erfolgt eine Verbindung der Prozesspläne über die Emissionen, die zusammengeführt das Ursache-Wirkung-Gefüge aufzeigen. Weiters wird dadurch die Darstellung einer gemeinsamen ökologischen Charakteristik in der Auswertung ermöglicht.

Darüber hinaus werden die unterschiedlichen aus dem Import stammenden Zellstoffe und Schnittholzsegmente auf dieser Planebene integriert. Die für die Produktion dieser

importierten Zellstoffe benötigten Energie- und Stoffmengen können in der Bilanz ausgewiesen werden. Die eingesetzten Prozess- sowie Plankonfigurationen entsprechen dabei der österreichischen Produktionen; Effekte höherer oder niedriger Emissionen bei der Produktion im Ausland werden daher derzeit nicht berücksichtigt.

Für die Gesamtbetrachtung und Visualisierung der wichtigsten Stoff- und Energieflüsse sind auf diesem Plan die relevanten Flüsse und Prozesse zur Bestimmung der Ressourceneffizienz implementiert. Hierzu zählen vor allem die verschiedenen Pools der Holzbereitstellung. Für die unterschiedlichen Inputs, wie die einzelnen Rundholzqualitäten aber auch für die Energieträger sind die hinter den importierten Produkten stehenden Rohstoffintensitäten enthalten. Das ermöglicht eine Betrachtung der Rohstoffintensität der Importe. Da es sich bei dem Modell aber um keine generelle Lebenszyklusbetrachtung handelt, sind keine Bereitstellungsprozesse der Energieträger und anderer Zusatzstoffe im Modell implementiert.

Auf dieser höchsten Aggregationsstufe des Modells ist die Altpapierrückführung so integriert, dass die innerhalb des Modells erzeugten Mengen der unterschiedlichen Papierqualitäten über einen Transportprozess mit Prozessen unterschiedlicher Altpapierqualitäten verknüpft werden. Innerhalb dieser Prozesse werden die zurückgeführten Altpapiermengen über Parameter bestimmt und nach ihren Qualitätsmerkmalen in die verschiedenen Altpapierklassen eingeteilt. Diese Altpapierqualitäten dienen der Bedarfsdeckung der Sekundärfaserstoffproduktion und werden auf höchster Aggregationsstufe (Gesamtplan) der Planinstanz *Gesamtplan Papier* zugeordnet. Um ein Über- oder Unterangebot zu vermeiden, sind die Altpapierflüsse mit einem Ausgleich von Außen verknüpft, wodurch in den Szenarien die Notwendigkeit von Im- und Export dargestellt werden kann.

4.1.1 Energieträgerbereitstellung und Emissionen

Die Prozesse der Energieträger sowie der Emissionen werden auf oberster Ebene dargestellt, um Veränderungen sofort erkennen zu können.

Die Prozesse der fossilen Energieträger Heizöl, Steinkohle und Erdgas versorgen die Anlagen der Holzverarbeitung und der Papierproduktion. Der Prozess „Strom-Mix Österreich“ deckt den Bedarf beider Schienen.

Die Kohlendioxidemissionen aus beiden Produktionsschienen werden nach biogener und fossiler Herkunft unterschieden, die transportbedingten CO₂-Emissionen werden getrennt ausgewiesen.

4.1.2 Transport

Im Modell wird auf oberster Ebene der gesamte Transportaufwand für jede Produktschiene zusammengefasst dargestellt. Dabei werden alle Transportwege ab dem Rundholz aus dem Wald bis zur Produktfertigstellung berücksichtigt. Dafür wurde ein eigener Plan mit unterschiedlichen Transportprozessen (LKW nach Größe und Art, Bahntransport) aufgebaut. Über entsprechende Parametereinstellungen können Transportart, Auslastung und Entfernungseinstellung gewählt bzw. verändert werden.

In der Grundeinstellung wurden in den Transportplänen über Angaben der Projektpartner die Art des Transports und die jeweils zu überwindenden Entfernungen für jede Produktschiene eingestellt und mit dem dafür erforderlichen Diesel- bzw. Stromeinsatz versehen. Die sich daraus ergebenden CO₂-Emissionen wurden als Transportemissionen zusammengefasst und getrennt von der fossilen CO₂-Emission aus der Verarbeitungsschiene dargestellt.

Abbildung 25 zeigt einen Auszug aus dem Transportplan des Modells.

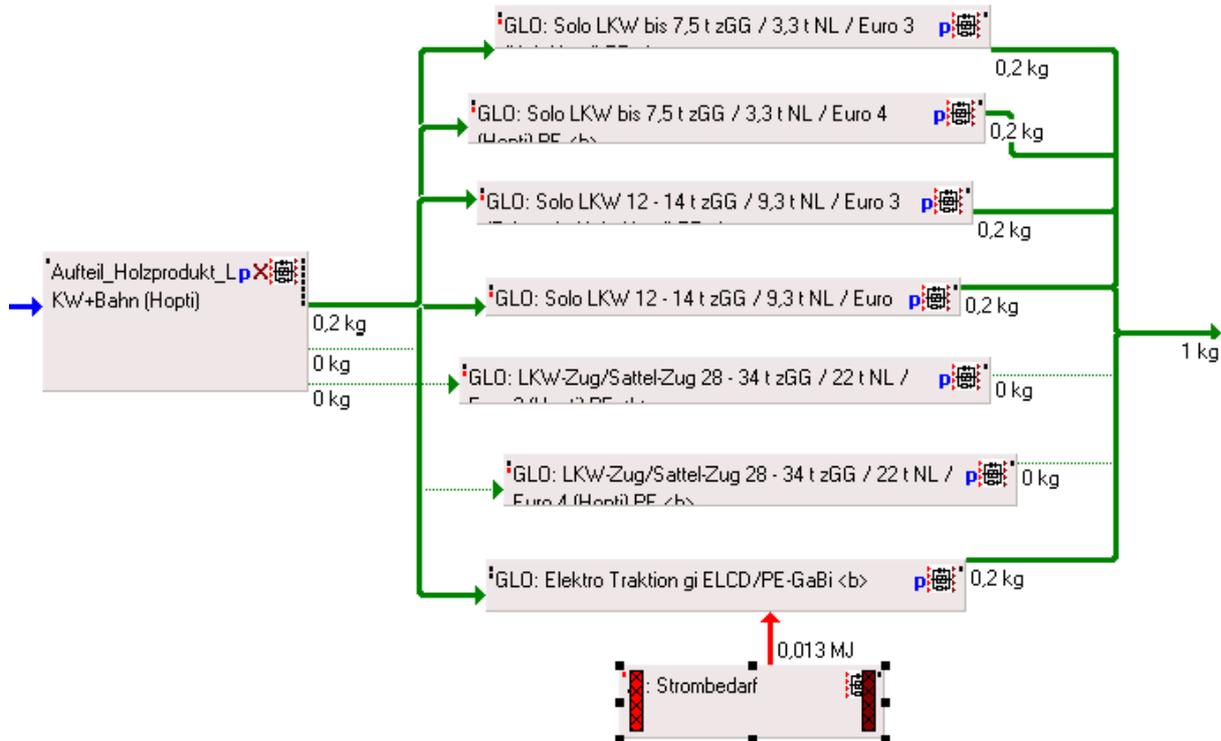


Abbildung 25: Auszug aus dem Transportplan des Modells

4.1.3 Modellbilanzierung und Ergebnisdarstellung

Nachfolgend werden die Ergebnisse des Modells in der Grundeinstellung für verschiedene Konfigurationen (Varianten) dargestellt. Darauf aufbauend werden Szenarien zur Ermittlung des Verhaltens des Modells bei Veränderung der Rahmenbedingungen erstellt. Auf dieser Basis können Zielrichtungen für zukünftige Entwicklungen vorgeschlagen werden. Zum Vergleich der einzelnen Szenarien mit den Grundvarianten wurden wesentliche Parameter des Gesamtsystems, die nachfolgend angegeben sind, verwendet. Sie werden aus der Gesamtbilanz des kombinierten Systems auf der obersten Modellebene erhalten und nach EXCEL exportiert. Danach werden in EXCEL die wesentlichen Größen mit Verknüpfungen übernommen und in Tabellenform für jedes Szenario zusammengefasst.

Folgende Größen wurden betrachtet:

- Primärrohstoffinput
- Primärrohstoff Ausland

Altstoffeinsatz (Produkte, SNP, biogene Brennstoffe aus Altstoffen) inklusive Pools für
Bilanzausgleich
Überschuss des Holz- und Papierbereichs für den Sektor Energie
Energiebedarf holzverarbeitende Industrie (biogen, fossil, Strom)
CO₂-Emission der holzverarbeitenden Industrie

Diese Flüsse wurden in folgenden Einheiten betrachtet:

- Masse (in Mio t, Mt)
- Volumen (in Mio m³, Mm³)
- Energie (in TJ)
- Wert über Preise (in Mio €, M€)

Nachfolgend sind die Ergebnisse nur in Masse, Energie und monetärem Wert dargestellt, da nicht für alle Flüsse die erforderlichen Dichten verfügbar waren, um sie auch als Volumenstrom ausweisen zu können.

Zur Berechnung des monetären Werts ist zu erwähnen, dass dieser inputseitig (Kosten) über die Rohstoff- und Energiepreise berechnet wurde, outputseitig (Erlöse) über die Preise der Produkte. Abschreibungen, Personalkosten, Transportkosten etc. wurden nicht berücksichtigt.

4.2 Ergebnisse des Gesamtmodells - Basiseinstellung ohne End-of-Life Betrachtung

In der eigentlichen Grundvariante des Modells wurden zwar der Einsatz von Altstoffen (Altpapier- und Altholzeinsatz) berücksichtigt, die Produkte wurden aber nicht auf ihrem Lebensweg verfolgt. Dies ist beispielsweise beim Export von Produkten relevant, die ja nicht mehr inländischen Sammelsystemen zugeführt werden. Dadurch werden die stofflichen und energetischen Potenziale der Produkte nach ihrem Lebensende nicht betrachtet. Es ergibt sich somit ein offenes System, aus dem die Produkte austreten und Sekundärrohstoffe (z.B. aus dem Ausland) zugekauft werden. Die Produkte werden hierbei nicht als potenzielle Altstoffressourcen betrachtet (siehe Abbildung 26).

In dieser Grundvariante des Modells werden daher nur Primärressourcen und jene Sekundärressourcen betrachtet, deren Einsatz für die Produktion notwendig ist, es gibt aber keine Rückführung aus den Produkten. Daher ergibt sich auch kein Altstoffanfall am Lebensende der Produkte.

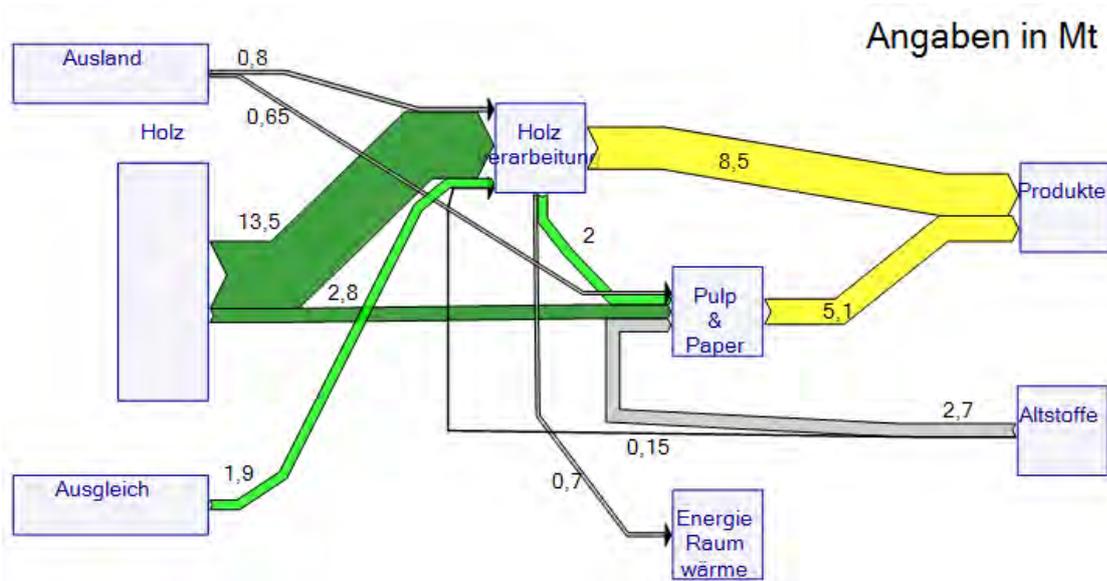


Abbildung 26: Modellstruktur des Basismodells ohne End-of-Life Betrachtung

4.2.1 Bilanzergebnis – Basismodell ohne End-of-Life

Die Ergebnisse der Gesamtbilanz sind in Tabelle 14 zusammengefasst.

Tabelle 14: Bilanzergebnis – Basismodell ohne End-of-Life

Grundbilanz mit Altpapierzukauf		Mt	TJ	M€
Material	Primärrohstoff Inland	16,3		1686
	Primärrohstoff Ausland	3,9		676
	Altstoffeinsatz + Ausgleich	4,6		319
	SNP-Fluss zwischen HV und PP	2,0		
	Produkte	13,6		6932
	Koppelprodukte AP+SNP nach außen	0,7	8383	145
Energie	Altstoffpotenzial (nach Gebrauch)			
	Beitrag für Sektor Energie (Koppel + Altstoffe)	0,7	8383	145
	Energie Industrie aus Reststoff	6,2	59891	
CO ₂	Energie Industrie fossil + Strom		48905	292
	CO ₂ biogen	4,97		
	CO ₂ fossil	2,06		
Wertsteig	CO ₂ -Transport	0,26		
	Kosten Gesamt			2972
	Erlöse gesamt			7078

Der Gesamtinput an Primärrohstoffen aus dem Inland beträgt 16,3 Mio t. Für den Import von Zwischenprodukten werden 3,9 Mio t Rohstoffe benötigt, der Altstoffeinsatz liegt inklusive der Bilanzausgleichsprozesse (Bedarf bzw. Überschüsse aus der Bilanzabdeckung) bei 4,6 Mio t. Daraus entstehen 13,6 Mio t Produkte, darin enthalten sind auch Exporte von End- und Zwischenprodukten. Differenzen in den Massenbilanzen werden durch die unterschiedlichen Wassergehalte der Rohstoffe und Produkte verursacht.

Die Gesamtkosten für Rohstoffe und Energie betragen 3 Mrd €, die Produkte bringen einen Erlös von 7,1 Mrd €. Der Energiekostenanteil für zugekaufte fossile Energien und Strom macht etwa 10 % aus, die Primärrohstoffkosten betragen ca. 57 % der Gesamtkosten.

Für alle Bereiche zusammen ist insgesamt ein Energieeinsatz von 108,9 PJ nötig, davon stammen 48,9 PJ aus fossiler Energie (inkl. Strom) und 60 PJ aus biogenen Zwischenprodukten.

Für den Sektor Energie entstehen potenzielle Beiträge nur aus dem Überschuss von Koppelprodukten (SNP, Rinde etc.). Diese liegen wegen des Ausschlusses der Produkte nach deren Lebensende bei nur 0,7 Mio t mit einem Energieinhalt von etwa 8,3 PJ.

Die in den betrachteten Bereichen entstehende fossile CO₂-Emission liegt bei 2 Mio t, was nur 27 % der Gesamtemission dieser Bereiche entspricht, es überwiegen die biogenen Emissionen. Die verkehrsbedingte fossile CO₂-Emission ist von untergeordneter Bedeutung.

4.3 Ergebnisse des Gesamtmodells – Basismodell mit End-of-Life

Das obige Grund-Szenario wurde nun um die Betrachtung des Lebensendes der Produkte nach der Nutzung erweitert. Sowohl bei den Papier-, als auch den Holzprodukten wurden aktuelle bzw. realistische Rücklaufquoten für stoffliche und thermische Verwertung berücksichtigt (siehe Abbildung 27).

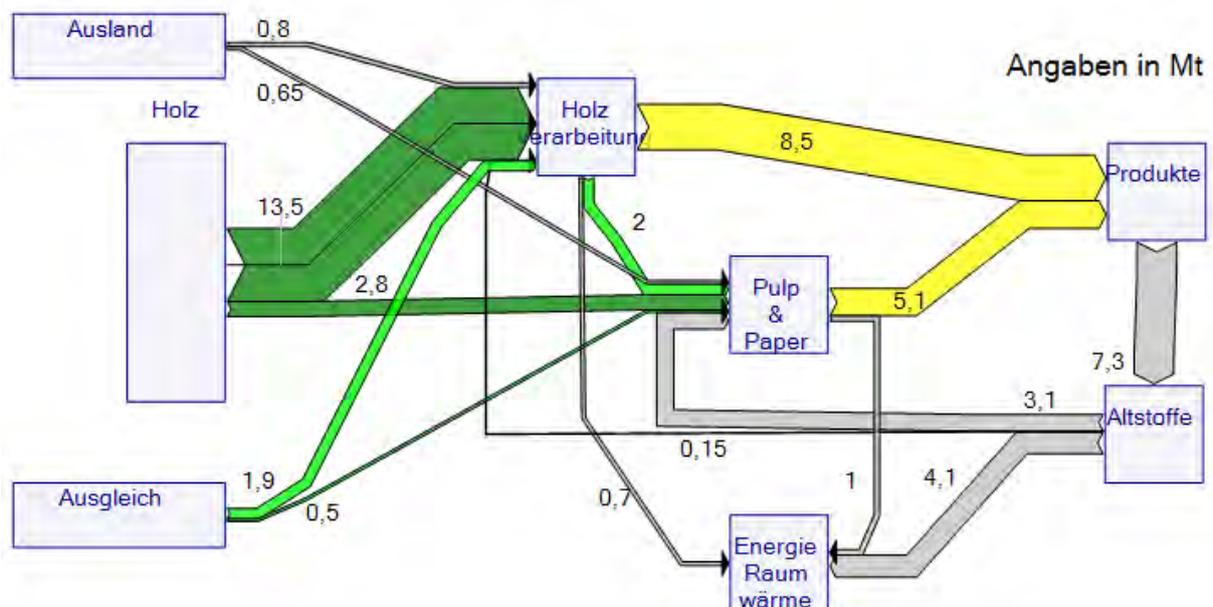


Abbildung 27: Modellstruktur des Basismodells mit Lebensende nach der Nutzung

Abbildung 28 und Abbildung 29 zeigen die Verwertungswege, die im Modell enthalten sind. Holzprodukte werden nach Gebrauch einer thermischen und einer stofflichen Verwertung

zugeführt. Der Wert der Sammlung für die stoffliche Verwertung wurde entsprechend den Werten des Bundesabfallwirtschaftsplans 2006 des Lebensministeriums auf etwa 300.000 t eingestellt. Die Datenerhebung ergab jedoch, dass geringere Altstoffmengen stofflich verwertet werden, wodurch sich ein Überlauf zur thermischen Verwertung ergibt. Es konnte bisher nicht eruiert werden, woher diese Diskrepanz kommt. Dies zeigt aber das Potenzial einer ganzheitlichen Bilanzbetrachtung, bei der die Konsistenz verschiedener Angaben im Kontext des Gesamtmodells geprüft wird. Insgesamt liegt das energetische Potenzial aus dem Holzbereich bei fast 60 PJ.

Die Statistik der Austropapier gibt für Österreich im Papierbereich eine steigende Recyclingquote mit aktuellen Werten von fast 70 % an. Dieser Wert wurde im Modell für alle Papier-Produktgruppen mit Ausnahme von Hygienepapier angenommen. Für den verbleibenden Teil wurde eine direkte (Müllverbrennungsanlagen) bzw. indirekte (über Leichtfraktion oder Klärschlamm) thermische Verwertung angenommen. Dabei wird der restliche Altpapierstrom im Prozess „AP zu Altholz“ energetisch in Altholz-Energieäquivalente umgerechnet.

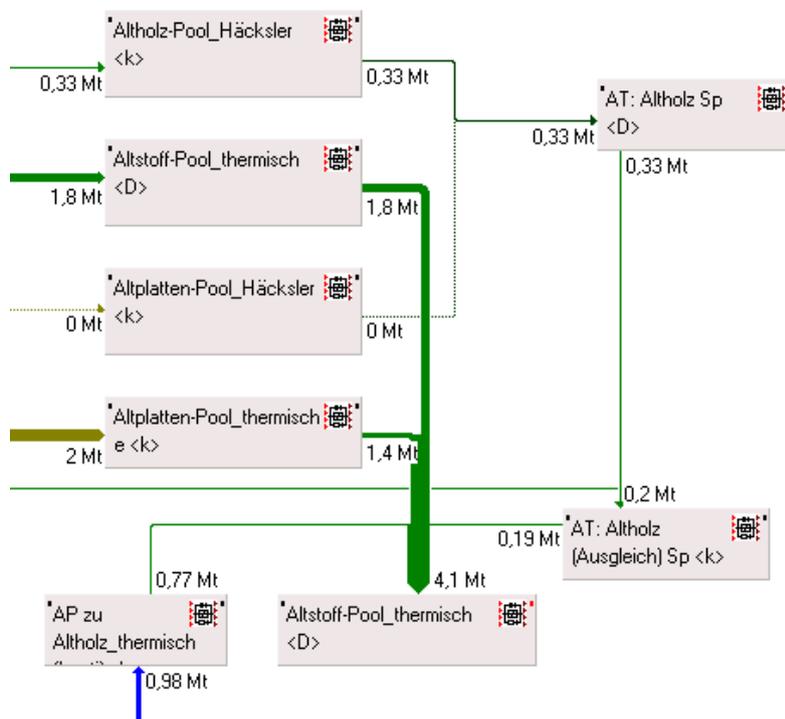


Abbildung 28: Modellausschnitt End-of Life, Darstellung der Massenflüsse in Mt

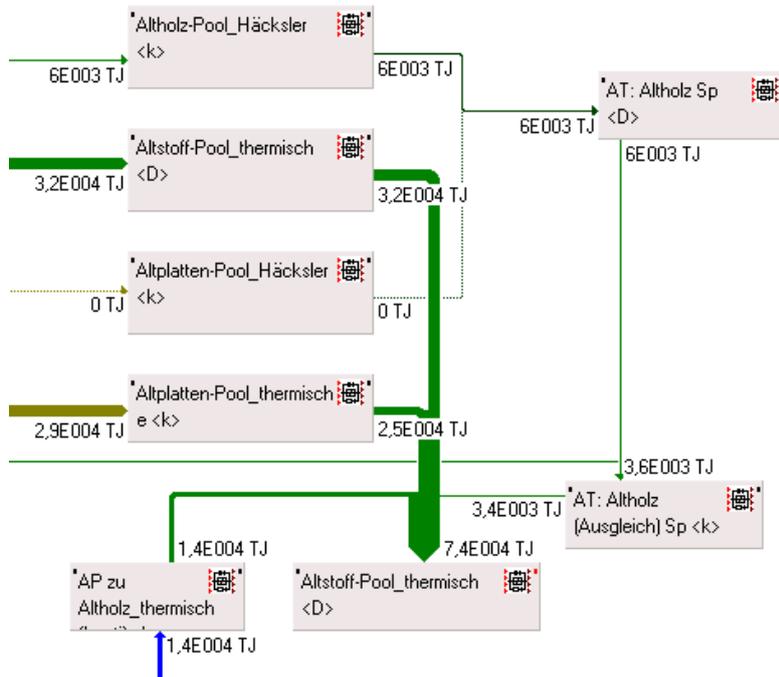


Abbildung 29: Modellausschnitt End-of-life, Darstellung der Energieflüsse in TJ

4.3.1 Bilanzergebnis – Basismodell mit End-of-Life

Das Bilanzergebnis des Basismodells mit End-of-Life Betrachtung ist in Tabelle 15 zusammengefasst.

Tabelle 15: Bilanzergebnis – Basismodell mit End-of-Life

	Grundmodell	Mt	TJ	M€
Material	Primärrohstoff Inland	16,3		1686
	Primärrohstoff Ausland	3,9		676
	Altstoffeinsatz + Ausgleich	5,6		401
	SNP-Fluss zwischen HV und PP	2,0		
	Produkte	13,6		6932
	Koppelprodukte AP+SNP nach außen	1,7	26557	287
	Altstoffpotenzial (nach Gebrauch)	4,1	74317	142
Energie	Beitrag für Sektor Energie (Koppel + Altstoffe)	5,9	100873	429
	Energie Industrie aus Reststoff	6,2	59891	
	Energie Industrie fossil + Strom		48905	292
CO2	CO2 biogen	5,0		
	CO2 fossil	2,1		
	CO2-Transport	0,3		
Wertsteigerung	Kosten Gesamt			3055
	Erlöse gesamt			7361

Der Gesamtinput an Primärrohstoffen aus dem Inland beträgt 16,3 Mio t, die hinter den Importen von Zwischenprodukten stehenden Rohstoffe machen 3,9 Mio t aus, der Altstoffeinsatz liegt inklusive der Bilanzausgleichsprozesse bei 5,6 Mio t. Daraus entstehen 13,6 Mio t Produkte inklusive der Exporte von End- und Zwischenprodukten. Die Gesamtkosten für Rohstoffe und Energie betragen 3,0 Mrd €, die Produkte bringen einen

Erlös von 7,3 Mrd €. Der Energiekostenanteil für zugekaufte fossile Energien macht etwa 10 % aus, die Primärrohstoffkosten betragen ca. 57 % der Gesamtkosten.

Für alle Bereiche zusammen ist insgesamt ein Energieeinsatz von 108,9 PJ nötig. Davon wird 48,9 PJ aus fossiler Energie (inkl. Strom) und 60 PJ aus biogenen Zwischenprodukten gedeckt.

Für den Sektor Energie entstehen potenzielle Beiträge aus dem Überschuss von Koppelprodukten (SNP, Rinde etc.) und den nicht stofflich genutzten Altstoffen am Ende des Gebrauchs (Altholz, Altpapier). Diese liegen bei etwa 5,9 Mio t mit einem Energieinhalt von etwa 100 PJ.

Die in den betrachteten Bereichen entstehende fossile CO₂-Emission liegt bei 2 Mio t, was nur 27 % der Gesamtemission dieser Bereiche entspricht, es überwiegen die biogenen Emissionen. Die verkehrsbedingte fossile CO₂-Emission ist von untergeordneter Bedeutung.

5 Anwendung des Modells – Szenarienrechnungen

Mit dem erstellten Modell für die österreichische Holzverarbeitung und die Zellstoff- und Papierherstellung ist es möglich, durch Veränderung der Einstellungen mögliche Entwicklungsrichtungen in Szenarien abzubilden und die Veränderungen auszuwerten.

In den nachfolgenden Szenarien wurde wie in der Basisversion von den in Österreich hergestellten Produktmengen ausgegangen (abgesehen von Überschüssen bei den als Zwischenprodukt hergestellten Zellstoffen) – diese Mengen wurden in den Szenarien nicht verändert. Da die Produktmenge fixiert ist, wirken sich Veränderungen als Verschiebungen bei der thermischen Versorgung bzw. bei den für den Export zur Verfügung stehenden Schnittholzmengen aus. Eventuelle Verschiebungen, die auch in Verbindung zu bestimmten Produktsegmenten stehen, hätten sicherlich markante Veränderungen sowohl in ökonomischer als auch ökologischer Hinsicht zur Folge.

5.1 Auswahl von Entwicklungsrichtungen für die Szenarien

Durch verstärkten Klimaschutz gibt es einen starken Trend in Richtung erneuerbarer Energieträger, wodurch die stoffliche Holznutzung immer mehr in Konkurrenz mit der energetischen Holznutzung tritt. Daher kommt einer effizienten Nutzung der Ressource Holz große Bedeutung zu. Daneben stellt aber auch die Erschließung von weiteren Rohstoffpotenzialen eine wesentliche zukünftige Herausforderung dar. Hier sollte das Potenzial der Produkte nach der Nutzung einbezogen werden.

Infolge relativ hoher Rohstoff- und Energiekosten in Österreich im Vergleich zu anderen Ländern (z.B. südamerikanische Schwellenländer oder Russland) bzw. bedingt durch weitere Standortnachteile für die Zellstoffproduzenten in Österreich/Europa (z.B. durch das Emissionshandelssystem der EU) ist eine Abwanderung der Zellstofferzeugung aus Österreich/Europa nicht auszuschließen. Um den Stellenwert der Zellstoffindustrie in Österreich abschätzen zu können, wurden daher mittels des Modells zwei Szenarien berechnet; einerseits die Abwanderung der gesamten Zellstoffindustrie aus Österreich (Versorgung der Papierindustrie mit Importzellstoff) und andererseits der Ausbau der Zellstoffindustrie in Österreich mit dem Ziel einer 100%igen Eigenversorgung der Papierindustrie.

Auf die Berechnung von inkrementellen Energieeinsparungen durch kontinuierliche Verbesserung der einzelnen Technologien wurde im Rahmen dieses Projekts verzichtet, da die positiven Auswirkungen derartiger Entwicklungen auch ohne die Durchführung einer Szenarienanalyse evident sind. Stellvertretend für diese Entwicklungen wurde ein mögliches Szenario im Energiebereich gewählt, welches Maßnahmen im Bereich der Großkesselanlagen der Papierindustrie enthält, wodurch die Einzel- und die Gesamteffizienz angehoben werden.

Der generelle Wert des Altstoffeinsatzes ist bereits aus den Unterschieden der beiden Basis-Szenarien zu erkennen, bei denen einmal mit und einmal ohne Lebensende gerechnet wurde. Ein komplettes Weglassen des Lebensendes kann bei hohen Exportanteilen relevant sein, da dann die Produkte nicht mehr inländischen Sammelsystemen zur Verfügung stehen und die Erfassung im Ausland mit einbezogen werden müsste.

5.2 Betrachtete Szenarien

Im Bereich der Holzverarbeitung wurden die Möglichkeiten des stofflichen Recyclings als viel versprechend erachtet:

- Erhöhtes stoffliches Recycling – vermehrter Einsatz von Hackschnitzeln aus Altholz in der Spanplattenproduktion
- Wiederverwendung von Altholz - direkte Substitution von Rohholz durch Altholzeinsatz (z.B. Leimbinder wieder einsetzen;...)

Im Bereich der Zellstoff- und Papierproduktion werden Effizienzsteigerungen bei der Energiebereitstellung und strukturelle Veränderungen betrachtet:

- Steigerung der Gesamteffizienz im Bereich KWK
- Keine Zellstoffproduktion in Österreich (der gesamte Zellstoff wird importiert)
- Keine Zellstoffimporte (der gesamte Zellstoff wird in Österreich produziert)

Die nachfolgenden Szenarien beschreiben grundsätzliche Entwicklungsrichtungen und dienen nur zu einer ersten Demonstration der Möglichkeiten des Modells. Sie beinhalten alle die zuvor beschriebene End-of-Life Betrachtung, in der Rückführungen der Produkte nach der Nutzung als Altstoffe vorgesehen sind. Weitere Szenarienrechnungen, beispielsweise auch nur Teilabschnitte des Modells betreffend, sind für die Konkretisierung der Erkenntnisse und die Umsetzung notwendig und nach Projektende in Zusammenarbeit mit den Verbänden geplant.

5.3 Recycling-Szenario – Verstärkter Altholzeinsatz

Wie sich in 4.2.1 gezeigt hat, wird durch den derzeitigen Altholzeinsatz das Altholzpotezial, das für die stoffliche Verwertung zur Verfügung steht, noch nicht ausgeschöpft. Daher wurde in diesem Szenario von einer Steigerung des Altholzanteils bei der Plattenherstellung ausgegangen. Erhöht man den Altholzanteil in der Spanplattenproduktion von derzeit 10 % auf die technologisch möglichen 66 %, dann steigt der Einsatz von Altholz in die Spanplatte auf 0,88 Mt an. Die Modellstruktur dieses Szenarios wird in Abbildung 30 dargestellt.

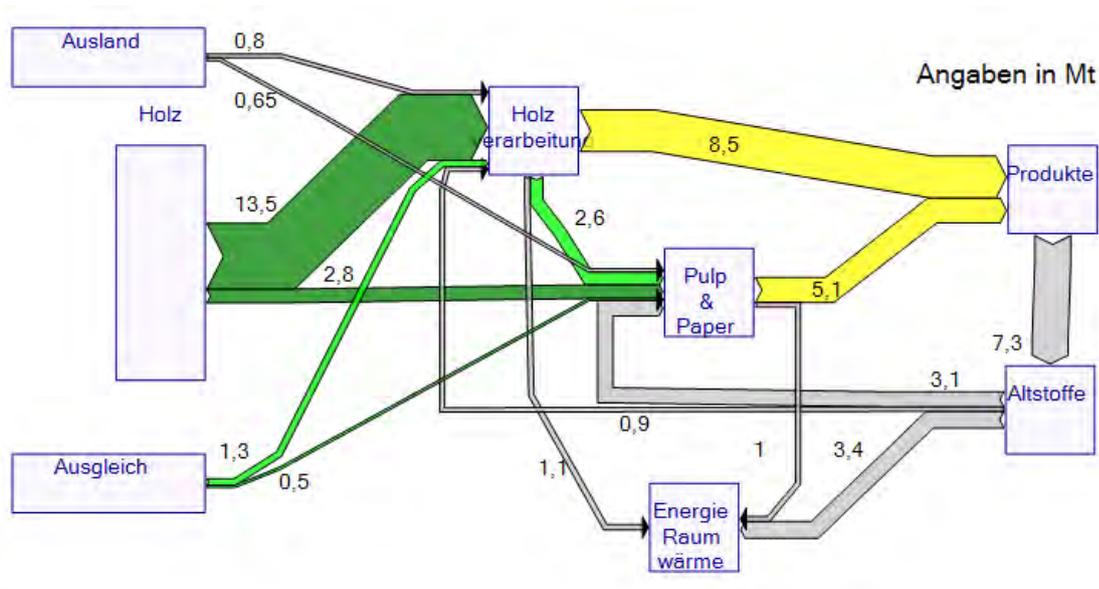


Abbildung 30: Modellstruktur Verstärktes Altholzrecycling

Um ausreichend Altholz hierfür zur Verfügung zu stellen, ist die Erhöhung des Anteils der stofflichen Verwertung von Altholz auf ca. 60 % notwendig (weiterhin ausschließlich thermische Verwertung bei MDF und Spanplatte). Wie die nachfolgende Abbildung 31 zeigt, steht dann ausreichend Altholz für die stoffliche Verwertung zur Verfügung.

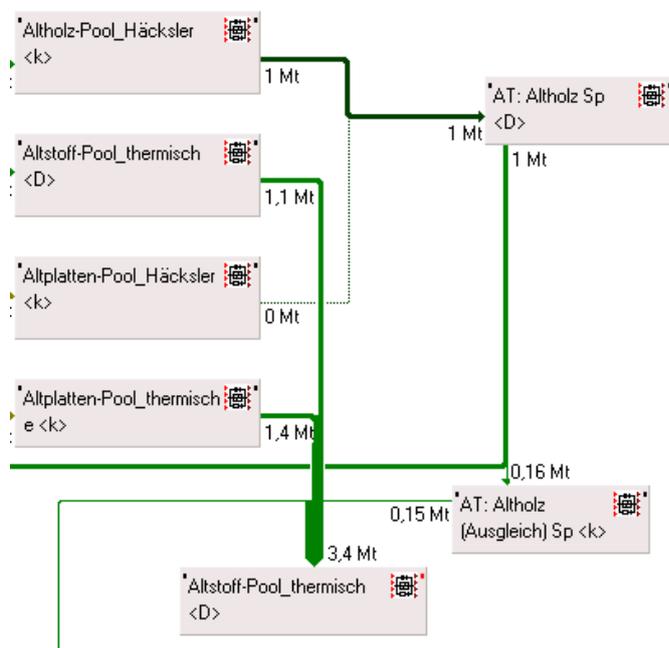


Abbildung 31: Modellausschnitt Verstärktes Altholzrecycling

Die Altholzmenge, die thermisch verwertet wird, reduziert sich dabei auf 2,5 Mt. Andererseits geht der Bedarf an Hackschnitzel aus dem Ausgleichspool auf ein Zehntel (von 0,65 Mt auf 0,06 Mt) zurück. Diese Hackschnitzel werden derzeit vor allem für die Plattenherstellung

eingesetzt, der Bedarf musste bisher von Außen gedeckt werden. Abbildung 32 stellt die benötigten Mengen aus dem Ausgleichspool für beide Situationen gegenüber.

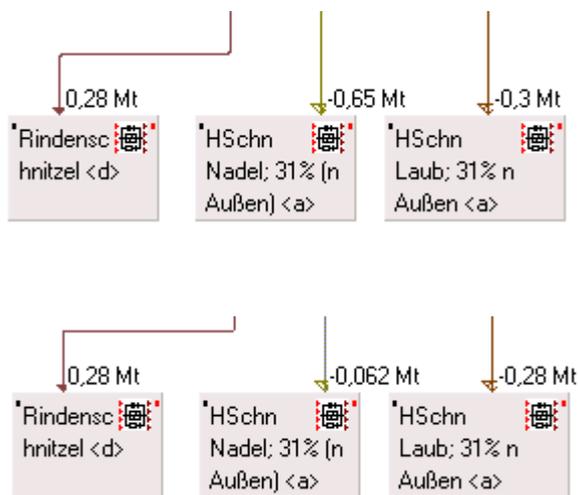


Abbildung 32: Modellausschnitt Ausgleichsprozesse Reststoffe, oben: Basiseinstellung, unten: Altholzrecycling

5.3.1 Bilanzergebnis Verstärktes Altholzrecycling

Nachfolgend sind die Ergebnisse dieses Szenarios in Tabelle 16 zusammengefasst.

Tabelle 16: Bilanzergebnis verstärktes Altholzrecycling

mehr Recy und Altholz in Platte		Mt	TJ	M€
Material	Primärrohstoff Inland	16,3		1686
	Primärrohstoff Ausland	3,9		676
	Altstoffeinsatz + Ausgleich	5,7		389
	SNP-Fluss zwischen HV und PP	2,6		
	Produkte	13,6		6932
Energie	Koppelprodukte AP+SNP nach außen	2,1	30950	337
	Altstoffpotenzial (nach Gebrauch)	3,4	61802	116
	Beitrag für Sektor Energie (Koppel + Altstoffe)	5,5	92752	453
	Energie Industrie aus Reststoff	6,2	59891	
CO2	Energie Industrie fossil + Strom		48917	292
	CO2 biogen	5,0		
	CO2 fossil	2,1		
Wertsteig	CO2-Transport	0,3		
	Kosten Gesamt			3042
	Erlöse gesamt			7385

Die Veränderungen werden im Vergleich zu den Werten des Basismodells mit End-of-Life Betrachtung (4.3.1) interpretiert. Durch die verstärkte Bereitstellung von Hackschnitzeln aus den Produkten verringert sich der Bezug über die Ausgleichglieder von Außen, dadurch verbleiben aus der Holzverarbeitung mehr Hackschnitzel für die Zellstoffherstellung. In der Bilanz nehmen daher sowohl der Fluss der Koppelprodukte nach Außen (von 1,7 Mt auf 2,1 Mt) als auch der SNP-Fluss zwischen Holzverarbeitung und Papierproduktion (von 2,0 Mt auf 2,6 Mt) zu. Beim Primärrohstoffeinsatz im Inland zeigt sich keine Veränderung, da hier

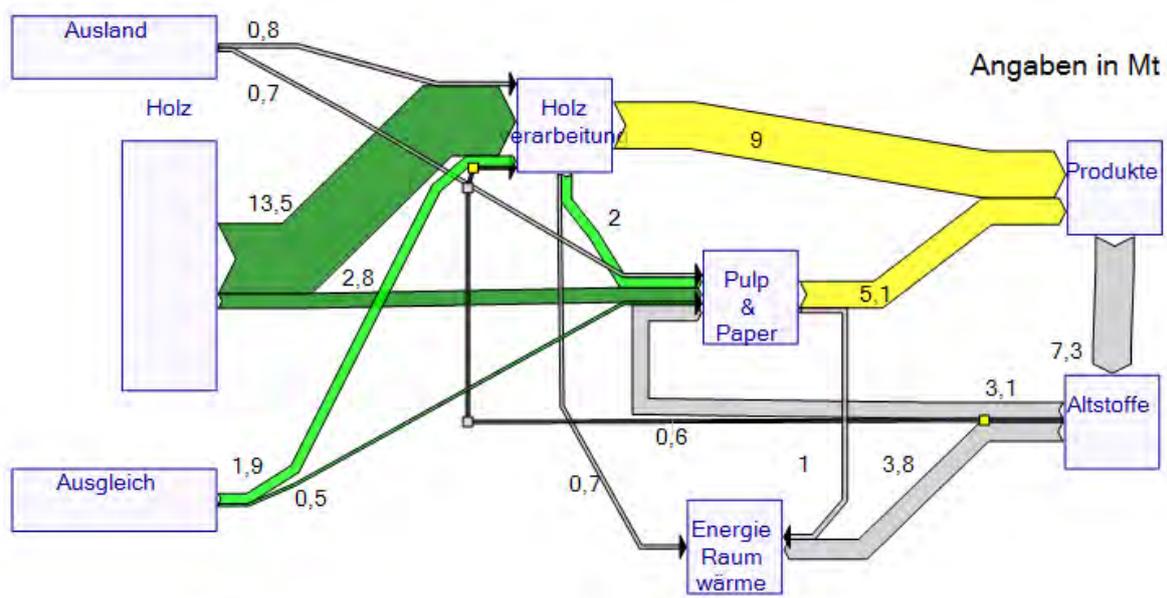
vor allem die Vorteile im Bereich des Sekundärrohstoffmarktes und der verbesserten Vernetzung zwischen den beiden Produktionsbereichen ausgedrückt werden. Durch die Verschiebung der Altholzströme von der thermischen zur stofflichen Nutzung kommt es insgesamt zu einer Verringerung der Potenziale für den Sektor Energie um 8.000 TJ (von 100,9 PJ auf 92,8 PJ).

Hinsichtlich der Wertsteigerung vergrößert sich die Differenz zwischen Erlösen und Kosten geringfügig, was sowohl an der Verringerung der Kosten durch den Altstoffeinsatz, als auch an den etwas höheren Erlösen aus den SNP liegt. Die Wertsteigerung steigt von 4.300 auf 4.340 Mio €, was einer Steigerung von nur einem Prozent entspricht und damit eher im marginalen Bereich liegt.

5.4 Wiederverwendungs-Szenario

Im Unterschied zum vorigen Recycling-Szenario wird hier der Wiedereinsatz von Produkten nach ihrer ersten Nutzungsphase betrachtet. Dies ist in einzelnen Produktbereichen vorstellbar, wie beispielsweise der Aufschnitt von gebrauchten Leimbindern und deren Neuverleimung. Andererseits scheint auch im Bereich des Konstruktionsholzes und im Schalungsbau eine weitere Verwendung unter Substitution von vorwiegend Sägeschnittholz vorstellbar. In diesem Szenario sollen die Veränderungen bei etwa 20 % Wiedereinsatz in den angesprochenen Produktionsbereichen dargestellt werden.

Aufgrund der Modelleinstellungen sind die Sägekapazität und die Einschnittmenge festgelegt. Daher bringt eine höhere Altstoffmenge zusätzlichen Rohstoff, der zu mehr Produkten führt. Da aber die Produktmengen fixiert sind, ergibt sich bei dieser Einstellung eine Zunahme der Exportmenge an Schnittholz. Andererseits führt dies durch die verstärkte Altholzverwendung natürlich auch zu einer Verringerung der Potenziale für den Energiesektor.



5.4.1 Bilanzergebnis

Nachfolgend sind die Ergebnisse in Tabelle 17 zusammengefasst.

Tabelle 17: Bilanzergebnis des Wiederverwendungs-Szenarios

	Wiederverwendung	Mt	TJ	M€
Material	Primärrohstoff Inland	16,3		1686
	Primärrohstoff Ausland	3,9		676
	Altstoffeinsatz + Ausgleich	5,6		401
	SNP-Fluss zwischen HV und PP	2,0		
	Produkte	14,0		7133
	Koppelprodukte AP+SNP nach außen	1,7	2657	287
	Altstoffpotenzial (nach Gebrauch)	3,8	68934	144
Energie	Beitrag für Sektor Energie (Koppel + Altstoffe)	5,6	95491	431
	Energie Industrie aus Reststoff	6,2	59891	
	Energie Industrie fossil + Strom		48905	292
CO ₂	CO ₂ biogen	4,97		
	CO ₂ fossil	2,06		
	CO ₂ -Transport	0,26		
Wertsteig	Kosten Gesamt			3055
	Erlöse gesamt			7564

Die Veränderungen betreffen durch den Anstieg des Schnittholzexports vor allem die Produktmenge und die Erlöse. Andererseits wird der Beitrag für den Sektor Energie durch verstärkten stofflichen Kreislauf geringer. Die Produktmenge steigt von 13,6 auf 14 Mt, der Erlös etwa um 200 Mio €. Das Altstoffpotenzial nach Gebrauch geht etwa um diese Mengen zurück und führt zu einer Verringerung des Beitrags für den Sektor Energie um 5.500 TJ. Insgesamt steigen die Erlöse bei gleich bleibenden Kosten (das wiedereingesetzte Altholz wurde noch ohne Preis gerechnet, da die Marktverhältnisse noch nicht bekannt sind), was die Wertsteigerung etwa um 5 % verbessert.

Es ist allerdings anzunehmen, dass dieser Erlös bei Veränderung der derzeit fixierten Holzproduktmenge weiter gesteigert werden könnte.

5.5 Effizienz-Szenario

Hier wurde von Veränderungen der KWK-Verhältnisse ausgegangen, die vor allem bei Großkesselanlagen in der Papierindustrie realistisch erscheinen. Dabei wurden folgende Annahmen, die aus den Erfahrungen von Betrieben stammen, betrachtet:

- Bei Lauge/Kohle KWK-Anlagen liegt der Stromanteil derzeit bei 20 %, hier wurde eine zukünftige Steigerung auf 25 % angenommen, bei der Gesamteffizienz von 90 % Wirkungsgrad. Diese Werte wurden analog auch für Entwicklungen im Bereich der Wirbelschichtkessel verwendet.
- Bei Gasturbinen wird durch Optimierungen vor allem der Durchsatz bei gleichem Stromanteil erhöht. Für den Stromanteil wurden 30 % und für die Gesamteffizienz 90 % angenommen.

- Insgesamt ergibt sich dadurch eine Erhöhung des Stromanteils, was realistisch scheint, da der Stromzukauf reduziert wird und eine bessere Ausnutzung des Dampfs, vor allem bei integrierten Standorten angestrebt wird.

Dadurch ergibt sich eine Reduktion der Energieträger Gas und Strom (die Kohlekessel sind im Modell auf die vorliegenden Kapazitäten fixiert), die in Abbildung 34 auf der Ebene des Gesamtsystems dargestellt ist.

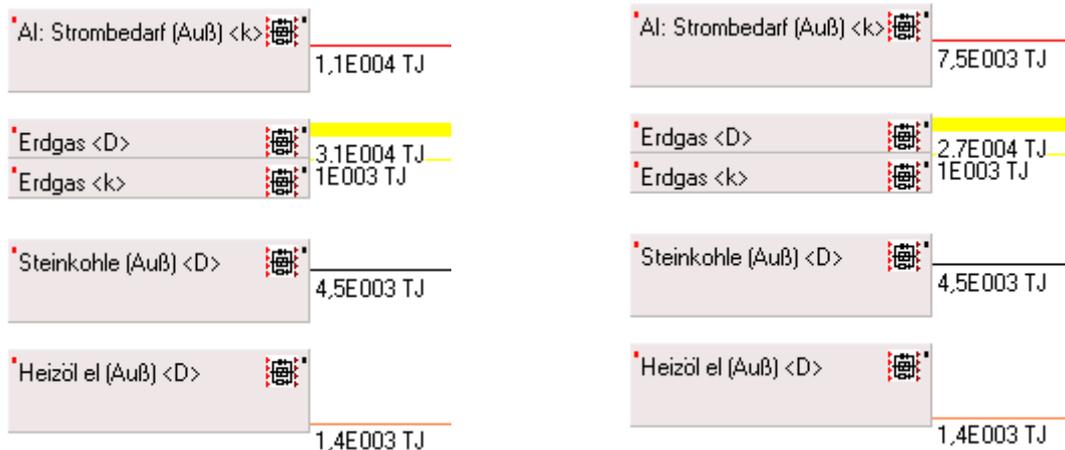


Abbildung 34: Modellausschnitt Energieträger im Effizienz-Szenario, links: Basismodell, rechts: Effizienz-Szenario

Bei den CO₂ Emissionen (Abbildung 35) zeigen sich ebenfalls Reduktionen, sowohl bei den fossilen, als auch bei den anteilmäßig höheren biogenen Brennstoffen.

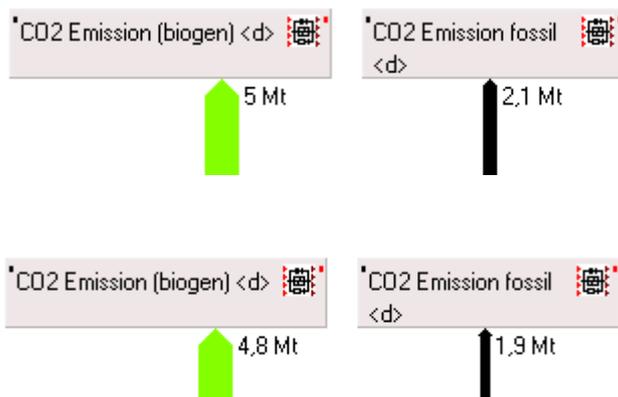


Abbildung 35: Modellausschnitt CO₂-Emissionen im Effizienz-Szenario, oben: Basismodell, unten: Effizienz-Szenario

5.5.1 Bilanzergebnis Effizienz-Szenario

Nachfolgend sind die Ergebnisse in Tabelle 18 zusammengefasst.

Tabelle 18: Bilanzergebnis des Effizienz-Szenarios

Effizienzsteigerung bei Strom und Wärme		Mt	TJ	M€
Material	Primärrohstoff Inland	16,3		1686
	Primärrohstoff Ausland	3,9		676
	Altstoffeinsatz + Ausgleich	5,6		401
	SNP-Fluss zwischen HV und PP	1,8		
	Produkte	13,6		6932
	Koppelprodukte AP+SNP nach außen	1,9	27580	291
Energie	Altstoffpotenzial (nach Gebrauch)	4,1	74317	142
	Beitrag für Sektor Energie (Koppel + Altstoffe)	6,0	101897	433
	Energie Industrie aus Reststoff	6,1	58901	
CO ₂	Energie Industrie fossil + Strom		41768	253
	CO ₂ biogen	4,83		
	CO ₂ fossil	1,86		
Wertsteig	CO ₂ -Transport	0,26		
	Kosten Gesamt			3016
	Erlöse gesamt			7366

Es zeigen sich keine Auswirkungen beim Materialeinsatz, eine geringfügige Verringerung aber bei den in den Anlagen genutzten biogenen Reststoffen. Die größten Veränderungen zeigen sich bei Strom und Gas, da im Modell die Anpassung an den tatsächlichen Energiebedarf über Gaskessel und Fremdstrom eingestellt ist. Es ergibt sich durch die Effizienzsteigerungen eine Verringerung des fossilen Energieeinsatzes um etwa 20 % sowie bei den fossilen CO₂-Emissionen etwa um 10 %. Bei den biogenen Emissionen ist die Veränderung analog zum Energieeinsatz nur relativ gering.

Durch den geringeren SNP-Bedarf steigt der Beitrag für den Sektor Energie aus den Koppelprodukten um 0,2 Mt auf insgesamt 102 PJ an.

Diese Veränderungen haben auch monetäre Auswirkungen; die Kosten reduzieren sich um etwa 40 Mio €, was aber eine Veränderung von weniger als 1 % bezogen auf die Erlöse darstellt und somit als marginal zu bewerten ist.

5.6 Strukturelle Veränderungen – Verlagerung ins Ausland bzw. ins Inland

Diese beiden nachfolgenden Szenarien sollen aufzeigen, wie sich strukturelle Verschiebung der Produktion von Österreich ins Ausland bzw. vom Ausland ins Inland auswirken.

5.6.1 Auslagerungs-Szenario - Zellstoffproduktion ins Ausland

Dieses Szenario untersucht die Auswirkungen der oft diskutierten Auslagerung von Teilen der energieintensiven Industrie ins Ausland. Im Modell wird bei gleich bleibender Papierherstellung eine vollständige Auslagerung der Zellstoffherstellung ins Ausland angenommen. Dabei sinkt der Einsatz von Industrieholz deutlich, die verbleibenden Mengen

gehen in den Holzschliff und die Platte. Die Zellstoffimporte nehmen deutlich zu (Abbildung 36).

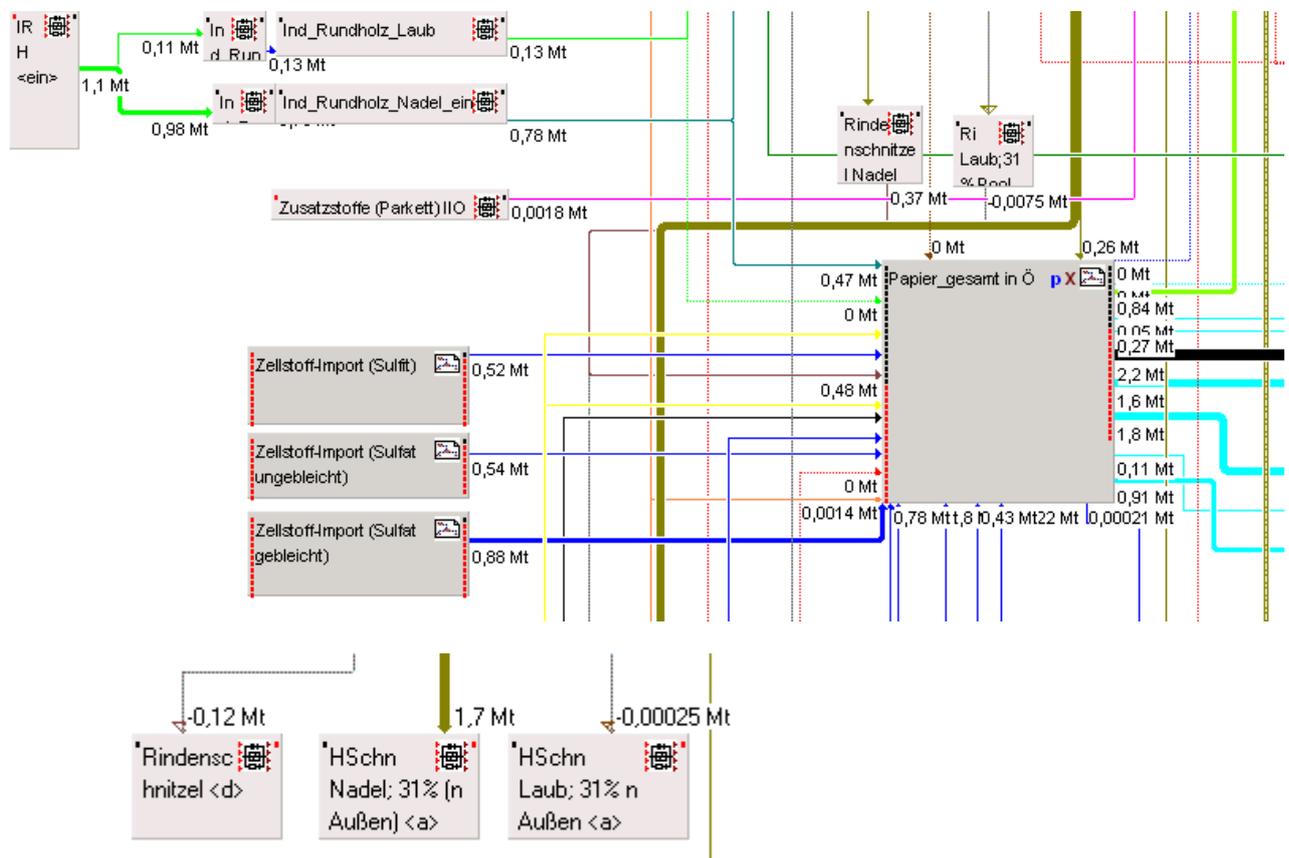


Abbildung 36: Modellausschnitte aus dem Auslagerungs-Szenario
oben: Zellstoffimport und Papierindustrie, unten: Ausgleichsprozesse
Reststoffe

Durch den deutlich verringerten SNP-Einsatz in der österreichischen Zellstoffherstellung kommt es zu einem Anstieg der verbleibenden Menge an Hackschnitzeln, die für die Plattenherstellung oder den Sektor Energie zur Verfügung stehen.

5.6.1.1 Bilanzergebnis Auslagerungs-Szenario

Die Ergebnisse sind in nachfolgender Tabelle 19 zusammengefasst.

Tabelle 19: Bilanzergebnis Auslagerungs-Szenario

ZS ins Ausland		Mt	TJ	M€
Material	Primärrohstoff Inland	13,9		1586
	Primärrohstoff Ausland	8,3		1260
	Altstoffeinsatz + Ausgleich	4,8		353
	SNP-Fluss zwischen HV und PP	0,6		
	Produkte	13,1		6703
	Koppelprodukte AP+SNP nach außen	3,1	45614	377
Energie	Altstoffpotenzial (nach Gebrauch)	4,1	74317	142
	Beitrag für Sektor Energie (Koppel + Altstoffe)	7,3	119931	519
	Energie Industrie aus Reststoff	3,2	35623	
	Energie Industrie fossil + Strom		51452	311
CO2	CO2 biogen	2,30		
	CO2 fossil	2,23		
	CO2-Transport	0,26		
Wertsteig	Kosten Gesamt			3510
	Erlöse gesamt			7222

Der Primärrohstoffeinsatz sinkt deutlich um 2,4 Mio t (von 16,3 auf 13,9 Mt), dafür steigt der Ressourcenbedarf im Ausland um 4,4 Mio t an. Dementsprechend steigen auch die Kosten der importierten Zwischenprodukte auf den doppelten Wert.

Die in der Holzindustrie anfallenden Reststoffe werden nun nicht mehr für die Zellstoffherstellung im Inland benötigt, damit verbleibt ein zusätzlicher Überschuss an Koppelprodukten in der Höhe von fast 20 PJ, der ein Potenzial für den Sektor Energie darstellt. Damit steigt der gesamte Beitrag für den Sektor Energie auf fast 120 PJ an.

Der Energiebedarf und speziell die Bereitstellung aus biogenen Reststoffen geht auf etwa 60 % zurück. Das Fehlen von Energie in Form von Dampf aus der Zellstoffherstellung für die integrierten Anlagen wird durch gesteigerten fossilen Energieeinsatz ausgeglichen. Dies führt zu einer Erhöhung der fossilen Emission um etwa 200.000 t CO₂ (etwa 10 %). Dem gegenüber sinken die biogenen CO₂-Emissionen um mehr als 50 % durch das Fehlen der Ablaugekessel.

Durch den Import der Zwischenprodukte steigen die Kosten vor allem für die Papierherstellung um insgesamt 600 Mio €, während die Zellstoffmengen um 0,5 Mt und die damit in Verbindung stehenden Erlöse um 140 Mio € zurückgehen. Damit sinkt der Wertzuwachs (Erlöse minus Kosten) von 4.300 Mio € auf 3.700 Mio € (Minus von 14 % an Wertzuwachs.)

Die Reduktion entsteht durch den fehlenden Export der Überschussmengen aus der Zellstoffherstellung. Die CO₂-Emissionen des Transports steigen durch die Importe, sinken andererseits durch die wegfallenden Exporte, die Veränderungen sind in den Zahlen kaum sichtbar.

5.6.2 Integrations-Szenario - Zellstoff verstärkt im Inland

Im Gegensatz zum vorherigen Szenario wird nun die Herstellung der gesamten Zellstoffmengen im Inland hinsichtlich der sich ergebenden Synergien bei SNP und Energie betrachtet (Abbildung 37).

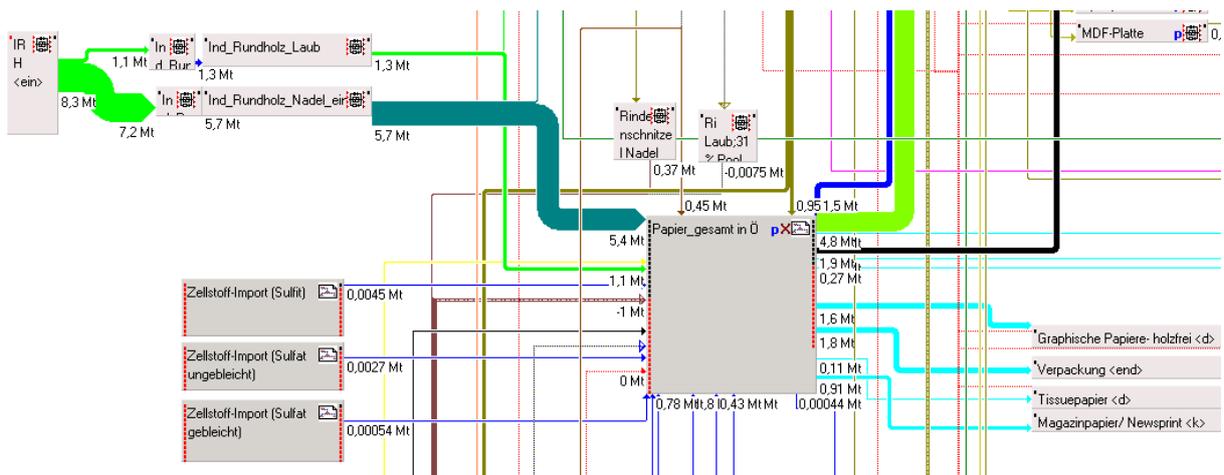


Abbildung 37: Modellausschnitt Integrations-Szenario, Holzversorgung der Papierindustrie und Zellstoffimport

In diesem Szenario wird die Bereitstellung der notwendigen Hackschnitzelmengen überwiegend aus Industrie-Rundholz angenommen. Damit verbleiben die Hackschnitzel aus der Holzverarbeitung als Überschuss (brauner Strom um die Papierherstellung nach unten), weiters fallen große Mengen an Rinde (braun schraffiert in der unteren Abbildung) aus der Entrindung am Holzplatz der Zellstoffbetriebe an (Abbildung 38).

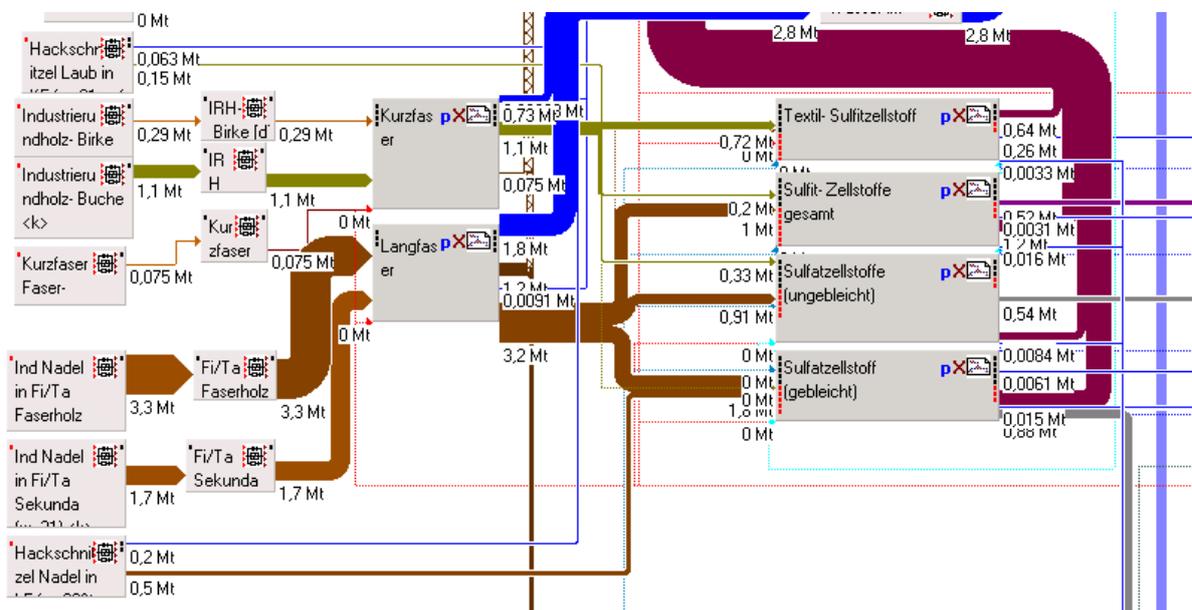


Abbildung 38: Modellausschnitt Papierplan, Holzplatz mit Zellstoffherstellung

5.6.2.1 Bilanzerggebnis Integrations-Szenario

Die Ergebnisse der Berechnungen sind in der nachfolgenden Tabelle 20 zusammengefasst.

Tabelle 20: Bilanzergebnis Integrations-Szenario

ZS ges amt im Inland		Mt	TJ	M€
Material	Primärrohstoff Inland	20,4		1866
	Primärrohstoff Ausland	1,5		377
	Altstoffeinsatz + Ausgleich	4,8		358
	SNP-Fluss zwischen HV und PP	0,1		
	Produkte	13,6		6943
	Koppelprodukte AP+SNP nach außen	3,6	44511	335
	Altstoffpotenzial (nach Gebrauch)	4,1	74295	142
Energie	Beitrag für Sektor Energie (Koppel + Altstoffe)	7,8	118806	477
	Energie Industrie aus Reststoff	7,8	71380	
	Energie Industrie fossil + Strom		47386	280
CO2	CO2 biogen	6,30		
	CO2 fossil	1,94		
	CO2-Transport	0,26		
Wertsteig	Kosten Gesamt			2881
	Erlöse gesamt			7419

Durch den großen Bedarf an Industrie-Rundholz steigt gegenüber der „Basiseinstellung“ der Primärrohstoffeinsatz im Inland um 4,1 Mio t, dafür verringert sich dieser im Ausland um 2,4 Mio t. Die eigene Herstellung der Hackschnitzel und damit die Nutzungsmöglichkeit der Hackschnitzel aus der Holzverarbeitung im Inland ermöglicht einen potenziellen Beitrag für den Sektor Energie von 119 PJ, dieser ist ähnlich hoch wie im vorigen Szenario (19 PJ über den Grundeinstellungen).

Der Import sinkt bei Mengen und Wert etwa auf die Hälfte. Andererseits steigen die Kosten für die Primärressourcen an, allerdings nur um etwa 10 %. Durch die Steigerung des energetischen Einsatzes biogener Reststoffe in den integrierten Anlagen um etwa 12.000 TJ, gehen der Einsatz fossiler Energieträger und die damit verbundenen Energiekosten leicht zurück. Insgesamt steigt der Energieeinsatz um 10.000 TJ.

Die fossilen CO₂-Emissionen sinken um 0,12 Mio t, während die biogenen CO₂-Emissionen um 1,3 Mio t ansteigen.

Bei der Wertsteigerung sinken die Kosten um € 174 Mio € bei gleichzeitiger Steigerung der Erlöse um 58 Mio €. Dies führt zu einer deutlichen Steigerung des Wertzuwachses um 230 Mio € (von 4.307 auf 4.538) gegenüber dem Grund-Szenario. Noch deutlicher fällt die Steigerung mit 825 Mio € (etwa 20 %) gegenüber dem „Zellstoff im Ausland“ Szenario aus.

5.6.3 Zellstoff im Inland – Optimal-Szenario

In Weiterentwicklung des Inland-Szenarios wird ein Zustand untersucht, bei dem der Mehreinsatz an Industrieholz nur zur Abdeckung der zu geringen Hackschnitzelmengen aus der Holzverarbeitenden Industrie dient. Dadurch ergibt sich hier ein Überschuss an Rinde, während die Hackschnitzelbilanz weitgehend ausgeglichen ist (Abbildung 39).

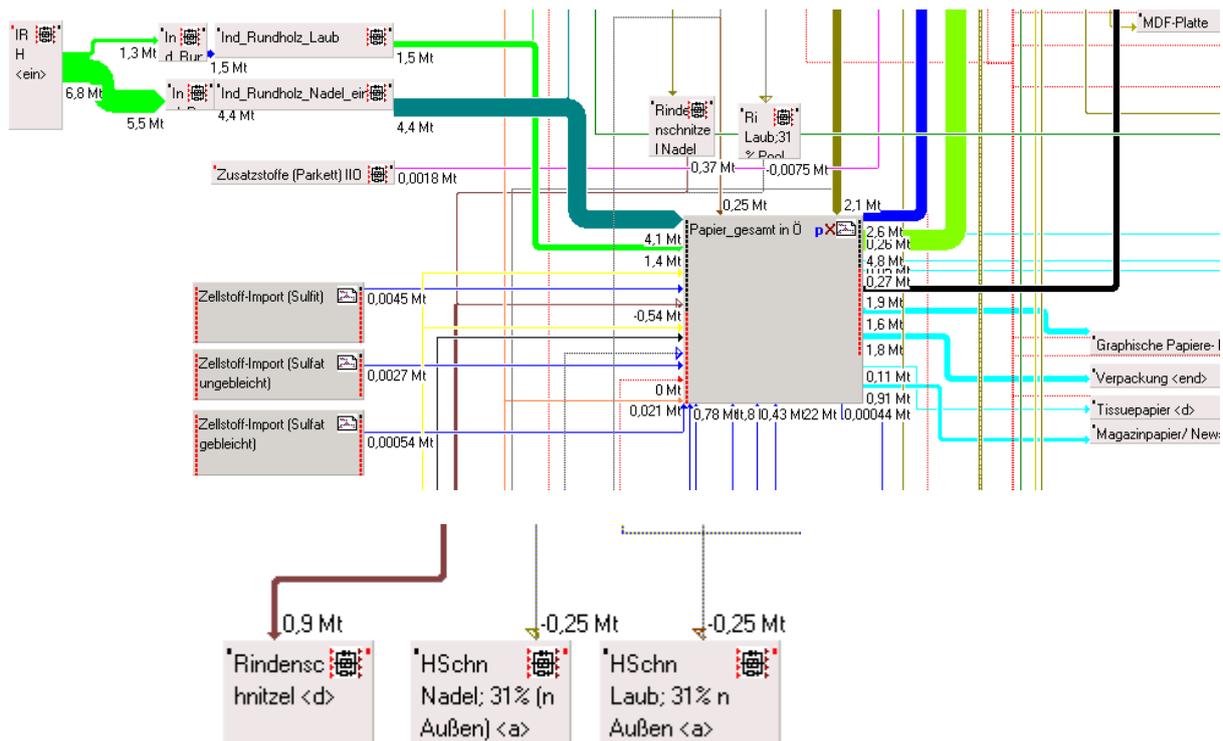


Abbildung 39: Modellausschnitte aus dem Optimal-Szenario
oben: Rohstoff und Import in die Papierindustrie,
unten: Ausgleichsprozesse Reststoffe

5.6.3.1 Bilanzergebnis Optimal-Szenario

Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Tabelle 21 zusammengefasst.

Tabelle 21: Bilanzergebnis Optimal-Szenario

Z S im Inland - optimiert		Mt	TJ	M€
Material	Primärrohstoff Inland	19,0		1804
	Primärrohstoff Ausland	1,5		377
	Altstoffeinsatz + Ausgleich	5,1		376
	SNP-Fluss zwischen HV und PP	1,4		
	Produkte	13,6		6943
	Koppelprodukte AP+SNP nach außen	2,4	30266	278
	Altstoffpotenzial (nach Gebrauch)	4,1	74295	142
Energie	Beitrag für Sektor Energie (Koppel + Altstoffe)	6,5	104561	420
	Energie Industrie aus Reststoff	7,8	71380	
	Energie Industrie fossil + Strom		47240	279
CO2	CO2 biogen	6,30		
	CO2 fossil	1,94		
	CO2-Transport	0,26		
Wertsteig	Kosten Gesamt			2836
	Erlöse gesamt			7362

Der Primärrohstoffeinsatz geht zurück, liegt aber noch um 2,7 Mio t über den Werten der Grundeinstellung. Der Auslands-Ressourcenbedarf ist nicht gestiegen, sodass der gesamte Ressourceneinsatz gegenüber dem vorigen Szenario deutlich zurückgegangen ist. Damit werden kaum mehr Hackschnitzel von Außen benötigt, Rinde ist als Überschuss für den Sektor Energie verfügbar. Durch den geringeren Rundholzeinsatz ist hier auch der Output an

Koppelprodukten (SNP, etc) geringer als in den beiden vorigen Szenarien, er liegt aber über dem Grund-Szenario, wodurch der potenzielle Beitrag für den Sektor Energie höher ist als in der Grundvariante, aber deutlich unter den forcierten Ausland- und Inland-Szenarien liegt (105 PJ gegenüber ca. 120 PJ).

Der Energiebedarf der Industrieprozesse wird auch hier verstärkt durch biogene Reststoffe gedeckt, er steigt auf die Werte des vorigen Szenarios an. Der fossile Einsatz geht noch deutlicher als im vorigen Inland-Szenario zurück.

Die Wertsteigerung liegt ähnlich hoch wie der Maximalwert im Inland-Szenario (4.525 Mio € gegenüber 4.538 Mio € im Inland-Szenario und 4.300 Mio € im Grund-Szenario). Die Kosten liegen durch geringeren Rohstoffbedarf niedriger, die Erlöse entsprechen in etwa den Werten des Basis-Szenarios.

Die Emissionen von fossilem und biogenem CO₂ sind unverändert gegenüber dem vorigen Inland-Szenario.

6 Schlussfolgerungen aus den Projektergebnissen

Nachfolgend werden die erhaltenen Ergebnisse zusammengefasst, analysiert, um daraus Schlussfolgerungen abzuleiten. Diese werden auf die wesentlichen Erkenntnisse des Projektteams aus den Ergebnissen des Modells fokussiert. Die exemplarisch in den Szenarien betrachteten Entwicklungsrichtungen werden verglichen, damit die betrachteten Branchen daraus Strategien für zielgerichtete Optimierung der einzelnen Bereiche der Holznutzung ableiten können.

6.1 Schlussfolgerungen aus den Szenarien

6.1.1 Vergleich der Szenarien mit charakteristischen Flüssen

Zum Vergleich der Ergebnisse der betrachteten Szenarien werden wesentliche Zielparameter zur Beschreibung der Veränderungen der Umwelt- und Leistungscharakteristik ausgewählt. Die Werte für die einzelnen Szenarien sind in Tabelle 22 zusammengefasst.

Tabelle 22: Vergleich der Szenarien mit wesentlichen Parametern

	Basis ohne End-of-Life	Basismodell mit End-of-Life	Effizienz-Szenario	Altholz stoffliche Nutzung	Wiederverwendung	Zellstoff -> Ausland	ZellstoffS -> Inland	Inland-Optimal-Szenario
Primärrohstoff Inland (Mt)	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	13,9	20,4	19,0
Primärrohstoff gesamt (Mt)	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	22,2	21,9	20,5
SNP-Fluss zwischen HV und PP (Mt)	2,0	2,0	1,8	2,6	2,6	0,6	0,1	1,4
Beitrag für Sektor Energie (PJ)	8	101	102	93	95	120	119	105
Energiebedarfsdeckung. aus Reststoffen (PJ)	60	60	59	60	60	36	71	71
Energiebedarf fossil (PJ)	49	49	42	49	40	51	47	47
CO ₂ -fossil (Mt)	2,1	2,1	1,9	2,1	2,1	2,2	1,9	1,9
Produkte (Mt)	13,6	13,6	13,6	13,6	14,0	13,1	13,6	13,6
Wertsteigerung (Diff. Erlös–Kosten in Mrd €)	4,11	4,31	4,35	4,34	4,51	3,71	4,54	4,53

Der gesamte Primärrohstoffeinsatz ist bei den meisten Szenarien weitgehend ähnlich (Abbildung 40), nur die Extremvarianten der Zellstoff-Auslagerung und die vollständige Inlandsproduktion hätten die niedrigsten bzw. die höchsten Rohstoffeinsätze. Der inländische Rohstoffbedarf ist beim Ausland-Szenario am geringsten, bei der Inlandsproduktion

entsprechend am größten. Im optimierten Szenario ist zwar der Bedarf im Inland hoch, der Gesamteinsatz liegt aber nur geringfügig über den anderen Varianten.

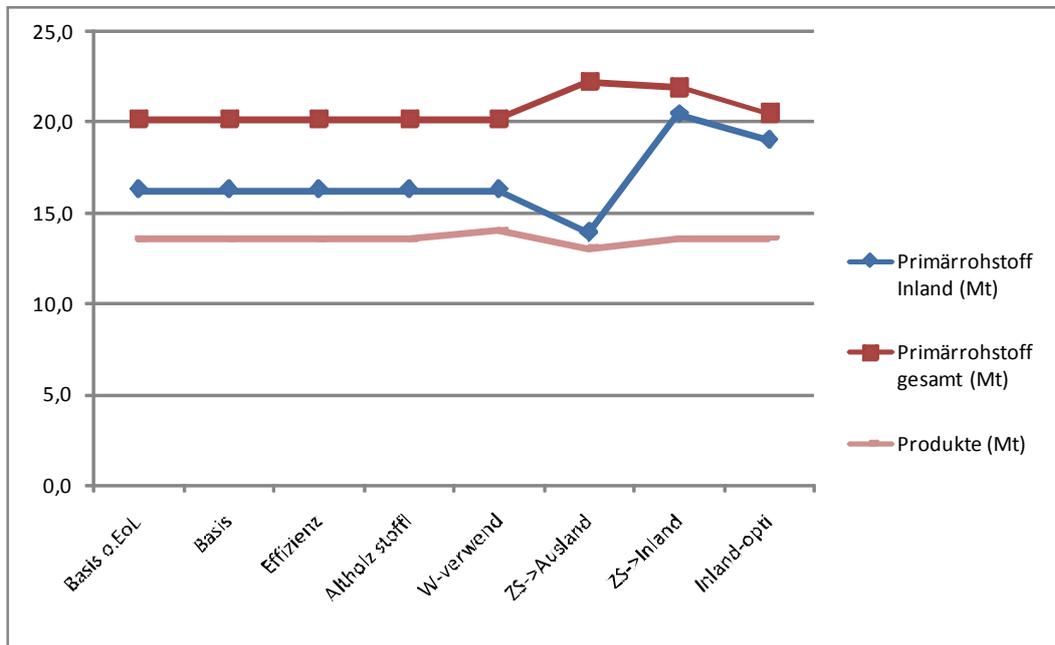


Abbildung 40: Vergleich der Szenarien, Rohstoffe und Produkte

Die Produktmengen sind bedingt durch die Fixierung auf die derzeitigen Produktionsmengen weitgehend gleich (Abbildung 40), sie liegen nur bei der Auslandsvariante wegen des Wegfalls der Zellstoffüberschüsse tiefer. Die höchsten Mengen ergeben sich bei Wiederverwendung von Produkten nach der Nutzung, da in den getroffenen Einstellungen diese Mengen zusätzlich zu den Rohstoffen in die Produktion eingehen. Sie führen zu zusätzlichen Zwischenprodukten, die in den Export gehen (diese sind im Modell als Ausgleich definiert und daher nicht fixiert).

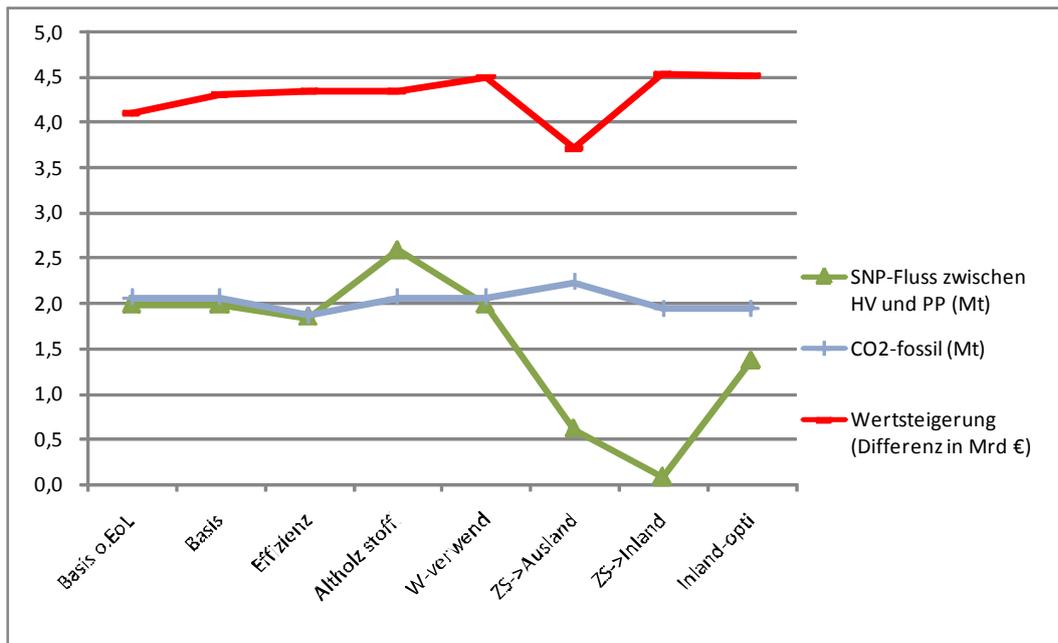


Abbildung 41: Vergleich der Szenarien, Emission, Synergie und Wertsteigerung

Der SNP-Fluss zwischen den Sektoren (Abbildung 41), ein Maß für Synergienutzung und Vernetzung im Industriebereich (entsprechend dem Prinzip der industriellen Ökologie) ist beim verstärkten Altholzrecycling am höchsten. Durch den erhöhten Altholzeinsatz in der Plattenindustrie werden SNP für die Zellstoffanlagen verfügbar. Die tiefsten Werte liegen bei Konzentrierung der Zellstoffproduktion im Ausland oder Inland vor, da einerseits die Zellstoffindustrie als inländischer Verbraucher fehlt, andererseits eigene Bereitstellung durch Frischholz (Industrie-Rundholz) vorliegt. Im optimierten Inland-Szenario steht die SNP-Nutzung aus der Sägeindustrie im Vordergrund, der Frischholzeinsatz ist auf den zusätzlichen Bedarf begrenzt.

Die fossilen CO₂-Emissionen schwanken nur gering um etwa 10 % (Abbildung 41). Sie liegen beim Zellstoff-Auslagerungs-Szenario am höchsten, da die Integration mit der Papierherstellung an den relevanten Standorten wegfällt, beim Effizienz- und den Inland-Szenarien dem entsprechend am niedrigsten.

Ähnliche Tendenzen (mit gegenläufigen Werten) zeigen sich bei der Wertsteigerung (Abbildung 41). Das Auslagerungs-Szenario weist deutlich die niedrigsten, die Inland-Szenarien und die Wiederverwendung (bedingt durch die zusätzlichen Produkte, die ohne Rohstoffaufwendungen erzielt werden) die höchsten Werte auf. Effizienzsteigerung und Altholzeinsatz führen nur zu vergleichsweise geringen Verbesserungen.

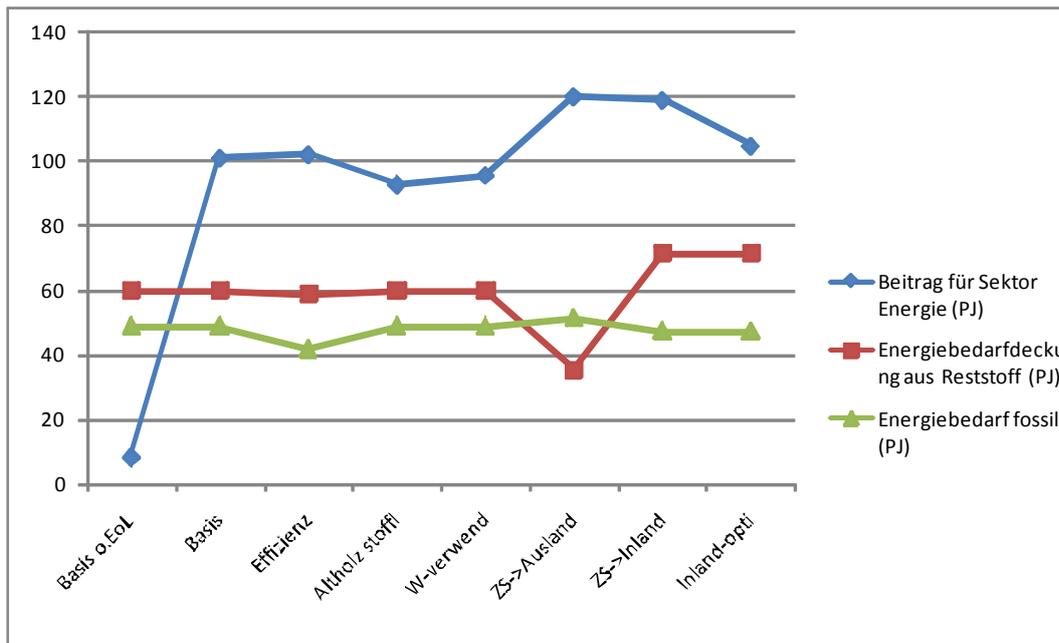


Abbildung 42: Vergleich der Szenarien, Energie

Bei der Energiebedarfsdeckung der Holz- und Papierproduktion zeigt vor allem das Effizienz-Szenario eine deutliche Verringerung an fossilen Energieträgern (Abbildung 42). Die energetische Nutzung der Reststoffe in der Industrie ist durch die erhöhte Integration bei den Inland-Szenarien am besten, dem entsprechend ist der fossile Energieeinsatz geringer. Die Verlagerung ins Ausland zeigt bei der internen Reststoffnutzung, durch die fehlenden Integrationsmöglichkeiten bedingt die niedrigsten Werte.

Werden die Produkte nach der Nutzungsphase nicht miteinbezogen (ohne End-of-Life), so sind die Beiträge von biogenen Reststoffen für den Energiebereich natürlich am geringsten (Abbildung 42). Sie erreichen die höchsten Werte mit + 20 % im Ausland-Szenario, gleich gefolgt vom vollständigen Inland-Szenario und dem optimierten Inland-Szenario. In beiden Fällen verbleiben die Ressourcen aus Koppelprodukten und Altstoffen für den Energiebereich. Gesteigertes stoffliches Altholzrecycling führt andererseits zu einer Verringerung der Potenziale um etwa 10 %.

6.1.2 Vergleich der Szenarien mit Kennzahlen

Zwecks Analyse der Effekte hinsichtlich der vorgesehenen Zielrichtungen werden die Szenarien anhand von Kennzahlen verglichen (Tabelle 23). Diese sollen Aussagen über die Tendenzen hinsichtlich Ressourceneffizienz und die Energieeffizienz sowie über die erzielbare Wertsteigerung im Inland erlauben. Als Kennzahlen werden verwendet:

- Rohstoffeffizienz – stellt die Produktmengen dem gesamten Rohstoffeinsatz inklusive Altstoffe gegenüber und drückt damit den Anteil der Wertstoffgewinnung aus den Ressourcen aus
- Rohstoffproduktivität - Relation der Produktmenge zu den eingesetzten Primärressourcen
- Energiepotenziale – potenzieller Beitrag für den Sektor Energie im Inland in MJ pro t inländischem Primärrohstoff
- Energieverbrauch – Energieeinsatz für die Produktion minus den in den Produkten enthaltenen Energiemengen als Beiträge für den Sektor Energie in MJ pro t Produkt
- Anteil Bioenergie – Anteil biogener Reststoffe am Energieeinsatz der betrachteten Industriebereiche
- Kohlenstoffintensität
 - a/ Emissionsfaktor in t CO₂ pro TJ Brennstoffeinsatz
 - b/ Emissionsintensität in t CO₂ fossil pro t Produkt
- Wertsteigerung - Verhältnis der Erlöse zu den Gesamtkosten

Tabelle 23: Vergleich der Szenarien mit Kennzahlen

	Basis ohne End-of-Life	Basismodellmit End-of-Life	Effizienz-Szenario	Altholz stoffliche Nutzung	Wiederverwendung	Zellstoff -> Ausland	Zellstoff -> Inland	Inland-Optimal-Szenario
Rohstoffeffizienz (t/t)	0,58	0,59	0,60	0,60	0,61	0,60	0,65	0,62
Rohstoffproduktivität (t/t)	0,67	0,67	0,67	0,67	0,70	0,59	0,62	0,66
Energiepotenzial (MJ/t)	0,52	6,20	6,26	5,70	5,87	8,63	5,82	5,50
Energieverbrauch - Effizienz (MJ/t)	7,40	0,58	-0,09	1,18	0,95	-2,51	0,00	1,03
Anteil Bioenergie (%)	55	55	58	55	55	40	60	60
Emissionsfaktor (t CO ₂ /TJ)	21,2	21,2	20,1	21,2	21,2	29,5	18,1	18,1
Emissionsintensität (t CO ₂ /t Prod)	0,15	0,15	0,14	0,15	0,15	0,17	0,14	0,14
Wertsteigerung (Erlöse / Kosten)	2,38	2,41	2,44	2,43	2,48	2,06	2,58	2,60

In den Abbildungen 43-45 werden die Werte dieser Kennzahlen für die einzelnen Szenarien dargestellt.

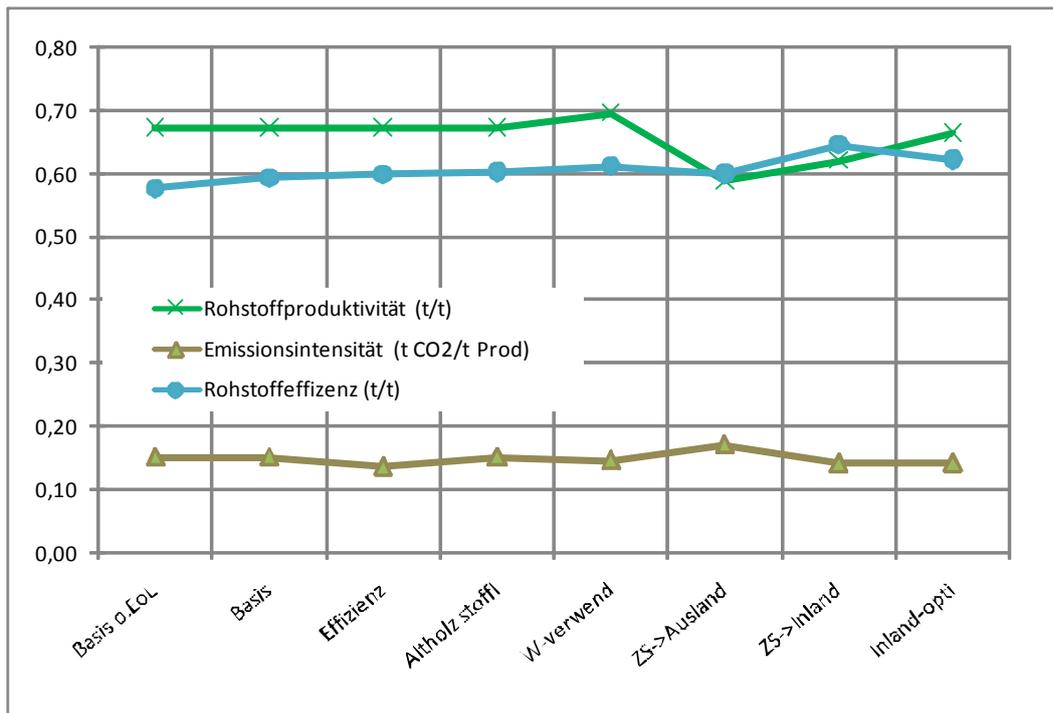


Abbildung 43: Vergleich der Szenarien mit Kennwerten, Rohstoffe, Emissionsintensität

Die Rohstoffproduktivität (Abbildung 43), die aus den gesamten Primärressourcen erhaltene Produktmenge zeigt hohe Werte in den Grundvarianten sowie in den Szenarien Effizienzsteigerung und Altholzrecycling. Den höchsten Wert weist die Wiederverwendung auf, der niedrigste Wert liegt beim Ausland-Szenario vor. Die Inland-Szenarien liegen unter den Maximalwerten, das Optimal-Szenario zeigt noch die höchsten Werte.

Die Rohstoffeffizienz (Abbildung 43), die aus dem Ressourceneinsatz erhaltenen Outputs (Produkte und SNP) steigen in der Reihenfolge der Szenarien kontinuierlich an, sie haben ihren Höchstwert bei der weitestgehenden Zellstoffintegration im Inland. Das Inland-Optimal-Szenario liegt knapp dahinter.

Die Emissionsintensität (Abbildung 43) zeigt beim Effizienz-Szenario und den Inland-Szenarien die günstigsten Werte. Auch hier liegt die Verlagerung der Zellstoffproduktion ins Ausland wegen der fehlenden Integration und dem dadurch steigenden Einsatz fossiler Energieträger und den etwas geringeren Produktmengen am schlechtesten.

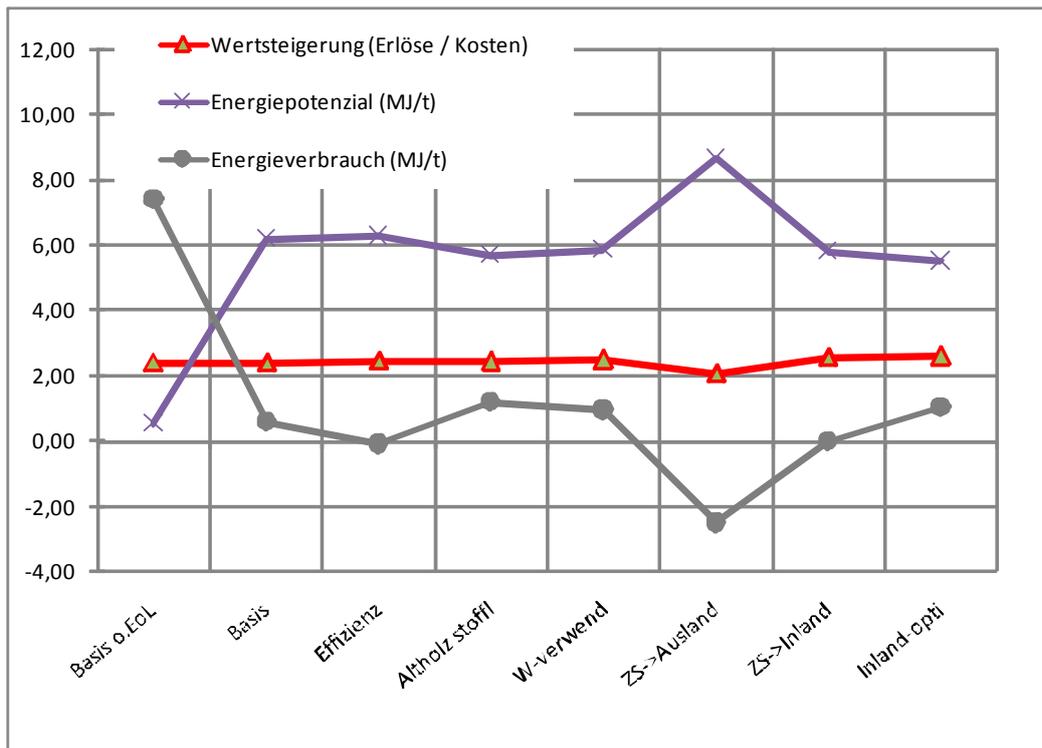


Abbildung 44: Vergleich der Szenarien mit Kennwerten, Energie und Wertsteigerung

Analog verhält sich auch die Wertsteigerung (Abbildung 44), das Verhältnis zwischen Erlösen und Kosten. Sie liegt bei den Inland-Szenarien und der Wiederverwendung am höchsten und weist bei der Auslandsverlagerung die niedrigsten Werte auf.

Wertmäßig gegenläufig aber richtungsgleich stellen sich der Verlauf der Energiepotenziale für den Sektor Energie und des Energieverbrauchs unter Berücksichtigung der Energiepotenziale dar (Abbildung 44) dar. Durch den Wegfall des SNP-Einsatzes im Inland weist hier das Ausland-Szenario die besten Werte auf. Es folgt das Effizienz-Szenario, das durch verringerten Energieeinsatz mehr Potenziale für den Energiebereich bietet. In den Inland-Szenarien liegen die Energiepotenziale niedriger. Beim Altholzrecycling und der Wiederverwendung, wie auch im Optimal-Szenario erweist sich der hohe Energieeinsatz als negativ.

Bei den Parametern der Nutzung biogener Energieressourcen in der Produktion zeigen sich wieder klar die Vorteile von Effizienz und Synergienutzung im Inland (Abbildung 45). Der Emissionsfaktor als Maß für die je Energieeinheit freigesetzte Menge an fossilem CO₂ und der Anteil Bioenergie zeigen aufgrund ihres indirekten Zusammenhangs exakt spiegelsymmetrisches Verhalten und favorisieren die Varianten verstärkter Integration im Inland. Hier kommt das Effizienz-Szenario diesen positiven Werten am nächsten.

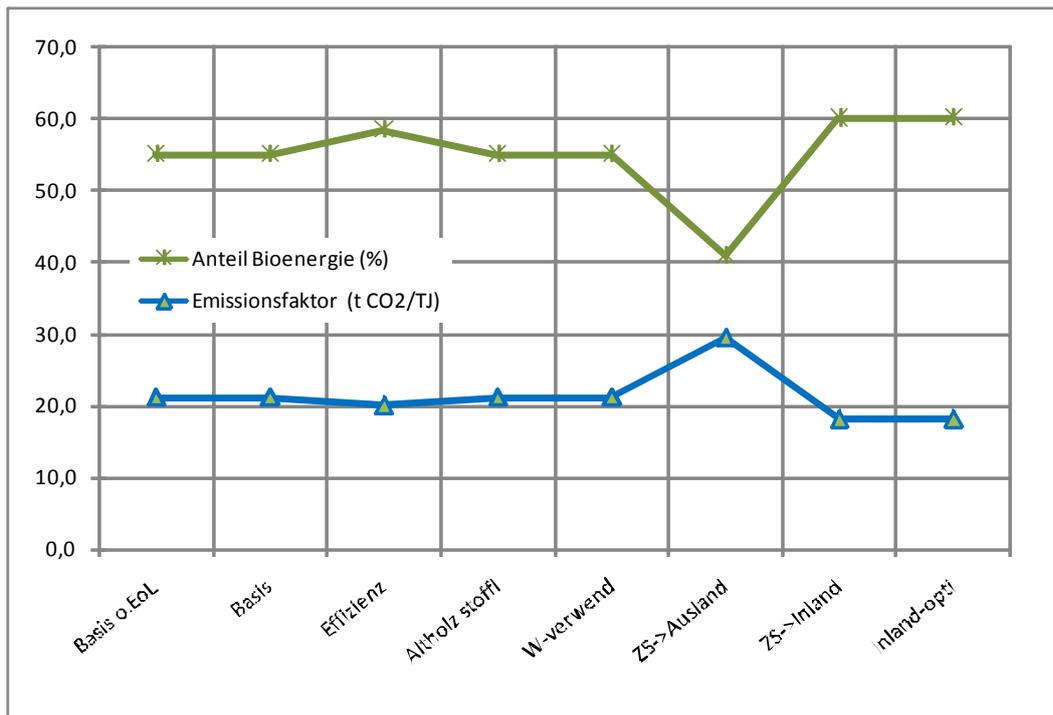


Abbildung 45: Vergleich der Szenarien mit Kennzahlen, Bioenergie

6.2 Erkenntnisse für das Projektteam

Um die wesentlichen Effekte hinter den betrachteten Entwicklungen zusammenzufassen, wurden die einzelnen Szenarien für jede Kennzahl untereinander positioniert. Hierfür wurde die Verteilung der Werte der einzelnen Varianten bei jeder Kennzahl herangezogen. Dafür wurde die Position der einzelnen Szenarien über die Distanz zum Mittelwert, normiert auf die Standardabweichung der jeweiligen Verteilung, statistisch ausgewertet. Mit dieser Vorgangsweise konnte die Abweichung vom Mittelwert für jede Verteilung intern normiert und der Einfluss unterschiedlicher Breite ausgeschlossen werden. Es erfolgte quasi ein interner Eichvorgang über die jeweilige Verteilung, sodass die erhaltenen „Standardabweichungseinheiten“ zwischen den einzelnen Parametern vergleichbar waren und mathematisch verarbeitet werden konnten.

Dadurch konnte die Position jedes Szenarios bei jeder Kennzahl über die Abweichung vom Mittelwert (in Einheiten der Standardabweichung charakterisiert werden, wobei über das Vorzeichen die Richtung bestimmt wurde).

Die Methodik unterstellt somit, dass

- der Abstand vom Mittelwert in Zielrichtung proportional dem positiven Wert
- der Abstand vom Mittelwert entgegen der Zielrichtung proportional dem negativen Wert ist.

Um die Darstellung möglichst übersichtlich zu gestalten, wurden bei den Ergebnisabbildungen die einzelnen Kennzahlen zu nachfolgenden Gruppen geclustert:

- Rohstoff – enthält die Parameter Rohstoffeffizienz, Rohstoffproduktivität und Synergiepotenzial
- Energie – enthält die Parameter Energiepotenzial und Energieverbrauch
- Emissionen – enthält die Parameter Emissionsfaktor, Emissionsintensität und Anteil Bioenergie
- Wertsteigerung – mit den Parametern Wertsteigerung und der relativen Wertsteigerung (bezogen auf den Rohstoffeinsatz)

Für jede Gruppe wurde ein Mittelwert der Einzelparameterpositionen gebildet und in einer Netzabbildung derart dargestellt, dass die positiven Bewertungen auf den Achsen außen liegen.

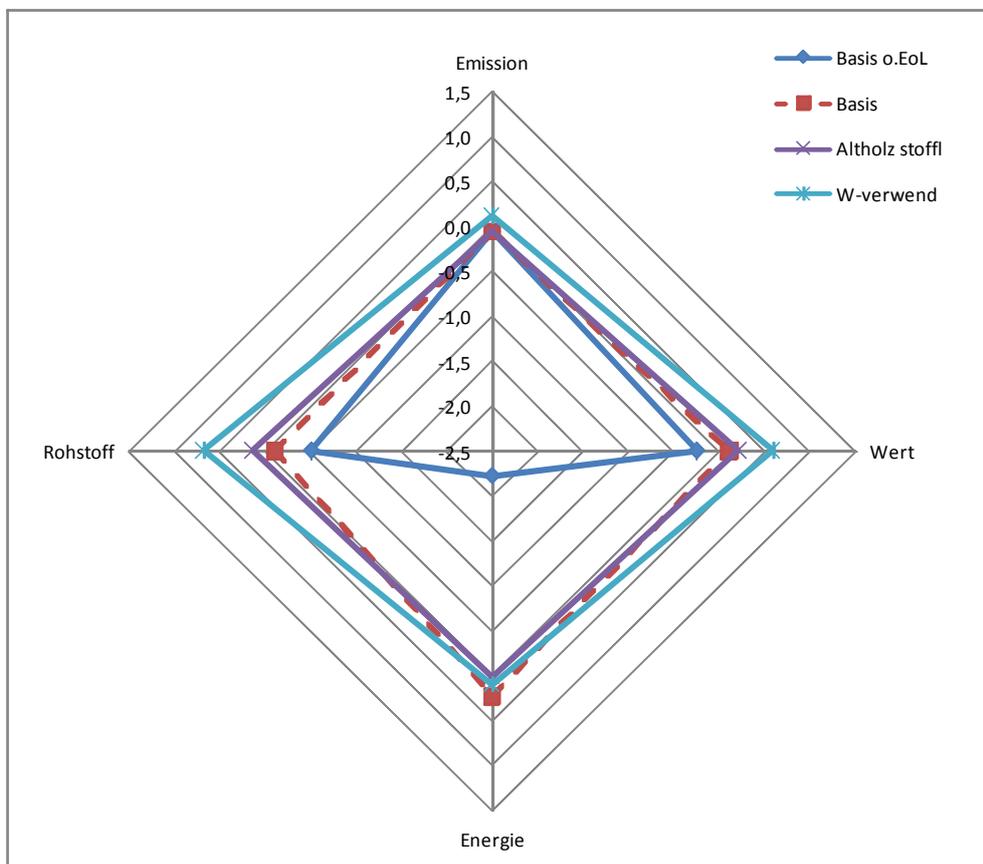


Abbildung 46: Position der Szenarien in 4-dimensionalen Netzdiagrammen (1)

In einer ersten Abbildung werden die Basisvarianten mit dem Altholz-Szenario und dem Wiederverwendungs-Szenario verglichen. Die Basisvariante weist sehr ausgeglichenen Verlauf auf und stellt bei fast allen Kennwerten mit Nullwerten quasi die Referenz dar. Bezieht man das Lebensende nicht mit ein, ergeben sich speziell bei den Energiewerten sehr schlechte Wertungen, aber auch bei Rohstoff und Wertsteigerung zeigen sich Mankos.

Die besten, d.h. die am weitesten außen liegenden Werte weist das Wiederverwendungs-Szenario auf, speziell bei Rohstoff und Wertsteigerung (siehe Abbildung 46).

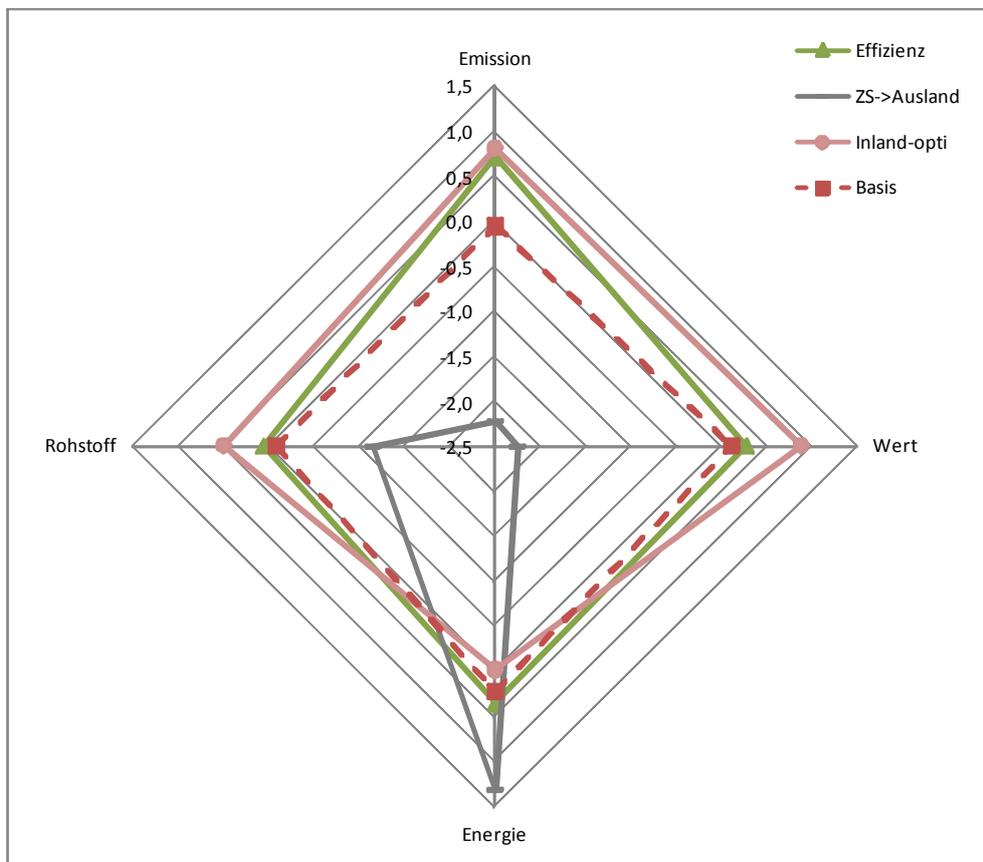


Abbildung 47: Position der Szenarien in 4-dimensionalen Netzdiagrammen (2)

Am weitesten außen und damit insgesamt am positivsten liegt letztlich das Inland-Optimal-Szenario, das nur bei der Energie, speziell der Energieträgerbereitstellung leichte Nachteile zeigt. Das Ausland-Szenario hat gerade dort seine Stärke, insgesamt aber einen sehr engen Fokus auf Energie und weist in allen anderen drei Bereichen deutliche Schwächen auf (siehe Abbildung 47).

6.3 Beschreibung der Neuerungen sowie ihrer Vorteile gegenüber dem Ist-Stand (Innovationsgehalt des Projektes)

Die Bereiche Forst, Holzverarbeitung und Plattenindustrie sowie die Papier- und Zellstoffproduktion waren über den Rohstoff Holz immer schon eng verbunden, aber erst in den letzten Jahrzehnten wurden gemeinsame Aktivitäten und Plattformen geschaffen (FHP, FTP,..). Trotz der guten Dokumentationen in diesen Bereichen gibt es bisher keine gemeinsame Datensammlung über alle Bereiche der stofflichen Nutzung von Holz.

In diesem Projekt werden - im Gegensatz zur bisherigen unabhängigen Erfassung der reinen Input- und Output-Daten - erstmals die eigentlich wichtigen Prozessschritte über funktionale Input-Output Verknüpfungen beschrieben. Dadurch werden die Daten über die einzelnen Prozessschritte wie die Umwandlung der Rohstoffe in Produkt, Energiebereitstellung und die dabei anfallenden Emissionen und Reststoffe unter Berücksichtigung der dabei eingesetzten Verfahren untereinander verknüpft, wodurch beispielsweise fehlende Übereinstimmung in den Bilanzen erkannt werden kann. Dadurch entsteht ein einheitliches Prozessmodell des Gesamtsystems der Holzverarbeitenden Industrie mit einem Detaillierungsgrad bis hinunter zu den einzelnen Hauptprozessen in den Anlagen der Betriebe.

Diese Schaffung eines konsistenten Rahmens für die Zusammenführung der Daten von Forst, Holzverarbeitung, Papierindustrie bis hin zu den Abfalldaten dieser Produkte stellt einen wesentlichen Innovationsgehalt des Projekts dar.

Bei der Arbeit mit dem Modell wurde exemplarisch aufgezeigt, wie in Szenarien zukünftige Veränderungen auf ihre Effekte untersucht und die Veränderungen hinsichtlich Wertschöpfung und Umweltcharakteristik einzelner Prozessketten, aber auch jene des Gesamtsystems dargestellt und verglichen werden können.

Dabei können sowohl technologische Verbesserungen (Veränderungen der Input-Output Charakteristik), als auch geänderte Rahmenbedingungen (z.B. Änderungen in der Rohstoffverfügbarkeit oder im Energiemix) und geänderte ökonomische Verhältnisse (z.B. Abwanderung der Zellstoffproduktion aus Österreich ins Ausland) sowie Synergien mit anderen Wirtschaftsbereichen (z.B. Verwertung von Rückständen) betrachtet werden. In beispielhaften Szenarienanalysen wurden Einflüsse und Veränderungen auf ihre Effekte geprüft, wobei einerseits die Wirkungen für die jeweilige Prozesskette, aber auch auf die anderen holzbasierten Bereiche im Rahmen des Gesamtsystems unter Betrachtung von Rohstoffkonkurrenz bzw. Synergien, etc. ermittelt werden können. Da im Modell alle relevanten Prozesse über Parameter relativ einfach verändert werden können, könnten zukünftig in einer weiteren Ausbaustufe auch konstruktive Veränderungen, die die Formgebung der Werkstoffe betreffen und eine verbesserte Ressourcennutzung versprechen, einbezogen werden.

6.4 *Ableitung von Strategieempfehlung für den Holz- und Papierbereich*

Mit dem entwickelten Prozessmodell konnten exemplarisch die Effekte einiger ausgewählter Entwicklungstendenzen in Szenarien ermittelt und die Auswirkung auf Effizienz, Wertsteigerung und Klimarelevanz bei der Nutzung des Rohstoffs Holz dargestellt werden.

Die Ergebnisse aus der Szenarienanalyse des Projekts zeigten folgende Erkenntnisse, die zur weiteren Stärkung und Weiterentwicklung der Holzwirtschaft nach den Prinzipien einer nachhaltigen Entwicklung beitragen können.

- Das Modell ist ein realistisches Abbild der aktuellen Situation und kann auf die Situation in den Betrieben eingestellt und an etwaige Veränderungen angepasst werden. Es kann die Wirkungen von Veränderung gut und plausibel darstellen, Handlungsbedarf aufzeigen und negative Nebenwirkungen erkennen lassen.
- Für die Holznutzungskette bringt größtmögliche Integration der Zellstoff- und Papierherstellung Vorteile bei der Rohstoffproduktivität, den Emissionen und der Wertsteigerung.
- Maßgebliche Potenziale liegen in den Produkten nach der Nutzungsphase. Die Einbeziehung von Altholz als Rohstoff sowie auch die Einbeziehung der Wiederverwendung von Holzprodukten und –bauteilen eröffnen wesentliche Potenziale für die stoffliche und energetische Holznutzung, wie die nachfolgende Abbildung zeigt. Sie erhöhen auch die Ressourceneffizienz und die Wertsteigerung der Forst-Holzkette.
- Steigerung der Energieeffizienz verbessert die Umweltperformance, hat auch positive Effekte auf die Wertsteigerung und trägt zur Entlastung des Rohstoffmarktes bei.

Die Abschätzung der auftretenden Effekte von Entwicklungen mit diesem Modell erlaubt die Auswirkung von Veränderungen in technologischer und struktureller Hinsicht frühzeitig zu erkennen und Maßnahmen zu ergreifen, was auch zur Sicherung der Arbeitsplätze und zur Neuschaffung von hoch qualifizierten Arbeitsplätzen beiträgt.

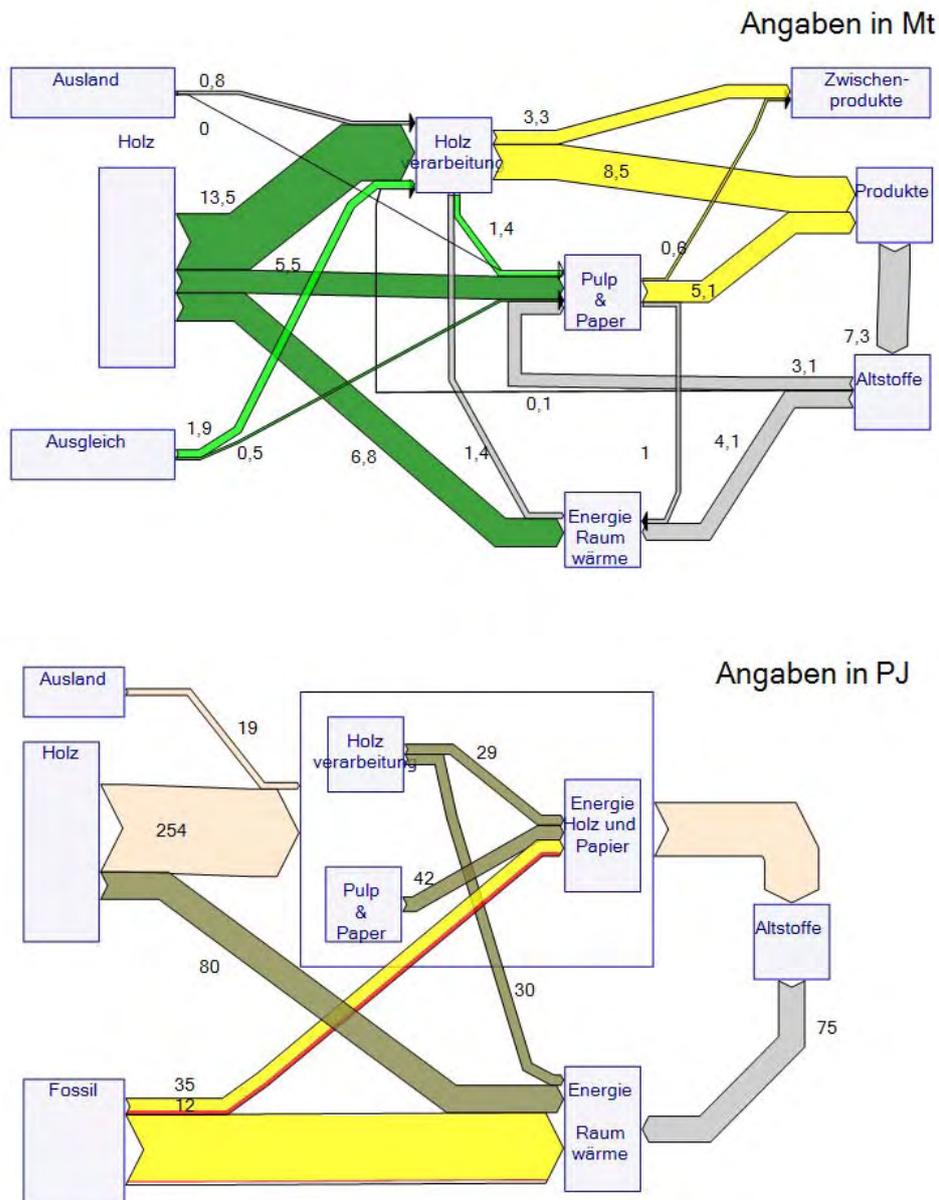


Abbildung 48: Darstellung der Bedeutung der Altstoffe für die stoffliche Verwertung und den Energiebereich am Beispiel des Inland-Optimal-Szenarios

6.5 Beitrag zu den Zielen der 5. Ausschreibung

Bedingt durch die hohe volkswirtschaftliche Bedeutung der heimischen Forst- und Holzwirtschaft sowie der Papierherstellung sind deren zukünftige Entwicklung von besonderer Bedeutung, zumal diese auch in strukturschwachen Gebieten operiert. Industriepolitische und betriebswirtschaftliche Entscheidungen in der Branche haben dadurch enorme gesellschaftspolitische und volkswirtschaftliche Auswirkungen.

Zukünftig wird die Nachhaltigkeit von (Holz-) Produkten das entscheidende Kriterium sein, um am Markt erfolgreich zu sein. Die Marktchancen sind umso Erfolg versprechender, je nachhaltiger die Produkte sind, wobei die effiziente Nutzung der Ressourcen ein Eckpfeiler ist. Man kann davon ausgehen, dass die direkte thermische Verwertung in den industrialisierten Ländern regional zu einer Verknappung beim Rohstoff Holz beitragen wird. Die effiziente Nutzung des Rohstoffs Holz ist damit eine der wesentlichen derzeitigen Herausforderungen, deren Lösung auch zu klaren Marktvorteilen führen wird. Das Optimum zwischen betrieblichen Synergien und kaskadisch nutzbaren Produkten zu finden, sind wesentliche Anforderungen der Zukunft, die die Marktchancen maßgeblich beeinflussen und direkt den Zielen der Programmlinie entsprechen.

Ein wesentlicher Beitrag zum Gesamtziel der Programmlinie ist die Möglichkeit des Modells, Wege für die Holznutzungskette aufzuzeigen, die Ressource Holz ressourceneffizient, mit Beitrag zum Klimaschutz und mit hoher Wertsteigerung zu nutzen. Das Aufzeigen der Beiträge der stofflichen Holznutzung für den Energiesektor im Sinne einer kaskadischen Nutzungskette war ein Schwerpunkt der Betrachtungen und ist in den Zielgrößen abgebildet.

6.6 Beschreibung der Umsetzungs-Potenziale (Marktpotenzial, Verbreitungs- bzw. Realisierungspotential) für die Projektergebnisse.

Mit Bezug auf den Grundlagencharakter des Projekts (Grundlagenforschung) wurden und werden weiterhin die Ergebnisse der interessierten Fachöffentlichkeit vorgestellt, um daraus wirtschafts- und industriepolitische Entscheidungen ableiten zu können. Es wird auch versucht, das Modell sowohl wirtschaftspolitischen Entscheidungsträgern, Interessensvertretungen der Industrie sowie interessierten Wirtschaftspartnern anzubieten.

Es ist vorgesehen (bzw. sind bereits Gespräche erfolgt), verschiedenste Interessensgruppen (z.B. Wirtschaftsverbände etc.) entsprechend zu informieren und auch die Ergebnisse über diese gezielt an die jeweils interessierten Personenkreise zu bringen. Durch die Mitwirkung der fachbezogenen Universitätsinstitute werden Teilergebnisse auch direkt in die universitäre Lehre übergeleitet werden, bzw. bestimmte daraus ableitbare Themen und Aspekte in Seminaren und Workshops mit den Studierenden - als den Entscheidungsträgern der Zukunft - bearbeitet werden.

Speziell die Energieziele der EU sowie die nationalen Anstrengungen diese zu erreichen (wie die 20-20-20 Ziele) werden zur weiteren Konkurrenz und Verknappung der biogenen Ressourcen am Rohstoffmarkt führen. Die Auswirkungen des Biomasseaktionsplans wurden bereits von Schwarzbauer und Stern (2008) untersucht. Nach den Ergebnissen würden die Sägeindustrie zu den Gewinnern, die Platten- und die Papierindustrie zu den Verlierern einer Biomasseenergiepolitik gehören, da mit einer Kostenerhöhung und einem Produktionsrückgang zwei negative Effekte zusammenfallen. Es wird gefolgert, dass für den

zusätzlichen Bioenergiebedarf eine weitere Mobilisierung des Holzpotenzials notwendig wäre. Derartige Veränderungen hätten wesentliche Auswirkungen auf die gesamte Holznutzungskette, wie bereits aus den ersten Ergebnissen der Szenarienanalyse sichtbar wurde. Eine konkrete Verfolgung dieser ökonomischen Veränderungen hinsichtlich der Konkretisierung der Umwelt- und Ressourceneffekte ist gemeinsam mit den Autoren der angesprochenen Studie vorgesehen.

7 Ausblick und Empfehlungen

7.1 *Wie arbeitet das Projektteam mit den erarbeiteten Ergebnissen weiter?*

Das im Rahmen des Projekts entwickelte Modell hat in den betrachteten Szenarien seine Tauglichkeit erwiesen, zukünftige technologische Veränderungen bzw. geänderte Rahmenbedingungen auf ihre Effekte zu untersuchen und die Auswirkungen auf Wertschöpfung und Umweltcharakteristik darzustellen und zu vergleichen. Die untersuchten relativ einfachen Szenarien dienten vor allem zu einer ersten Demonstration der Möglichkeiten des Modells. Weitere Szenarienrechnungen, beispielsweise auch in Teilabschnitten des Modells, sind in Zukunft in Zusammenarbeit mit den Verbänden der betrachteten Fachbereiche geplant. In Zusammenarbeit mit den relevanten Fachleuten könnten auch konstruktive Veränderungen hinsichtlich der Formgebung der Werkstoffe bzw. verbesserter Ressourcennutzung auf ihre Effekte geprüft werden, um diese für etwaige Umsetzung zu kennen und gegebenenfalls bei Auftreten von negativen Nebeneffekten bereits im Voraus darauf reagieren zu können. Gemeinsam mit Betrieben aus den betrachteten Sektoren könnten Pilotprojekte zur Berechnung des Carbon Footprint durchgeführt und Möglichkeiten für maßgebliche Verbesserungen dieses Kennwerts erarbeitet sowie Empfehlungen für die Anwendung der Berechnungsmethodik in einem Handbuch zusammengestellt werden.

Die Projektergebnisse sollen auch dazu beitragen, Strategien für zielgerichtete Entwicklungen der betrachteten Industriebereiche der Holzverarbeitung abzuleiten und Umsetzungspläne zu formulieren. Durch die Mitwirkung der fachbezogenen Universitätsinstitute können in weiterer Folge die Erkenntnisse auch direkt in die universitäre Lehre übergeleitet werden.

Die Erfahrungen aus den betrachteten Szenarien sollen an die die Fachbereiche weitergegeben werden, wobei speziell die Diskussion der nachfolgend beschriebenen Entwicklungen hinsichtlich ihrer Auswirkungen vorgesehen ist und die Möglichkeiten von Strategien besprochen werden sollen.

7.1.1 Relevante Technologieentwicklungen und Verbesserungspotenziale im Holzbereich

7.1.1.1 Veränderungen in der Sägetechnologie

Der klassische Sägeeinschnitt ist im Durchschnitt (in Abhängigkeit von Stammform, Stammdurchmesser und Schnittbild) durch folgende Kennzahlen charakterisiert: Ausbeute

an Schnittholz 50 – 60%, Anteil an Sägespänen 10 – 15%, Anteil an Schwarten bzw. Hackgut 20 – 25%. Ein technologisch völlig neuer Aufschluss des Rohholzes könnte den Anteil der Sägespäne und des Hackgutes praktisch auf Null setzen. Dadurch würde sich die Menge an Sägenebenprodukten deutlich verringern. Andererseits würde weniger Rohholz benötigt, welches allerdings für die Zellstoffherstellung dann als Industrierundholz bereit gestellt werden müsste.

7.1.1.2 Spanplatte

Holzwerkstoffe/Spanplatte – Spanplatten werden derzeit mit einer Rohdichte von 600 – 650 kg/m³ produziert. Neue Technologien der Spanaufbereitung, Beleimung etc. könnten bei etwa gleichen mechanischen Kennwerten etwa 25 – 30% an Rohstoff einsparen.

7.1.1.3 Brettschichtholz / Brettsperrholz

Bei der Produktion von Brettschichtholz (BSH) ergeben sich durch die Hobelung der Lamellen auf der Breitseite sowie des fertigen Trägers erhebliche Verluste durch Hobelung. Bei neuen Technologien (z.B. verleimfähige Lamellenoberfläche) könnten dabei 15 – 20 % an Holz eingespart werden, die derzeit als Hobelspäne anfallen.

Mit dem Brettsperrholz (kreuzweise verleimte Brettlamellen zu flächigen Bauteilen) hat sich in den letzten Jahren ein neues Holzbauprodukt etabliert. Bei einer Produktionsmenge von ca. 260 000 m³ Brettsperrholz im Jahr 2009, kann man von einem echten Marktdurchbruch sprechen und für die nächsten Jahre ist der Ausbau von weiteren Kapazitäten in Österreich geplant. Damit wird zusätzlich zum bereits sehr hohen Bedarf an Rohlamellen (Schnittholz) für Brettschichtholz ein zusätzlicher Bedarf an geeigneten Rohlamellen (Schnittholz) für Brettsperrholz entstehen.

7.1.1.4 Verbesserung in der Sortierung

Durch die Absortierung bereits dimensionsmäßig vorgegebener Schnitthölzer in schlechtere Sortierklassen im Verlauf der Prozesskette erfolgt eine Abwertung des Holzes. Ein, die spätere Verwendung des Holzes besser einzubeziehendes, „vorausschauendes“ Sortiersystem (siehe Teischinger, 2003), könnte diese Sortierverluste erheblich reduzieren. Ebenso würde eine Modularisierung der Dimensionen der Schnitthölzer diesem flexibleren Sortiersystem entsprechen (Verminderung der Wertverluste im Bereich von 3 – 10 % und mehr)

7.1.1.5 Zusammenfassung der Innovationsrichtungen

Nachfolgend wird das Innovationspotenzial für die wichtigsten Prozess-Schritte der stofflichen Nutzung für Massivholz und Holzverbundwerkstoffe zusammengefasst. Die mögliche Veränderung in der Holzbranche und das darauf abgeleitete Innovationspotenzial umfasst dabei folgende Bereiche (vgl. auch Richter, 2009):

- Rohstoffkonkurrenz und –verknappung – einerseits wird eine Steigerung des Holzertrags durch waldbauliche Maßnahmen, Klimaänderung etc. (z.B. Erhöhung des

Laubholzanteils) angestrebt, aber auch die Einbeziehung neuer Rohstoffquellen wie Altholz und pflanzlicher Rohstoffe aus der Landwirtschaft
=> Änderung des Rohstoffangebots wird in Zukunft notwendig sein. Das hat vielfache Rückwirkungen auf die einzelnen Prozesse und ihre Vernetzung. Bei alternativen Rohstoffen ist natürlich auch die Konkurrenz zu den bisherigen Nutzungen bzw. die Auswirkungen auf die Natur zu untersuchen.

- Technologieänderungen – einerseits beim Sägeeinschnitt aber auch durch
 - + neue mechanische Aufschlussverfahren von Holz,
 - + Technologieänderungen der Weiterverarbeitung von Massivholz (z.B. verleimfähige Holzoberfläche im Sägeeinschnitt)
 - + neue Prozesse und Produkte im Bereich der Holz(verbund)werkstoffe (Engineered Wood Products/EWP)

=> sie alle lassen eine deutliche Veränderung im Anfall von SNP erwarten
- Neue Fertigungstechniken und konstruktive Veränderungen
 - + Technologien und Produkte auf Basis von Werkstoffverbunden (Hybridwerkstoffe),
 - + neue Fertigungskonzepte in den einzelnen Prozessketten wie z.B. mass customization, product configuration etc.,
 - + optimale Formgebung zur Funktionsoptimierung von Holz und Holzwerkstoffen unter Einsatz moderner Konstruktionsverfahren und bionischer Techniken,
 - + Modifikation von Holz und Holzwerkstoffen (hinsichtlich Farbgestaltung und Erhöhung der Dauerhaftigkeit etc.)
 - + neue Holzoberflächen und optisches Erscheinungsbild von Massivholz und Holzwerkstoffen (z.B. durchgefärbtes Holz, Farbmodifikation und Farbstabilität, neue Beschichtungsverfahren und Oberflächenverbunde etc.)
 - + Neue Verbindungs-, Füge- und Fertigungstechniken für Bauteile für tragende und nicht tragende Zwecke
 - + neue Holzbausysteme und damit verbundene Technologien und Fertigungstechniken (Vorfertigung, Baustellenmanagement, etc.)

=> diese Entwicklungen werden zu besserer Funktionalität und zu geringerem spezifischen Holzeinsatz führen
- Integrierte Raffineriekonzepte für Agrotreibstoffe der 2. Generation und Holzverzuckerung, sie liefern neue Rohstoffe durch die grüne Bioraffinerie (Basischemikalien und Feinchemikalien etc.)
=> sie vermeiden Nutzungskonkurrenz von stofflicher und energetischer Nutzung von Holz und erlauben die verstärkte Nutzung der Produkte nach dem Holzraffineriekonzept, werden andererseits aber zu verstärkte Holznachfrage führen und die Rohstoffkonkurrenz verstärken

Die genannten Veränderungen und Innovationspotenziale wirken auf die bestehenden Prozessketten, die Umweltcharakteristik einzelner Prozessketten und der damit verbundenen Produkten sowie auf das Gesamtsystem. Es ist vorgesehen diese Tendenzen mit den

Fachbereichen zu besprechen und die Veränderungen innerhalb und zwischen den einzelnen Prozessketten mit dem Modell darzustellen. Hierbei werden auch Fragen der Wertschöpfung u.a. volkswirtschaftlicher Indikatoren wie sie bei TEISCHINGER (2009) diskutiert und bei SATHRE et al. (2009) modelliert werden, einbezogen.

Diese Arbeiten sollten infolge der engen Vernetzung der Bereiche des holzbasierten Sektors auch weiterhin in enger Zusammenarbeit aller Interessenspartner erfolgen.

7.1.2 Technologieentwicklungen und zukünftige Verbesserungspotenziale in der Zellstoff- und Papierproduktion

Viele der Prozesse der Papierherstellung beinhalten Potenziale zur Energie- und Rohstoffeinsparung, wobei jeweils eine Technologieanpassung vorgenommen werden müsste:

7.1.2.1 Chemischer Aufschluss (Zellstoffproduktion)

Um die Holzfasern chemisch aus dem Holz zu lösen, werden die Hackschnitzel unter Druck gekocht (je nach Sulfit- oder Sulfatzellstoff werden unterschiedliche Kochchemikalien eingesetzt). Das zwischen den Fasern liegende Lignin der Mittellamelle wird dabei gelöst und zusammen mit der Kochflüssigkeit nach dem Kochen abgeführt. Außerdem werden Lignin und teilweise auch Hemicellulosen in der Faserwand gelöst. Dieser Vorgang ist prinzipiell erwünscht, da Lignin zu einer schnelleren Papieralterung und zu einer geringeren Papierfestigkeit führt. Allerdings gehen dabei bei der Herstellung von Zellstoffen für die Papierproduktion knapp 50 % der Holzmasse in Lösung, die Ausbeute ist also im Vergleich zum Holzschliff (knapp 100 % Ausbeute) gering. Das gelöste Lignin wird anschließend gemeinsam mit der Dicklauge im Laugenkessel verbrannt, dadurch wird Energie für die Papiererzeugung gewonnen, und die Chemikalien aus der Kochlauge können zurückgewonnen werden. Eine stoffliche Weiterverwendung des Lignins anstelle der rein thermischen könnte zu einer Erhöhung der Wertschöpfung führen. Erste halbtechnische Anlagen zur Schwarzlaugevergasung wurden bereits in Betrieb genommen und bieten das Potenzial einer Steigerung des energetischen Nutzungsgrades bzw. die Möglichkeit zur Herstellung von Biotreibstoffen (FT-Kraftstoffe, DME). Ligninsulfonate aus der Sulfit-Zellstoffproduktion werden in geringem Ausmaß stofflich genutzt. Die Anteile an C5 und C6 Zuckern in der Ablauge stellen darüber hinaus ein Potenzial für die Gewinnung von Bioethanol dar. Bei der Herstellung von Chemiezellstoffen (deutlich geringere Ausbeuten als bei der Zellstoffherstellung für die Papierproduktion) werden bereits heute Xylose, Furfural und Essigsäure produziert. Diverse Extraktstoffe bieten weitere vielfältige Möglichkeiten zur stofflichen Nutzung von Holzbestandteilen.

7.1.2.2 Mechanischer Aufschluss

Der Energiebedarf zur mechanischen Zerfaserung von Holz in Schleif- bzw. Refinerverfahren zur Herstellung von sogenannten Holzstoffen (SGW..stone ground woud, PGW... pressure

ground wood, TMP...thermo mechanical pulp) ist mit 1000 – 3000 kWh/t Faserstoff sehr hoch. Andererseits ist Holzstoff aufgrund der hohen Ausbeute an Faserstoff und aufgrund der positiven Beeinflussung von Papiereigenschaften wie Volumen und Opazität ein interessanter Rohstoff für die Papierherstellung. Diverse Forschungsprojekte (z.B. EU-Projekt ECOTARGET) hatten und haben das Ziel, den Energiebedarf deutlich (30%) zu reduzieren, wobei vor allem die Optimierung des Zerfaserungsvorganges selbst als auch enzymatische Vorbehandlungsverfahren im Zentrum des Interesses stehen. Mittels enzymatischer Verfahren wird auch versucht, die Bindefähigkeit von Holzstoffen zu erhöhen.

Refining: Die Mahlung des Zellstoffs ist mit einem Bedarf von 100 – 300 kWh/t Faserstoff ein sehr energieintensiver Prozess, sie ist allerdings nötig, um die geforderten Papierfestigkeiten zu erreichen. Forschungsarbeiten zu Energieeinsparungsmöglichkeiten werden laufend durchgeführt, so soll zum Beispiel durch die Zugabe von CMC vor der Mahlung der Energiebedarf deutlich gesenkt werden können. Weiters könnte die Mahlenergie reduziert werden, indem die Papierfestigkeit durch gezielte chemische Modifikation der Zellstofffasern gesteigert wird Neben chemisch-physikalischen Möglichkeiten zur Reduktion des Mahlenergiebedarfs liegt der Schwerpunkt auf maschinellen Verbesserungen im Bereich Mahlplattendesign bzw. im Verfahren selbst (z.B. „cylindrical refiners“ zur Reduktion der Leerlaufleistung, Kompressionsmahlung ...).

7.1.2.3 Papiermaschine:

Die technologischen Entwicklungen im Bereich der Papiermaschinen selbst haben neben Produktivität und Produktqualität vor allem die Reduktion des spezifischen Energiebedarfs zum Ziel. Es gelang in den letzten Jahren die Entwicklung der Produktion vom Strombedarf und somit auch von den fossilen CO₂-Emissionen zu entkoppeln (Abbildung 49).

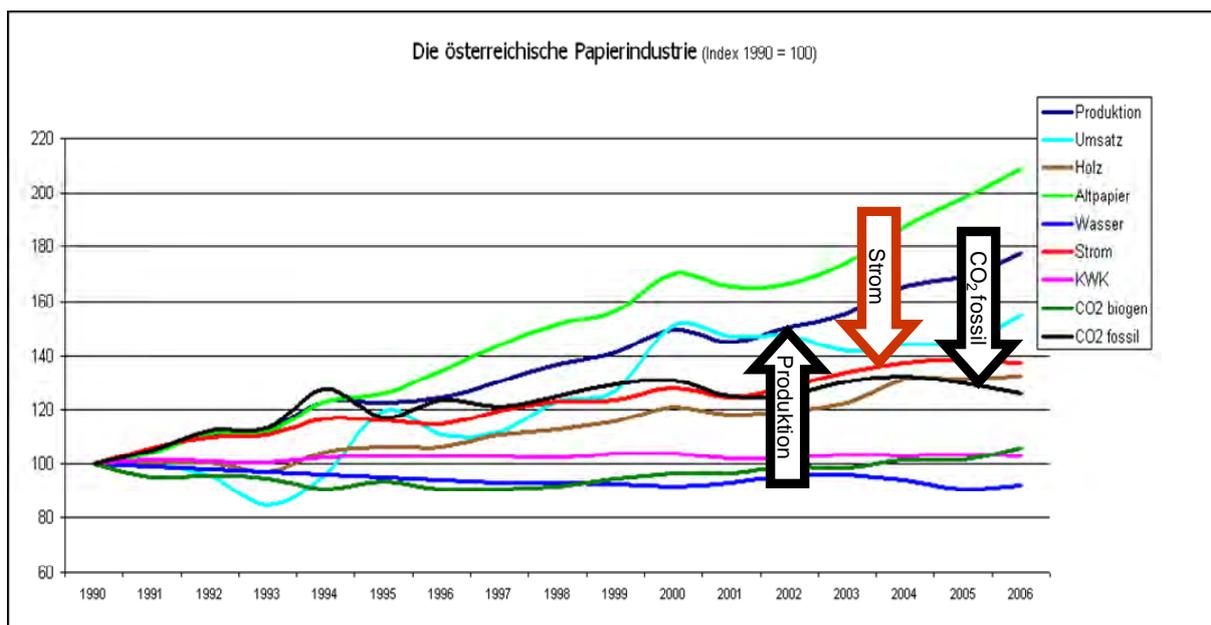


Abbildung 49: Entwicklung Produktion, Rohstoff-, Strombedarf und CO₂-Emissionen der Österreichischen Papierindustrie 1990-2006 (AUSTROPAPIER, 2008)

Diese Reduktion des spezifischen Energiebedarfs war nicht so sehr das Ergebnis eines Entwicklungssprungs in einem bestimmten Bereich der Papierherstellung als vielmehr das Resultat einer Vielzahl von Optimierungsschritten in allen Bereichen, wobei vor allem die Trockenpartie, die Antriebstechnik und das Vakuumsystem als Haupt-Energieverbraucher im Fokus stehen. Es ist zu erwarten, dass sich diese kontinuierliche technologische Weiterentwicklung auch in den nächsten Jahren weiter fortsetzen wird, wobei Energieeinsparung zukünftig weiter an Bedeutung gewinnen wird. Ein radikaler Technologieschritt ist in den nächsten Jahren im Bereich der Papierherstellung nicht zu erwarten. Hinsichtlich des Rohstoffeinsatzes besteht neben dem verstärkten Altpapiereinsatz auch der Trend zu immer höheren Anteilen an mineralischen Füllstoffen (v.a. Calciumcarbonat).

7.1.2.4 Altpapiereinsatz:

Bei der Aufbereitung von Altpapier entfallen die Prozessschritte des chemischen oder mechanischen Aufschlusses von Holz. Die Altpapieraufbereitung umfasst folgende Prozesse:

- Stofflösen
- Reinigung und Sortierung
- Deinking (optional)
- Dispergieren (optional)
- Bleiche (optional)

Der vermehrte Einsatz von Altpapier ist ein deklariertes Ziel der europäischen Papierindustrie und bietet neben ökologischen auch ökonomische Vorteile. Allerdings ist eine Zellstofffaser nicht unbegrenzt rezyklierbar, also wird immer ein Teil an "Frischfasern" eingesetzt werden müssen um den Recyclingkreislauf aufrecht zu erhalten. Weiters ist zu beachten, dass dem Altpapiereinsatz bei bestimmten Sorten (z.B. holzfreie Papiere) durch die Anforderungen an das Produkt gewisse Grenzen gesetzt werden. Um den verstärkten Einsatz von Altpapier zu ermöglichen, existieren auch eine Vielzahl von Projekten/Initiativen zur Verbesserung der Altpapierqualität, beginnend bei Kooperationen mit Druckmaschinen-, Druckfarben- und Klebstoffherstellern (Sicherstellung recyclingfähiger Technologien), über Verbesserungen in den Altpapieraufbereitungstechnologien bis hin zur Entwicklung chemisch-physikalisch-enzymatischer Verfahren zur Faserbehandlung („fibre revival“).

Andererseits besteht ebenso wie im Bereich Holz auch im Bereich Altpapier der Wettbewerb zwischen stofflicher und energetischer Nutzung, der auch zu einer Reduktion des Altpapiereinsatzes in der Papierherstellung führen könnte.

7.1.2.5 Zusammenfassung der Innovationsrichtungen

Sämtliche die unter dem weiten Begriff „Holz-Bioraffinerie“ laufende Entwicklungen haben das Potenzial einer erweiterten stofflichen bzw. teils auch energetischen Nutzung von Holzbestandteilen im Rahmen der Zellstoffproduktion und könnten in Zukunft auch wesentlich zur Wertschöpfung dieser Industrie beitragen. Dementsprechend intensiv wird dieser Themenkreis aktuell beforscht.

Aufgrund der Vielzahl der unterschiedlichen technologischen Ansätze, des Standes der Entwicklung in den einzelnen Bereichen und des Komplexitätsgrades war es nicht möglich, derartige Entwicklungen in das entwickelte Prozessmodell bereits zu diesem Zeitpunkt zu integrieren. Das Modell stellt jedoch eine sehr gute Basis dafür da, in zukünftigen Projekten unterschiedliche holzbasierte Bioraffinerie-Konzepte mit zu berücksichtigen und deren Auswirkung auf das Gesamtsystem zu beurteilen.

Die Erhöhung der Effizienz und die Verringerung des Energieeinsatzes, wie sie bei Aufschluss und Papiermaschinen verfolgt wird, ist analog den Annahmen im Effizienz-Szenario zu sehen. In der Weiterführung wären hier Konkretisierungen bei den einzelnen Prozessen, eventuell auf Ebene der Betriebe vorgesehen.

Für den Altpapiereinsatz scheinen speziell die Qualitätsaspekte, bzw. die möglichen Reaktionen auf Veränderungen und die Konkurrenz zur energetischen Verwertung wesentlich für weitere Betrachtungen.

Die Auswirkung der genannten Veränderungen und Innovationspotenziale auf die bestehenden Verfahren, die Umweltcharakteristik, die damit verbundenen Produkte und die Wertschöpfung sollen in enger Zusammenarbeit mit dem Fachverband Austropapier besprochen werden. Das erarbeitete Modell ist entsprechend zu erweitern, um die Veränderungen innerhalb und zwischen den einzelnen Prozessketten mit dem Modell darstellen zu können. Diese Arbeitsschritte sollen auch weiterhin in enger Kooperation der Projektpartner erfolgen, um so der engen Vernetzung des holzbasierten Sektors über die Rohstoffpotenziale zu entsprechen. In weiterfolgenden Arbeiten sollte das Projektkonsortium nach Möglichkeit erweitert werden, um alle aktuellen und potentiellen Nutzer des Rohstoffes „Holz“ zu umfassen (z.B. rein thermische/energetische Holznutzung, Biorefinery-Konzepte).

7.2 *Für welche anderen Zielgruppen sind die Projektergebnisse relevant und interessant und wer kann damit wie weiterarbeiten?*

Das Modell soll zukünftig Entscheidungsgrundlagen für eine Neu- und Umgestaltung bestimmter Prozess- und Produktketten in der Wertschöpfungskette Forst-Holz-Papier liefern. Es soll die Strategieentwicklung für zielgerichtete Entwicklungen der betrachteten Industriebereiche der Holzverarbeitung und die Formulierung von Umsetzungsplänen

unterstützen. Diese trägt mit 3 - 4 % zum Bruttoinlandsprodukt bei und ist damit eine der größten Sparten der heimischen Sachgüterproduktion und ist auch europaweit von großer Bedeutung.

Da Entscheidungen über neue Wertschöpfungsketten oft von einem enormen Risiko getragen sind, sollen die Ergebnisse der Modellrechnungen hier einen weitgehenden Schutz oder zumindest Vorwarnungen vor nicht beabsichtigten negativen Nebenwirkungen speziell bei veränderten Rahmenbedingungen bieten.

7.3 *Wo liegen die Chancen / Schwierigkeiten / Risiken bei der Realisierung / Umsetzung der Empfehlungen*

Die Projektergebnisse zeigen klar die Potenziale der biogenen Produkte hinsichtlich der Möglichkeiten einer Kaskadennutzung unter Einbeziehung der Produkte nach ihrem Lebensende. Sie stellen eine große Ressource (Sekundärrohstoffe) für die stoffliche und die energetische Nutzung dar. Allerdings sind die Mengen noch nicht einheitlich erfasst, es gibt auch noch kein Modell, mit dem der Anfall an Mengen nach Qualitäten für die nächsten Jahre abgeschätzt werden kann. Daher ist keine gezielte Ressourcenplanung für den Einsatz dieser Ressourcen möglich, - eine diesbezügliche Modellierung des erweiterten Anfalls an holzbasierten Sekundärrohstoffen wäre daher dringend nötig.

Die Vorteile der größtmöglichen Integration der Zellstoff- und Papierherstellung sind in der Branche bekannt und wurden auch bereits im Projekt „Papierindustrie 2030“ aus der Progammlinie „Fabrik der Zukunft“ erarbeitet. Schwierig ist es allerdings diese Integration angesichts der Holdingzugehörigkeit der wesentlichen Zellstoffbetriebe umzusetzen. Infolge vergleichsweise hoher Rohstoff- und Energiekosten in Österreich im Vergleich zu z.B. den südamerikanischen Schwellenländern oder in Russland bzw. bedingt durch weitere Standortnachteile für die Zellstoffproduzenten in Österreich/Europa (z.B. durch das Emissionshandelssystem der EU) liegt eine Tendenz zur Abwanderung der Zellstofferzeugung aus Österreich/Europa vor. Dann würden vor allem die nicht integrierten Papierhersteller in Österreich verbleiben, was sich negativ auf die Ressourceneffizienz und die fossilen Emissionen auswirken würde.

Die Steigerung der Energieeffizienz ist andererseits an allen energieintensiven Standorten in kontinuierlicher Weiterentwicklung. Hier werden weitere Energiepreissteigerungen zur Aktualität der Verbesserungen beitragen. Wenn allerdings die Verbesserungspotenziale ausgeschöpft sind werden klare Standortnachteile bei Preissteigerungen verbleiben und zu einer Verstärkung der Abwanderungstendenz führen. Es wäre aber der falsche Weg, die Grundstoffindustrie aus Europa zu vertreiben - überall anders würde mit weit höheren Emissionen produziert, und die hinter den Produkten stehenden Belastungen würden ansteigen.

Das Modell bildet ein realistisches Abbild der aktuellen Situation und Veränderungen bei den Betrieben können nachgestellt werden. Es kann die Wirkungen von Veränderung gut und plausibel darstellen, helfen sinnvolle Entwicklungsrichtungen zu identifizieren und unbeabsichtigte negative Nebenwirkungen zu erkennen.

7.4 *Potential für Demonstrationsvorhaben*

Wie die Arbeiten von MANTAU (2007) an einer „Wood Resource Balance“ für Deutschland zeigen, ist die Erstellung einer passenden Gesamtbilanz für die Beurteilung der aktuellen Situation und für die Entwicklung von Strategien wesentlich. Hierfür ist ein vorhandenes Modell des Material und Energieflusses, speziell wenn es funktionale Verknüpfungen der Prozesse beinhaltet ein sehr wichtiger Beitrag. Ein derartiges Gesamtmodell ermöglicht die Konsistenzprüfung vorhandener Daten aus verschiedenen Quellen. Diese Herausforderung der Prüfung der Übereinstimmung der Daten auf Technologie- und Anlagenebene mit den Branchendaten und nationalen Berichten war bis jetzt nur unzureichend möglich, es verblieben häufig Lücken zwischen der Aufkommens- und der Einsatzseite der Daten. Das erstellte Modell stellt nun eine derartige Gesamtbilanz dar und zeigte bereits auch erste Ergebnisse, wie die fehlende Übereinstimmung der Altholzeinsatzanteile mit dem Altholzanfall und den stofflichen Verwertungsquoten.

Wie sich zeigte, können mit den Ergebnissen der Szenarien des Prozessmodells wesentliche Trends von Veränderungen bei anzunehmenden Entwicklungen erkannt werden. Die sich aus den Szenarien bei geänderten Rahmenbedingungen der Nutzung von forstlicher Biomasse für die Herstellung von Werkstoffen ergebenden Effekte können zum Erkennen der wesentlichen Richtungen hinsichtlich Ressourceneffizienz, der ökologischen Aspekte und der erzielten Wertschöpfung genutzt werden. Das Modell bietet damit die Möglichkeit, die Auswirkungen von Technologieentwicklungen und Strukturänderungen auf die Umweltcharakteristik und die Wertschöpfung einzelner Prozessketten, aber auch des Gesamtsystems, abzuschätzen und Maßnahmen zielgerichtet und effektiv zu setzen.

7.5 *Empfehlungen für weiterführende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten*

Die allgemeine gesellschaftspolitische und auch fachspezifische Nachhaltigkeitsstrategie fördert die effiziente und schonende Nutzung nachwachsender Rohstoffe und den verstärkten Einsatz CO₂ sparender (bzw. CO₂ bindender) Produkte und Technologien. Allerdings wird der Aspekt der Klimavorsorge im Hinblick auf den Wald und die Holzprodukte noch zu wenig diskutiert bzw. findet diese Thematik Niederschlag in entsprechenden ordnungspolitischen Vorgaben. Dennoch ist vor allem die langfristige Kohlenstoff bindende Wirkung von langlebigen Holzprodukten (primär der Einsatz von Holz im Bauwesen) durch verschiedene Studien (TAVERNA et al., 2007; Anon., 2006) ausführlich dokumentiert.

Eine verstärkte Nutzung von Holz im Bauwesen ist jedoch bereits allgemein beobachtbar und wird auch in verschiedenen Studien (z.B. TEISCHINGER et al. ,2008) eindeutig nachgewiesen. Gerade die vorhin zitierte Studie "Holzbauanteil in Niederösterreich" (Teischinger et al., 2008) zeigt auch die Notwendigkeit von Innovationen, Technologieanpassungen und Entwicklung völlig neuer Technologien im Bereich der Verwendung von Holz und Holzwerkstoffen im Bauwesen.

Vor dem Hintergrund der begrenzten fossilen Ressourcen und der damit zu erwartenden Preissteigerungen im energetischen und stofflichen Bereich kommt den nachwachsenden Rohstoffen (mit Holz als mengenmäßig sehr wichtige Rohstoffquelle) in Zukunft eine besondere Rolle zu, wobei Technologie und Produktentwicklung diesem Nachholbedarf und dem Zukunftspotenzial gerecht werden müssen. Diese setzt wiederum verschiedene Triebkräfte für Innovationsprozesse voraus, die entsprechend freigesetzt werden müssen. Dazu gehört auch ein verstärktes Zusammenwirken von interdisziplinär zusammengesetzten Teams aus Werkstoffwissenschaft, Materialtechnologie, Bau- und Ingenieurwesen, Produktdesign, Stoffstrom- und Materiallogistik usw. Auch Entwicklungen in der Architektur, der Gebäudesanierung, der Raumplanung etc. sind hier von großer Bedeutung. Neben dem verstärkten Einsatz von Holz in den traditionell entwickelten Einsatzgebieten (bestimmte Bereiche des Bauwesens, Möbelbau etc.) sind dabei auch neue (oder wieder zu gewinnende) Einsatzbereiche zu finden bzw. unter den sozioökonomischen Rahmenbedingungen zu gewinnen.

Im Bereich der Papier- und Zellstoffindustrie sind in diesem Zusammenhang vor allem Holz-Bioraffineriekonzepte von sehr großem Interesse, wobei neben den energetischen Aspekten vor allem aber die stofflichen Möglichkeiten dieser Konzepte untersucht werden sollten. auch in diesem Zusammenhang bietet das entwickelte Modell eine sehr gute Basis, um nach entsprechender Implementierung neuer Prozessketten die Auswirkungen dieser Prozesse auf das Gesamtsystem abschätzen zu können.

Die Nutzung bzw. die Freisetzung dieses Zukunftspotenzials der nachwachsenden Rohstoffe betrifft u.a. auch das fachspezifische Ausbildungswesen im Bereich Holz und Papier, die universitären und außeruniversitären Forschungsaktivitäten (inklusive Stimulierung der Aktivitäten) wie den damit verbundenen Technologietransfer. Hinsichtlich der besonderen Triebkräfte für Innovationen im Bereich der Holzwirtschaft ist ein erstes Screening von Teischinger (2010) in Vorbereitung. Eine zusammenfassende Übersicht über die Innovationstrends in der Papierindustrie wurde in einer Veröffentlichung von Bauer (2009) gegeben.

Das im Projekt entwickelte Modell bildet in der vorliegenden Version bereits die Zusammenhänge der österreichischen Holz- und Papierwirtschaft realistisch und detailliert ab. Im Zuge weiterer Arbeiten sollte der im Modell bestehende hohe Detaillierungsgrad dazu genutzt werden, mit den einzelnen Branchenvertretern die jeweiligen implementierten Parameter zu prüfen und auf Optimierung zu prüfen. In weiterfolgenden Arbeiten sollte der Kreis der Projektpartner erweitert werden, um alle aktuellen und potentiellen Nutzer des Rohstoffes „Holz“ zu umfassen.

In diesem Projekt wurden einige exemplarische Szenarien entwickelt und getrennt voneinander modelliert, wobei auch dabei schon Wechselwirkungen zwischen der Holzverarbeitung und der Papierherstellung dargestellt werden konnten. Zur Berechnung des monetären Werts ist zu erwähnen, dass dieser inputseitig (Kosten) über die Rohstoff- und Energiepreise berechnet wurde, outputseitig (Erlöse) über die Preise der Produkte. Abschreibungen, Personalkosten, Transportkosten etc. wurden nicht berücksichtigt. Weiters ist der Aspekt der Arbeitskräfte im Modell derzeit nicht implementiert, hier wäre in weiterer Folge zu prüfen, in welcher Form diese miteinbezogen werden könnten.

In einem weiteren Schritt müssen die Inhalte dieser Szenarien in geeigneter Weise zusammengeführt werden, um die Gesamtwirkung einer integrierten Politik, die sich aus Effizienzsteigerungen, Veränderungen des Konsums zusammensetzt und gegebenenfalls um andere politische Instrumente ergänzt wird, nachzeichnen zu können. Dabei sind gemeinsam mit Fachleuten plausible Größenordnungen an Veränderungen auszuloten, die eine Nachhaltigkeitspolitik anstreben sollte. Schließlich wäre zu untersuchen, welche konkreten politischen Maßnahmen in Österreich getroffen werden könnten, um die in den Szenarien herausgearbeiteten positiven Effekte zu erreichen.

Zukünftige Veränderungen durch forcierte Bioenergienutzung, wie im Biomasseaktionsplan Österreichs vorgesehen hätten wesentliche Auswirkungen auf die gesamte Holznutzungskette. Die konkrete Verfolgung dieser Veränderungen im Sinne der Konkretisierung der Umwelt- und Ressourceneffekte wäre unter Zusammenführung der Erfahrungen von SCHWARZBAUER und dem Kompetenzzentrum Wood-K+ sinnvoll.

7.6 Resümee hinsichtlich der Ziele, die in dem Projekt verfolgt wurden - Darstellung, ob und wie diese erreicht wurden.

Im Rahmen des Projekts konnte wie vorgesehen ein Modell erstellt werden, das die gesamte Holzverarbeitung und die Zellstoff- und Papierherstellung gemeinsam abbildet und mit welchem in Szenarien zukünftige Entwicklungen auf ihre Auswirkungen auf wesentliche Leistungsparameter untersucht werden können.

Damit konnte das angegebene Projektziel erreicht werden, allerdings mit wesentlich höherem Aufwand als ursprünglich angenommen. Im Gegensatz zur bisherigen unabhängigen Erfassung der reinen Input- und Output-Daten von Holzströmen beschreibt das erstellte Modell alle wichtigen Prozessschritte über funktionale Input-Output Verknüpfungen. Zu Projektbeginn waren die Datenbeschaffung sowie das Ziehen von Systemgrenzen für ein wirkungsvolles Prozessmodell herausfordernd. Die angestrebte detaillierte Betrachtung brachte großen Aufwand für die Datenerfassung, der anfänglich zu zeitlicher Verzögerung führte.

Schwierigkeiten in der Datenerhebung ergaben sich vor allem dadurch, dass einige Unternehmen aus Wettbewerbsgründen zur Weitergabe der detaillierten Prozessdaten nicht bereit waren. In diesen Fällen wurden die die Hauptprozesse dieser Unternehmen analog zu

Prozessen von Firmen mit gleichem/ähnlichem Produktportfolio und gut dokumentierten Prozessdaten modelliert. Dies war sicher mit ein Grund, dass die Ergebnisse der Modellierung auf der höchsten Modellebene nicht exakt mit den Daten des Fachverbands bzw. den aggregierten Daten aus der Erhebung bei Austropapier übereinstimmten (siehe dazu auch Kapitel 3.7). Andere Unternehmen wiederum stimmten der Datenweitergabe erst nach Rücksprache im Konzern zu, was teils zu zeitlichen Verzögerungen von mehreren Wochen führte. Durch diese Verzögerung wurde mit dem strukturellen Aufbau des Modells bereits parallel begonnen.

In Folge musste das Modell durch die hohe Zahl an Verarbeitungsschritten für die Holzverarbeitung und für die Papier- und Zellstoffherstellung getrennt aufgebaut werden. Auch auf dieser Aggregatstufe war durch das oftmalige Verschachteln der Pläne ein Vergleich der Flusswerte mit statistischen Angaben kaum mehr möglich. So konnte erst nach Fertigstellung der beiden Prozessmodelle eine Verifizierung der Werte vorgenommen werden. Abweichungen mit Branchenberichten und Energiebilanzen wurde dann Schritt für Schritt nachgegangen und auf Fehler im Modell hin untersucht. Meist waren Abweichungen von Dichten bzw. Wassergehalten die Ursache. Diese mussten in mühevoller Kleinarbeit in jedem einzelnen Flussdatensatz korrigiert werden, sodass sich der benötigte Arbeitsaufwand als wesentlich höher als ursprünglich eingeschätzt, herausstellte. Auch die Zusammenführung der beiden doch in der Struktur etwas abweichend von einander aufgebauten Prozessmodelle (Holzverarbeitung und Papierherstellung) erwies sich schwieriger als im Antragsstadium angenommen. Einerseits soll auf oberster Ebene möglichst jede Veränderung sichtbar und auf ihre Ursache hin erkennbar sein, auf der anderen Seite musste die hohe Zahl an In- und Outputs so zusammengefasst werden, dass die wesentlichen Flüsse überhaupt darstellbar sind.

Dadurch liegt nun ein einheitliches Prozessmodell für die gesamte holzverarbeitende Industrie (Holzverarbeitung und Papierherstellung) vor. Es setzt bei der Entnahme aus dem Forst an, geht über die einzelnen Verarbeitungsprozesse, die den Detaillierungsgrad bis hinunter zu den einzelnen Hauptprozessen in den Anlagen der Betriebe aufweisen, bis hin zum Produkt unter Berücksichtigung der End-of-Life Optionen. Ohne derzeit die Nutzungsphase mit einzubeziehen, werden die möglichen Verwertungen nach dem Lebensende der Produkte im Modell berücksichtigt. Damit wurde auch ein konsistenter Rahmen für die Zusammenführung der Daten von Forst, Holzverarbeitung, Papierindustrie bis hin zu den Abfalldaten dieser Produkte geschaffen. Im Zuge des Projekts wurden auch fehlende Übereinstimmungen der Daten erkannt, die nun mit den jeweiligen Stellen besprochen und abgeglichen werden sollen. Auch die Auswertung und Schlussfolgerungen waren durch die detaillierte Betrachtung im Modell wesentlich aufwändiger als geplant.

Die beiden Teilmodelle Holzverarbeitung und Papierherstellung wurden mit den Daten der Verbände und Daten von Statistik Austria verifiziert. Dabei konnte bei den wesentlichen Flüssen gute Übereinstimmung gefunden werden. Zu Abweichungen kam es in einigen Fällen durch Zusammenführung von mehreren Flüssen unterschiedlicher Qualitäten bzw. unterschiedlicher Feuchten, diese wichen zum Teil von den dokumentierten Werten ab, was

durch teilweise fehlende Daten einzelner Betriebsprozesse begründet ist. Dies beeinträchtigt aber in keiner Weise die Funktionalität des Modells, die fehlenden Daten können, sobald verfügbar, nachgetragen werden.

In Anwendung des Modells wurde exemplarisch aufgezeigt, wie in Szenarien zukünftige Veränderungen auf ihre Effekte untersucht und die Veränderungen der Leistungs- und Umweltcharakteristik des Gesamtsystems dargestellt und verglichen werden können. Die Ergebnisse scheinen plausibel, sie wurden mit verschiedenen Darstellungen untereinander verglichen und auf Aussagen hin mit Kennzahlen und Netzdarstellungen ausgewertet.

Die Ergebnisse zeigten die nachfolgenden Schwerpunkte für die zukünftigen Entwicklungsrichtungen:

- Verstärkte Integration zwischen Zellstoff und Papierherstellung bringt hohe Rohstoffeffizienz und Wertschöpfung, trägt aber auch zur Reduktion der fossilen Emissionen in der Papierherstellung bei.
- Steigerung der Energieeffizienz verbessert erwartungsgemäß die Umweltperformance, hat auch positive Effekte auf die Wertsteigerung und trägt zur Entlastung des Rohstoffmarktes bei
- Verstärkte stoffliche Nutzung von Altstoffen bringt in Form der Wiederverwendung von Produkten speziell in der Holzverarbeitung Wertschöpfungs- und Effizienzpotenziale
- Die Einbeziehung des Lebensendes der Produkte ist für die Ressourcenverfügbarkeit wesentlich, im Altholz liegen maßgebliche Potenziale auch für den Energiebereich. Im Altpapierbereich ist die stoffliche Wiederverwendung bereits sehr stark ausgeprägt und hier ist darauf zu achten, dass die hohen Altpapiereinsatzquoten gehalten und evt. noch leicht ausgebaut werden können.

Mit dem Modell steht nun ein Werkzeug zur Verfügung um technologische Verbesserungen, geänderte Rahmenbedingungen (z.B. Änderungen in der Rohstoffverfügbarkeit oder im Energiemix) und geänderte strukturelle Verhältnisse (z.B. Abwanderung der Zellstoffproduktion aus Österreich ins Ausland) sowie Synergien mit anderen Wirtschaftsbereichen (z.B. Verwertung von Rückständen) zu untersuchen. Spezifische Szenarienrechnungen, sind in Zukunft in Zusammenarbeit mit den Verbänden der betrachteten Fachbereiche geplant.

8 Literaturverzeichnis

- ANON., Tackle Climate Change - Use Wood, CEI-Bois, 2006
- AUSTROPAPIER: Die österreichische Papierindustrie 2007. Jahresbericht 2007. Austropapier, Wien, 2007
- BAUER, W.: Neue Ideen - In welche Richtung gehen die Aktivitäten und Überlegungen in der Forschung und Entwicklung der Papier- und Zellstoffindustrie. Papier aus Österreich, Nr.2, S.30-31, 1011-0186, 2009
- EBNER, G.; Bewährungsjahr 2010. Brettsperrholz – ein Produkt wird erwachsen, Holzkurier 48, S. 9-10; 2009
- HEINRICH, KOPETZ; Die vermeidbare Energiekrise, Österreichischer Biomasse-Verband, Wien, 2010
- HUBER, WOLFGANG; Metastudie zur Mobilisierung von Holzreserven aus dem österreichischen Kleinwald, S. 19ff; in: LIGNOVISIONEN Band 17. Universität für Bodenkultur Wien; 2007
- KALTSCHMITT, MARTIN; Energie aus Biomasse – Grundlagen, Techniken und Verfahren, Springer Verlag, Berlin, 2009
- MANTAU et al.; Wood resources availability and demands -implications of renewable energy policies; UNECE/FAO, 2007
- MERL, ADOLF DANIEL; HUMAR, MIHA; OKSTAD, TORBJORN; PICARDO, VALEZ; RIBEIRO, ALEXANDRA; STEIERER, FLORIAN, Amounts of recovered wood in COST E31 Countries and Europe, in: 3rd European COST E31 Conference. Management of Recovered Wood, Proceedings, S. 80-93; University Studio Press, Klagenfurt; 2007
- NAIR, RAMACHANDRAN; Classification of agroforestry systems, in: MacDicken KG and Vergara NT (Hrsg.): Agroforestry Classification and Management, S 31-34; John Wiley & Sons, New York; 1990
- OBERNOSTERER, RICHARD; JUNGMEIER, GERFRIED; ZIEGLER, RAIMUND; KROPFITSCH, GERALD; BRANDT BERND; MERL, ADOLF DANIEL; KALTENEGGER JOSEF; KOCHER GENOVEVA; REITBAUER, JOACHIM; A substance flow and stock analysis approach towards definition of sustainable design criteria for wooden products, in: 3rd European COST E31 Conference. Management of Recovered Wood, Proceedings, S. 279; University Studio Press, Klagenfurt; 2007
- ÖNORM DIN 4074: Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit
- ÖNORM EN 14081-1 Holzbauwerke - Nach Festigkeit sortiertes Bauholz für tragende Zwecke mit rechteckigem Querschnitt - Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- ÖNORM EN 14081ff: Holzbauwerke – nach Festigkeit sortiertes Bauholz für tragende Zwecke
- Österreichische Holzhandelsusancen 1973; Bundesholzwirtschaftsrat, Wiener Börsekammer (Hrsg.); Verlag der Wiener Börsekammer, Wien, 1985
- RICHTER, KLAUS; Perspektiven der stofflichen Verwendung von Holz, S. 697-714. In: THEES, OLIVER; LAMM, RENATO; Management zukunftsfähige Waldnutzung, vdf Hochschulverlag an der ETH Zürich, Zürich, 2009
- SCHWANER, KURT (Hrsg.), Zukunft Holz - Querschnittsbericht und Entwicklungspotenziale;

Institut für Holzbau, Hochschule Biberach, 2009

- SCHWARZBAUER, PETER; Die österreichische Forst-, Holz und Papierwirtschaft. Größenordnungen – Strukturen – Veränderungen, in: Ergebnisse zum Projekt "Technologie-Roadmap für Holz in Österreich, LIGNOVISIONEN, Band 23, Universität für Bodenkultur Wien; 2009
- STOCKINGER, KURT; Agroforstwirtschaft in Österreich; Diplomarbeit Universität für Bodenkultur; Wien; 2001
- SUHONEN, T.: World Paper Markets 2020, Know-How Wire. [e-journal]. January 2006, JaakkoPöyry Consulting. Helsinki, Finland, 2006
- TAVERNA, RUEDI; HOFER, PETER; WERNER, FRANK; THÜRIG, ESTHER; CO₂-Effekte der Schweizer Wald- und Holzwirtschaft - Szenarien zukünftiger Beiträge zum Klimaschutz; Umwelt-Wissen Nr. 0739, Bundesamt für Umwelt, Bern, 2007
- TEISCHINGER, ALFRED; Holzbauanteil in Niederösterreich, in: LIGNOVISIONEN Band 21. Universität für Bodenkultur Wien; 2008
- TEISCHINGER, ALFRED; Ressourcenverknappung in der Holzwirtschaft als Herausforderung für Technologie und Innovation, in: LIGNOVISIONEN Band 15. Universität für Bodenkultur Wien; 2007
- TEISCHINGER, ALFRED;– The forest-based sector Value chain – a tentative study, Lenzinger Berichte 87, S. 1-10, ISSN 0024-0907, 2009
- TEISCHINGER, ALFRED; TIEFENTHALER, BRIGITTE; Zukunftsideen für Forst - Holz - Papier. Ergebnisbericht des Projektes "Technologie - Roadmap für Holz in Österreich, in: LIGNOVISIONEN Band 23. Universität für Bodenkultur Wien; 2009
- TEISCHINGER, ALFRED; Vollholz; in: Pierer HELMUT: Handbuch Holzbau. S. 29-38; Österreichischer Agrarverlag, Wien; 2000
- WINANDY, JERROLD E.; Rudie, ALAN W.; Williams, R. SAM; Wegner, THEODORE H.; Integrated Biomass Technologies: A Future Vision for Optimally Using, Forest Product Journal Volume 58, S. 9 ;2008

Internetquellen

- BMLFUW, Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2006, <http://www.bundesabfallwirtschaftsplan.at/filemanager/download/16804> (abgerufen 23.11.2009; 9:15),
- BMLFUW, 2009, Holz- und Biomasseaukommensstudie bestätigt bedeutendes Potenzial in Österreich, <http://forst.lebensministerium.at/article/articleview/73756/1/1463> (abgerufen 18.11.2009; 15:20).
- DEIM, FERDINAND SIMON; GROISS, RUTH ELVIRA; LIEBHARD, PETER; Rechtliche Grundlagen zur Holzproduktion im Kurzumtrieb in Österreich. In: Online Fachzeitschrift des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Jahrgang 2008, <http://www.laendlicher-raum.at/filemanager/download/38122/>, (abgerufen: 23.11.2009; 12:48)
- DEUTSCHMANN, Mario; Allgemeine Ausführungen laut Forstgesetz (ForstG) zusammengestellt von Mario Deutschmann, Land&Forstbetriebe Österreich (<http://www.landforstbetriebe.at/>):
- DUPRAZ, CHRISTIAN. et al., 2005, Silvoarable Agroforestry for Europe (SAFE): SAFE Final Report, <http://www1.montpellier.inra.fr/safe/english/results/final-report/SAFE%20Final%20Synthesis%20Report.pdf> (abgerufen: 23.11.2009; 14:58)

- FHP Kooperationsplattform Forst Holz Papier, Bewirtschaftung von Kurzumtriebsflächen, Wien, 2007,
<http://www.forstholzpapier.at/getfile.php?filename=eX+ImIGnpbGtpqqknJyamKmfIKOkZ6aWmQ>, (abgerufen: 23.11.2009; 8:10)
- Forest-Based Sector Technology Plattform a); A strategic Research Agenda for Innovation. Competitiveness and Quality of Life, Brussels, 2006,
http://www.forestplatform.org/easydata/customers/ftp/files/pdf/SRA_FTP_Final.pdf (abgerufen am 14.12.2009, 14:06)
- Forest-Based Sector Technology Plattform b); Nationale Forschungsagenda für den waldbasierten Sektor in Österreich. Wien 2008.
http://www.forestplatform.org/easydata/customers/ftp/files/New_files/NRA_austria_webversion.pdf (abgerufen am 14.12.2009, 14:10)
- FORST; <http://forst.lebensministerium.at/article/articleview/73756/1/1463>
- HOFMANN, MARTIN; Bewirtschaftung schnellwachsender Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen im Kurzumtrieb. Merkblatt 11, Forschungsinstitut für schnellwachsende Baumarten Hann Münden, 1998; http://www.herzo-agenda21.de/_PDF/pflanzen.pdf, (abgerufen: 23.11.2009; 10:53)
- NREL; (<http://www.nrel.gov/biomass/biorefinery.html>)
- Österreichisches Forstgesetz 1975, Bundesgesetzblatt Nr. 440/1975, in der Fassung BGBl. I Nr. 83/2004, http://www.parlament.gv.at/PG/DE/XXIV/ME/ME_00038/pmh.shtml, (abgerufen: 23.11.2009; 11:20)
- SCHADAUER, KURT, 2008, Biomassenstudien in Österreich - Erste Versuche und endgültige Aussagen, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW),
http://www.oebf.at/fileadmin/user_upload/Forschung/Praesentationen_Forschungstag/Vortrag_Schadauer.pdf. (abgerufen: 18. November 2009; 14:45)
- STERN, Tobias, Schwarzbauer, Peter, Oberwimmer Roland; Holzmarktstudie für Rumänien und Österreich – Analyse der zukünftigen Nachfrage nach Holz und Holzprodukten für Rumänien und Österreich, S. 26f; Kompetenzzentrum Holz GmbH, 2007; http://www.woodkplus.at/core/include/downdatei.php?in_intnr=638&Table=inhalt&Field=in_down, (abgerufen: 19.11.2009; 16:17)

Anhang

Normenliste Holz

ÖHHU Österreichische Holzhandelsusancen

ÖNORM EN 1927-1: Qualitäts-Sortierung von Nadel-Rundholz - Teil 1: Fichten und Tannen

ÖNORM EN 1927-2: Qualitäts-Sortierung von Nadel-Rundholz - Teil 2: Kiefern

ÖNORM EN 1927-3: Qualitäts-Sortierung von Nadel-Rundholz - Teil 3: Lärchen und Douglasie

ÖNORM EN 1316-1: Laub-Rundholz - Qualitäts-Sortierung - Teil 1: Eiche und Buche

ÖNORM EN 1316-2: Laub-Rundholz - Qualitäts-Sortierung - Teil 2: Pappel

ÖNORM EN 1316-3: Laub-Rundholz - Qualitative Klassifizierung - Teil 3: Esche und Ahornarten

ÖNORM EN 1315-1: Dimensions-Sortierung - Teil 1: Laub-Rundholz

ÖNORM EN 1315-2: Dimensions-Sortierung - Teil 2: Nadel-Rundholz

ÖNORM EN 844-1: Rund- und Schnittholz-Terminologie-Teil 1: Gemeinsame allg. Begriffe über Rund- u Schnittholz

ÖNORM EN 844-2: Rund- und Schnittholz - Terminologie - Teil 2: Allgemeine Begriffe über Rundholz

ÖNORM EN 844-3: Rund- und Schnittholz - Terminologie - Teil 3: Allgemeine Begriffe über Schnittholz

ÖNORM EN 844-4: Rund- und Schnittholz - Terminologie - Teil 4: Begriffe zum Feuchtegehalt

ÖNORM EN 844-5: Rund- und Schnittholz - Terminologie - Teil 5: Begriffe zu Maßen von Rundholz

ÖNORM EN 844-6: Rund- und Schnittholz - Terminologie - Teil 6: Begriffe zu Maßen von Schnittholz

ÖNORM EN 844-7: Rund- und Schnittholz - Terminologie - Teil 7: Begriffe zum anatomischen Aufbau von Holz

ÖNORM EN 844-8: Rund- und Schnittholz - Terminologie - Teil 8: Begriffe zu Merkmalen von Rundholz

ÖNORM EN 844-9: Rund- und Schnittholz - Terminologie - Teil 9: Begriffe zu Merkmalen von Schnittholz

ÖNORM EN 844-10: Rund- und Schnittholz - Terminologie - Teil 10: Begriffe zu Verfärbung und Pilzbefall

ÖNORM EN 844-11: Rund- und Schnittholz - Terminologie - Teil 11: Begriffe zum Insektenbefall 1998-07-01 aktuell

ÖNORM EN 844-12: Rund- und Schnittholz - Terminologie - Teil 12: Zusätzliche Begriffe und allgemeiner Index

ÖNORM EN 1611-1: Schnittholz - Sortierung nach dem Aussehen von Nadelholz -
Teil 1: Europ. Fichten, Tannen, Kiefern, Douglasie und Lärchen
ÖNORM EN 1611-2: Nadelschnittholz - Sortierung nach dem Aussehen -
Teil 2: Qualitätssortierung von europäischer Fichte und Tanne
ÖNORM EN 1611-3: Nadelschnittholz Sortierung nach Aussehen - Teil 3: Qualitäts-
Sortierung von Europ. Kiefern
ÖNORM EN 975-1: Schnittholz - Klassifizierung nach dem Aussehen für Laubholz - Teil
1: Eiche und Buche
ÖNORM EN 975-2: Schnittholz - Sortierung nach dem Aussehen von Laubholz - Teil 2:
Pappel
ÖNORM EN 942: Holz für Tischlerarbeiten - Allgemeine Klassifizierung der Holzqualität
ÖNORM B 4100-1: Holzbau - Holztragwerke - Teil 1: Kurzzeichen, Symbole,
Plandarstellung
ÖNORM B 4100-2: Holzbau - Holztragwerke - Teil 2: Berechnung und Ausführung
ÖNORM L1021 "Vermessung von Rundholz"
ÖNORM DIN 4074-1: Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit - Teil 1:
Nadelschnittholz
ÖNORM EN 14081-1: Holzbauwerke - Nach Festigkeit sortiertes Bauholz f.
tragende Zwecke m. rechteckigem Querschnitt - Teil 1: Allg. Anford.
ÖNORM M 7133: Holzhackgut für energetische Zwecke - Anforderungen und
Prüfbestimmungen
ÖNORM M 7135: Presslinge aus naturbelassenem Holz oder naturbelassener Rinde -
Pellets und Briketts -
Anforderungen und Prüfbestimmungen
DIN 51731: Prüfung fester Brennstoffe - Presslinge aus naturbelassenem Holz -
Anforderungen und Prüfung
Kooperationsabkommen FPP: Richtlinien zur Anwendung der Gewichtsvermessung von
Industrieholz
Wassergehalt:
DIN 51718: Prüfung fester Brennstoffe - Bestimmung des Wassergehaltes und der
Analysenfeuchtigkeit
DIN 52183: Prüfung von Holz - Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes
Papierholz Austria: Holzübernehmerichtlinien - Punkt 2 Industriehackgut
Heizwert und Aschegehalt:
DIN 51900: Prüfung fester und flüssiger Brennstoffe Teil 1 bis Teil 3
ÖNORM EN 14298: Schnittholz - Ermittlung der Trocknungsqualität
DIN EN 13353: Massivholzplatten (SWP) - Anforderungen
DIN 68283: Parkett-Rohfriesen aus Eiche und Rotbuche

Hobelware

<http://vehu.org/images/content/pdfs/vehgueterichtlinied.pdf>

Verein europäischer Hobelwerke (VEH): Güterichtlinien für Hobelwaren (Profilholz)

VEH A 100% A

VEH Top 60% A

VEH AB 30% A

VEH B 100% B

ÖNORM EN 14343 (Schiffböden)

ÖNORM EN 14915 (Profilbretter für Wand / Decke)

ÖNORM EN 14080: Holzbauwerke - Brettschichtholz - Anforderungen

ÖNORM EN 390: Brettschichtholz - Maße - Grenzabmaße

Europalette (UIC-Norm 435/2)

DIN 15 146

DIN EN 13353: Massivholzplatten (SWP) - Anforderungen

ÖNORM EN 13489: Holzfußböden (einschließlich Parkett) - Produktnorm -
Mehrschichtparkett

ÖNORM EN 13990: Holzfußböden - Massive Nadelholz-Fußbodendielen

EN 312-1: Allgemeine Anforderungen an alle Plattentypen

EN 312-2: Anforderungen an Platte für allgemeine Zwecke zur Verwendung im
Trockenbereich.

EN 312-3: Anforderungen an Platte f. Inneneinrichtungen (einschließlich Möbel) z. Verw.
im Trockenbereich.

EN 312-4: Anforderung an Platten für tragende Zwecke zur Verwendung im
Trockenbereich.

EN 312-5: Anforderung an Platten für tragende Zwecke zur Verwendung im
Feuchtbereich.

EN 312-6: Anforderungen an hochbelastbare Platten für tragende Zwecke im
Trockenbereich.

EN 312-7: Anforderungen an hochbelastbare Platten für tragende Zwecke zur
Verwendung im Feuchtbereich.

Qualitätsklassen für Rest- und Althölzer

Q1 Naturbelassene Rest- und Althölzer

Q2 Rinde

Q3 Bindemittelhaltige und halogenfrei beschichtete Rest und Althölzer (Spanplatten ect.)

Q4 Oberflächenbehandelte Rest- und Althölzer

Q5 Teerölimprägnierte Rest- und Althölzer

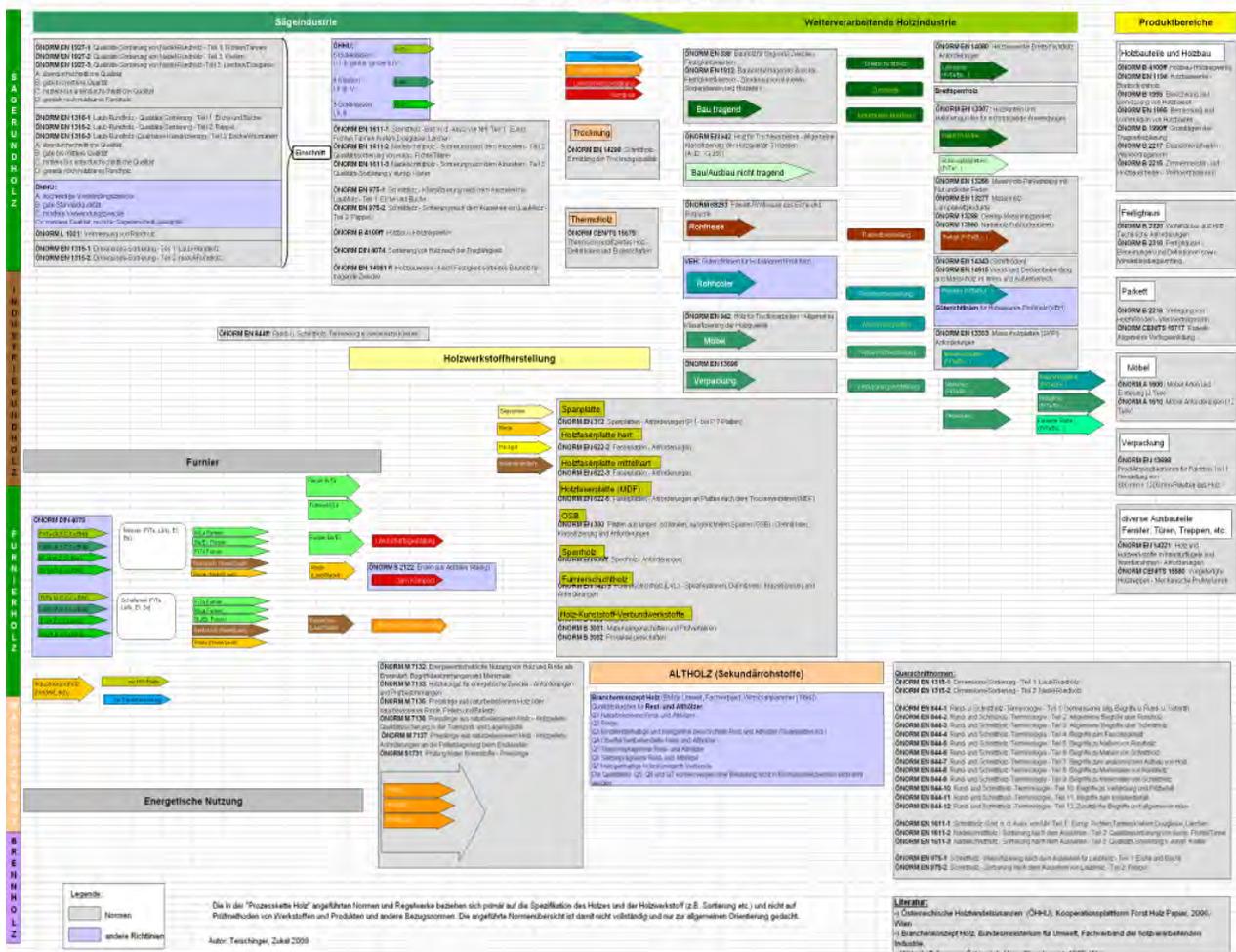
Q6 Salzimprägnierte Rest- und Althölzer

Q7 Halogenhaltige Holz-Kunststoff-Verbunde

Die Qualitätskl. Q5, Q6 und Q7 können wegen ihrer Belastung nicht in
Biomasseheizwerken verbrannt werden.

- ÖNORM EN 622-1: Faserplatten - Anforderungen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- ÖNORM EN 622-2: Faserplatten - Anforderungen - Teil 2: Anforderungen an harte Platten (konsolidierte Fassung)
- ÖNORM EN 622-3: Faserplatten - Anforderungen - Teil 3: Anforderungen an mittelharte Platten
- ÖNORM EN 622-4: Faserplatten - Anforderungen - Teil 4: Anforderungen an poröse Platten
- ÖNORM EN 622-5: Faserplatten - Anforderungen, Teil 5: Anforderungen an Platten nach dem Trockenverf. (MDF)
- ÖNORM EN 312: Spanplatten - Anforderungen
-
- ÖNORM EN 14080: Holzbauwerke - Brettschichtholz - Anforderungen
- ÖNORM B 3000-1: Holzfußböden; Allgemeines
- ÖNORM B 3022/AC1: Massivholzplatten - Mehrschichtige Massivholzplatten - Arten und Anforderungen
- ÖNORM A 1610: Möbel Anforderungen (12 Teile)
- ÖNORM A 1605: Möbel Prüfnormen (13 Teile)
- ÖNORM A 1600: Möbel Arten und Einteilung (2 Teile)
- ÖNORM A 1640: Möbel für Kindergärten und -krippen: Abmessungen, Ausführungen
- Furnier:
- DIN 4049
- ÖNORM S 2122: Erden aus Abfällen (4teilig)
- ÖNORM S 2206: Qualitätssicherungssysteme für Komposte (2teilig)
-
- ÖNORM B 3003: Holzwerkstoffplatten - Zusätzliche Prüfmethode
-
- ÖNORM EN 14298: Schnittholz - Ermittlung der Trocknungsqualität

Prozess/Produktkette Holz - Normen



Übersicht Quellen Holzdaten

Säge		
Input mit Rinde	20.200.000 fm	Holzströme in Östererich ¹⁾
Input ohne Rinde	17.600.000 fm	Holzströme in Östererich ¹⁾
Output gesamt	11.100.000 m ³	Holzströme in Östererich ¹⁾ , Holzkurier, S. 4 ^{2a)}
Bedarf gesamt	5.240.000 m ³	Holzströme in Östererich ¹⁾ , Holzkurier, S. 4 ^{2a)}
Ausbeute	70%	LOHMANN, 1998, S. 95 ³⁾
Anteil Laubholz	2%	Holzkurier, S. 10 ^{2b)}
Anteil Nadelholz	98%	Holzkurier, S. 10 ^{2b)}
Aufteilung der Holzarten zu den Technologien	5 % Gattersäge	Expertenauskunft ^{4a)}
	15 % Blockband	Expertenauskunft ^{4a)}
	80 % Zerspaner	Expertenauskunft ^{4a)}
Energiekennwerte Sägen		Gloor Engineering ⁵⁾
Sägenebenprodukte		LOHMANN, 1998, S. 93 ³⁾
Rindenanteile der diversen Holzarten		Steiermärkischer Forstverein ⁶⁾
Furnier		
Produktion	23.000 m ³	FAO ⁷⁾
Ausbeute Messer-/Schäl furnier	55% 51%	MANTAU Vorlesungsunterlagen ⁸⁾
Energiekennwerte Furnier		Expertenauskunft ^{4b)} , EnergieAgentur.NRW, 1998 ¹¹⁾
Trocknung		
Energiekennwerte		Kronseeder Trockentechnik ⁹⁾ , KUBESSA, S. 105f, 1998 ¹⁶⁾
Aufteilung zu den Trocknungstechnologien		Expertenauskunft ^{4c)}
Brettschichtholz		
Ausbeute	70%	Holzkurier, S. 4 ^{2c)}
Holzartenverteilung		MACK, 2008, S. 60 ¹⁰⁾
Produktion (Mittelwert aus 2005/2007)	1.300.000 m ³	MACK, 2008, S. 73 ¹⁰⁾
Energiekennwerte elektrisch		EnergieAgentur.NRW, 1998, ¹¹⁾
Energiekennwerte thermisch		Informationsdienst Holz, 1997, S. 19 ¹²⁾
Zimmerei		
Produktion Schalungsplatte		eigene Berechnung nach Angaben der Fa. Doka ¹³⁾ , Fa. Kaufmann ¹⁴⁾ und Holzindustrie Pfeifer ¹⁵⁾
Produktion Schalungsträger		eigene Berechnung nach Angaben der Fa. Doka ¹³⁾ , Fa. Kaufmann ¹⁴⁾ und Holzindustrie Pfeifer ¹⁵⁾
Energiekennwerte elektrisch		Informationsdienst Holz, 1997, S. 11 ¹²⁾
Parkett		
Produktion	190.000 m ³	eigene Berechnung nach Angaben von FEP Statistik 2007 ¹⁶⁾
Ausbeute	65%	Expertenauskunft ^{4d)}
Energiekennwerte		eigene Berechnung nach NEBEL, 2002, S. 111 ¹⁷⁾

Profilholz		
Aufteilung der Holzarten		Expertenauskunft ^{4e)}
Ausbeute		Expertenauskunft ^{4d)}
Produktion		Expertenauskunft ^{4d)}
Energiekennwerte thermisch		Informationsdienst Holz, 1997, S. 19 ¹²⁾
Energiekennwerte elektrisch		KUBESSA, S. 107, 1998 ¹⁶⁾
Massivholzplatte		
Produktion	400.000 m ³	eigene Berechnung nach FULJETIC, Timber Online, 2007 ¹⁸⁾
Ausbeute	70%	eigene Berechnung
Möbelholz		
Produktion	666.667 m ³	Expertenauskunft ^{4d)}
Energiekennwerte thermisch		EnergieAgentur.NRW, 1998 ¹¹⁾
Energiekennwerte elektrisch		EnergieAgentur.NRW, 1998 ¹¹⁾
Verpackung		
Produktion	606.042 m ³	eigene Berechnung nach Fachverband der österreichischen Holzindustrie, 2008 ¹⁹⁾ und Meta-M Company ²⁰⁾
Spanplatte		
Produktion		MOSER, 2008, S. 19 ²¹⁾ , KUTSCHERA, 2006, S. 36 ²²⁾
Energiekennwerte thermisch		EnergieAgentur.NRW, 1998, ¹¹⁾ , DEIMLING et al., 2002, S. 51 ²³⁾
Energiekennwerte elektrisch		EnergieAgentur.NRW, 1998, ¹¹⁾
Ausbeute, Inhaltsstoffe,		HASCH, 2002, S. 116 ²²⁾
Aufteilung Sägenebenprodukte		
MDF-Platte		
Ausbeute		Expertenauskunft ^{4f)} , Frühwald Arno, 2000, S. 31 ²⁵⁾
Aufteilung Sägenebenprodukte		HASCH, 2002, S. 161 ²²⁾ , DUNKY, 2009, S. 2 ²⁴⁾
Energiekennwerte elektrisch		FRÜHWALD, 2000, S. 32 ²⁵⁾
Pellets		
Energiekennwerte		eigene Berechnung nach HASLER, NUSSBAUMER, 2001 ²⁶⁾
Eigenschaften		proPelletes Austria ²⁷⁾
Produktion		MOSER, 2008, S. 28 ²¹⁾
Umrechnungsfaktoren		
Hackgut, Rinde, Pellets,		HAGAUER, NEMESTOTHY, 2009 ²⁷⁾ ,
Brennholz, Sägespäne		NEMESTOTHY, LANG, 2007 ²⁸⁾
Heizwert		
Materialfeuchte - Wassergehalt		Greisinger electronic GmbH ²⁹⁾
Dichte, Wassergehalt		KOLLMANN, 1955, S. 242f ³⁰⁾
Rohdichte		eigene Berechnung nach ÖNORM DIN 52 182 ³¹⁾
Preise		
Rundholzpreise		Mittelwerte aus Holzmarktbericht Landwirtschaftskammer, nach Holzkurier, S. 24 ^{2e)}
Furnierrundholz		eigene Schätzung
Industrierundholz		Mittelwerte aus 2007 nach Holzkurier, S. 24 ^{2e)}
Schnittholz		Mittelwerte aus 2007 nach Holzkurier, S. 24 ^{2e)}
Furnier		Expertenauskunft ^{4g)}

Sägenebenprodukte:		
Hackschnitzel, Laubsägespäne		Mittelwerte aus 2007 nach Holzkurier, S. 24 ^{2e)}
Rinde Laub/Nadel, Nadelsägespäne		Mittelwerte aus 2007 nach Holzkurier, S. 8, ^{2g)}
Profilholz		Mittelwerte aus 2007 nach Holzkurier, S. 24 ^{2e)} , Expertenuskunft ^{4h)}
Parkettboden		
Möbelholz		Mittelwerte aus 2007 nach Holzkurier, S. 24 ^{2e)} Expertenuskunft ^{4h)}
Presslinge		proPellets ³²⁾
Brennholz		Mittelwerte aus 2007 nach Holzkurier, S. 24 ^{2e)}
Leimbinder		LEICHT, 2007, S. 67 ³³⁾
Massivholzplatte		Expertenuskunft ^{4h)}
MDF Platte		Expertenuskunft ^{4h)}
SPA Platte		Expertenuskunft ^{4h)}
Konstruktionsholz		Mittelwerte aus 2007 nach Holzkurier, S. 24 ^{2e)}
Schalungsplatte		Expertenuskunft ⁴ⁱ⁾

Produktdatenblätter Holz

Produktdatenblatt Rundholz (Bauprodukt)

Allgemeine Beschreibung:

Rundholz besteht aus von Bast und Rinde befreiten Stämmen oder Stammabschnitten. Nach der Befreiung von Bast und Rinde und der Ablängung können die Hölzer auf den gewünschten Durchmesser rundgefräst werden. Bei größeren Querschnitten werden zur Entlastung von Spannungen Nuten gefräst. Die Trocknung erfolgt in den meisten Fällen als Freilufttrocknung, gegebenenfalls kann eine technische Nachtrocknung zugeschaltet werden.

Einsatzbereich:

Rundhölzer werden immer öfter für landwirtschaftliche Zweckbauten, im Landschafts- und Gartenbau, für Bau- und Lehrgerüste sowie Brücken verwendet. In jüngerer Zeit hielt das Rundholz auch Einzug in die Architektur. Große Ausstellungshallen in den Niederlanden oder das „EXPO-Dach“ in Hannover sind prominente Beispiele.

Typische Maße:

Durchmesser: 8 - 18 cm in Abstufungen von 1 cm

Längen: von 1 - 8 m in Abstufungen von 50 cm

Technische Daten:

Zulässige Spannungen und Rechenwerte der Elastizitäts- und Schubmoduln der jeweiligen Güteklasse nach DIN 4074-2 entsprechen den in ÖNORM B 4100-2 angegebenen Werten für die vergleichbare Sortierklasse für Schnittholz nach ÖNORM DIN 4074-1. Für Querschnitte mit ungeschwächten Randzonen dürfen die zulässigen Biege- und Druckspannungen um 20% erhöht werden.

	Moduln bzw. Art der Beanspruchung	Vollholz aus Fichte, Tanne, Kiefer, Lärche, Douglasie					Vollholz aus Eiche, Buche mittlere Güte ¹⁾
		Sortierklassen nach ÖNORM DIN 4074-1					
		S7/MS7	S10/MS10	S13	MS13	MS17	
1	E-Modul faserparallel	8 000	10 000 ²⁾³⁾	10 500 ²⁾³⁾	11 500 ²⁾	12 500 ²⁾	12 500
2	E-Modul fasernormal	250	300	350	350	400	600
3	Schubmodul G	500	500	500	550	600	1 000
4	Biegung zul σ_B	7	10 ³⁾	13 ³⁾	15	17	11
5	Zug zul $\sigma_{Z }$	0/4	7	9	10	12	10
6	Zug zul $\sigma_{Z\perp}$	0/0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
7	Druck zul $\sigma_{D }$	6	8,5 ³⁾	11 ³⁾	11	12	10
8a	Druck zul $\sigma_{D\perp}$	2	2	2,5	2,5	2,5	3
8b	Druck zul $\sigma_{D\perp}$ ⁴⁾	2,5	2,5	3	3	3	4
9	Abscheren zul τ_a	0,9	0,9	0,9	1	1	1
10	Schub aus Querkraft zul τ_Q	0,9	0,9	0,9	1	1	1

11	Torsion ⁵⁾ zul τ_T	0	1	1	1	1	1,6
<p>1) Mindestens Sortierklasse S10 im Sinne von ÖNORM DIN 4074-1.</p> <p>2) Für Holz, das mit einer Holzfeuchte $\leq 15\%$ eingebaut wird, darf der Wert um 10% erhöht werden, wenn beim Einbau die Holzfeuchte nachgewiesen wird.</p> <p>3) Dieser Wert darf bei Baurundholz ohne Schwächung der Randzone um 20% erhöht werden.</p> <p>4) Bei Anwendung dieser Werte ist mit größeren Eindrückungen zu rechnen, die erforderlichenfalls konstruktiv zu berücksichtigen sind. Bei Anschlüssen mit verschiedenen Verbindungsmitteln dürfen diese Werte nicht angewendet werden.</p> <p>5) Für Kastenquerschnitte sind die Werte nach Zeile 10 einzuhalten.</p>							

Elastizitätsmoduln, Schubmoduln, und zulässige Spannungen in N/mm² für Vollholz, auch keilgezinkt (Holzfeuchte $\leq 20\%$ der Darrmasse)

Auszug aus ÖNORM B 4100 Teil 2 - Holzbau – Holztragwerke; Berechnung und Ausführung

Norm

- ÖNORM B 4100 Teil 2: Holzbau – Holztragwerke; Berechnung und Ausführung, 1.12.1997
- DIN 4074 Teil 2: Bauholz für Holzbauteile, Gütebedingungen für Baurundholz, 1.12.1958

Quelle: proLignum (<http://www.pro-lignum.it/download/251v251d280.doc>, abgerufen 24.11.2009, 14:25)

Produktdatenblatt Schnittholz

Allgemeine Beschreibung:

Schnittholz aus Nadel- bzw. Laubholz wird durch Einschneiden oder Profilieren aus Rund- bzw. Altholz gewonnen. Die üblicherweise rechteckigen Querschnitte werden je nach Normdefinition und den Höhen- und Breitenverhältnissen nach Brettern, Pfosten, Latten, Staffeln und Kanthölzern unterschieden. Durch Trocknen, Hobeln oder Fasen kann der Veredelungsgrad dieses Vollholzproduktes erhöht werden.

Einsatzbereich:

Latten werden für vielfältige Zwecke eingesetzt. Ein wesentlicher Einsatzbereich sind alle Arten von Unterkonstruktionen (z.B. bei Dachdeckungen oder Fassaden).

Bretter können eine nicht tragende oder tragende Verwendung haben. Dementsprechend werden Bretter (sowie Pfosten, Staffeln und Kanthölzer) nach ihrem Erscheinungsbild gemäß der österreichischen Holzhandelsusancen bzw. nach den einschlägigen Normen für nach der Festigkeit sortiertes Holz sortiert.

Pfosten werden tragend zur Herstellung belastbarer Flächen verwendet (z.B. Gerüstpfosten, Balkone oder Brückenbeläge) sowie als Zwischenprodukt für die Weiterverarbeitung zu Möbeln und Bauteilen.

Bretter und Pfosten sind zudem Vorprodukte für eine ganze Reihe von weiter veredelten Vollholzprodukten (z.B. Profilholz, Brettschichtholz, Brettsperrholz, Fensterkanteln usw.).

Staffeln werden meist im nichtkonstruktiven Bereich eingesetzt. Der Verwendungsbereich liegt zwischen den Dimensionen Latten und Kanthölzer (z.B. Wandkonstruktionen oder Pergolen).

Kanthölzer sind die dimensionsstärksten Schnitthölzer und werden primär in höher belasteten Konstruktionen verwendet. Dieser Anwendungsbereich reicht von Stützen, Trägern, Pfetten, Schalungs-bauten bis zu räumlichen Tragwerkskonstruktionen.

Die Sortierung von Schnittholz für nicht tragende Zwecke nach Europäischen Normen hat sich derzeit noch nicht durchgesetzt und erfolgt derzeit nur in Einzelfällen.

Profilbretter, im eigentlichen Sinne nicht dem Schnittholz zuzuordnen, werden unter dem Begriff Hobelware zusammengefaßt und sind in der Normenreihe ÖNORM EN 844ff definiert. Zusätzlich gibt es eine Herstellergemeinschaft „Verband der Europäischen Hobelindustrie“ mit darauf aufbauenden Güterrichtlinien.

Typische Maße:

in [mm]	Dicke d / Höhe h	Breite b
Latte / Leiste	$d \leq 40$	$b \leq 80$
Brett	$d \leq 40$	$b \geq 80$
Bohle / Pfosten/Diele	$d > 40$	$b > 3d$
Kantholz (inkl. Staffel)	$b \leq h \leq 3b$	$b > 40$

Auszug aus ÖNORM DIN 4074 Teil 1, Schnittholzeinteilung

Weiters werden in den Österreichischen Holzhandelsusancen

Dimensionen und Handelsformen geregelt. In diesen Usancen sind die Handelsbräuche im Sinne des Handelsgesetzes niedergeschrieben. Dieses Werk ist viele Jahre vor der derzeit gültigen ÖNORM erschienen und weicht daher in der Definition der Dimensionen leicht ab.

Technische Daten:

	Moduln bzw. Art der Beanspruchung	Vollholz aus Fichte, Tanne, Kiefer, Lärche, Douglasie					Vollholz aus Eiche, Buche
		Sortierklassen nach ÖNORM DIN 4074-1					
		S7/MS7	S10/MS10	S13	MS13	MS17	mittlere Güte ¹⁾
1	E-Modul faserparallel	8 000	10 000 ²⁾³⁾	10 500 ²⁾³⁾	11 500 ²⁾	12 500 ²⁾	12 500
2	E-Modul fasernormal	250	300	350	350	400	600
3	Schubmodul G	500	500	500	550	600	1 000
4	Biegung zul σ_B	7	10 ³⁾	13 ³⁾	15	17	11
5	Zug zul $\sigma_{Z }$	0/4	7	9	10	12	10
6	Zug zul $\sigma_{Z\perp}$	0/0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
7	Druck zul $\sigma_{D }$	6	8,5 ³⁾	11 ³⁾	11	12	10
8a	Druck zul $\sigma_{D\perp}$	2	2	2,5	2,5	2,5	3
8b	Druck zul $\sigma_{D\perp}$ ⁴⁾	2,5	2,5	3	3	3	4
9	Abscheren zul τ_a	0,9	0,9	0,9	1	1	1
10	Schub aus Querkraft zul τ_Q	0,9	0,9	0,9	1	1	1

11	Torsion ⁵⁾ zul τ_T	0	1	1	1	1	1,6
1) Mindestens Sortierklasse S10 im Sinne von ÖNORM DIN 4074-1. 2) Für Holz, das mit einer Holzfeuchte $\leq 15\%$ eingebaut wird, darf der Wert um 10% erhöht werden, wenn beim Einbau die Holzfeuchte nachgewiesen wird. 3) Dieser Wert darf bei Baurundholz ohne Schwächung der Randzone um 20% erhöht werden. 4) Bei Anwendung dieser Werte ist mit größeren Eindrückungen zu rechnen, die erforderlichenfalls konstruktiv zu berücksichtigen sind. Bei Anschlüssen mit verschiedenen Verbindungsmitteln dürfen diese Werte nicht angewendet werden. 5) Für Kastenquerschnitte sind die Werte nach Zeile 10 einzuhalten.							

Elastizitätsmodul, Schubmodul, und zulässige Spannungen in N/mm² für Vollholz, auch keilgezinkt (Holzfeuchte $\leq 20\%$ der Darrmasse)

Auszug aus ÖNORM B 4100 Teil 2 - Holzbau – Holztragwerke; Berechnung und Ausführung

Für den Einsatz von Schnittholz im Bauwesen ist die Sortierung des Holzes für tragende Zwecke an die Zuordnung der Sortierklasse an genormte Baustoffkennwerte gebunden. Für die Sortierung stehen zwei Verfahren zur Verfügung, die visuelle und die maschinelle Sortierung. Wird Schnittholz als tragender Baustoff bzw. für den Aufbau von tragenden Bauteilen eingesetzt, so wird die harmonisierte Rahmennorm ÖNORM EN 14081-1 „Holzbauwerke – nach Festigkeit sortiertes Bauholz für tragende Zwecke mit rechteckigem Querschnitt“ wirksam. Über diese Rahmennorm ist dann die ÖNORM DIN 4047 ff die nationale Sortiernorm für die visuelle Sortierung nach Festigkeitsklassen. Im Falle der maschinellen Sortierung erfolgt die Zulassung und Einstellung der Sortiermaschinen nach ÖNORM EN 14081-2 und ÖNORM EN 14081-4. Die nationale Holzbaunorm ÖNORM B 4100-2 wurde mit Ende Juni 2009 zurückgezogen und seit 1. Juli 2009 ist in Österreich nur noch der Eurocode 5 gültig, der in der Normenserie ÖNORM EN 1995 ff umgesetzt ist.

Mit dem Qualitätslabel „Massivholz“ wird in Österreich Bauholz für tragende Zwecke von einer Herstellergemeinschaft mit speziellen Ansprüchen an den Einschnitt (Schnittbild), Trocknung, Feuchtegehalt, Maßhaltigkeit, Sortierklasse bzw. Festigkeitsklasse angeboten. Damit sind auch die Grundlagen für die CE-Kennzeichnung von Bauholz gegeben.

Norm

Österreichische Holzhandelsusancen

ÖNORM B 4100 Teil 2: **Holzbau – Holztragwerke; Berechnung und Ausführung, 1.12.1997**

ÖNORM DIN 4074 Teil 1: **Sortierung von Nadelholz nach der Tragfähigkeit; Nadelschnittholz, 1.6.1996**

ÖNORM EN 1313 Teil 1: **Rund- und Schnittholz; Zulässige Abweichungen und Vorzugsmaße Teil 1: Nadelholz, 1.5.1997**

ÖNORM EN 14081 ff: **Holzbauwerke**

ÖNORM DIN 68252 Begriffe für Schnittholz, Form und Maße

Quelle:

proLignum (<http://www.pro-lignum.it/download/251v251d279.doc>, abgerufen: 24.11.2009, 14:26)

Herstellergemeinschaft MH Massivholz Austria (<http://www.massivholz.at/massivholz/mhmassivholz/>)

Verband der Europäischen Hobelindustrie

(http://www.veuh.org/cms/cms.php?pageName=Direttive_qualitative)

Produktdatenblatt Schnittholz

Allgemeine Beschreibung:

Schnittholz aus Nadel- bzw. Laubholz wird durch Einschneiden oder Profilieren aus Rund- bzw. Altholz gewonnen. Die üblicherweise rechteckigen Querschnitte werden je nach Normdefinition und den Höhen- und Breitenverhältnissen nach Brettern, Pfosten, Latten, Staffeln und Kanthölzern unterschieden. Durch Trocknen, Hobeln oder Fasen kann der Veredelungsgrad dieses Vollholzproduktes erhöht werden.

Einsatzbereich:

Latten werden für untergeordnete Zwecke eingesetzt. Ein wesentlicher Einsatzbereich sind alle Arten von Unterkonstruktionen (z.B. bei Dachdeckungen oder Fassaden).

Bretter können eine nichttragende oder tragende Verwendung haben. Eine große Bedeutung haben Bretter noch immer im Bereich der Schalungen. Diese erfüllen oft nur eine abdeckende, in den meisten Fällen aber eine aussteifende Funktion (von Dachschalungen bis hin zu räumlichen Tragwerken).

Pfosten haben meist einen tragenden Verwendungszweck und werden zur Herstellung belastbarer Flächen verwendet (z.B. Gerüstpfosten, Balkone oder Brückenbeläge).

Bretter und Pfosten sind zudem Vorprodukte für eine ganze Reihe von weiter veredelten Vollholzprodukten (z.B. Profilholz oder Brettschichtholz).

Staffeln werden meist im nichtkonstruktiven Bereich eingesetzt. Der Verwendungsbereich liegt zwischen den Dimensionen Latten und Kanthölzer (z.B. Wandkonstruktionen oder Pergolen).

Kanthölzer sind die dimensionsstärksten Schnitthölzer und werden ausschließlich in höher belasteten Konstruktionen verwendet. Dieser Anwendungsbereich reicht von Stützen, Trägern, Pfetten, Schalungs-bauten bis zu räumlichen Tragwerkskonstruktionen.

Profilbretter, im eigentlichen Sinne nicht dem Schnittholz zuzuordnen, werden unter dem Begriff Hobelware zusammengefaßt und sind in der Normenreihe ÖNORM EN 844ff definiert. Zusätzlich gibt es eine Herstellergemeinschaft „Verband der Europäischen Hobelindustrie“ mit darauf aufbauenden Güterrichtlinien.

Typische Maße:

in [mm]	Dicke d / Höhe h	Breite b
Latte / Leiste	$d \leq 40$	$b \leq 80$
Brett	$d \leq 40$	$b \geq 80$
Bohle / Pfosten/Diele	$d > 40$	$b > 3d$
Kantholz (inkl. Staffeln)	$b \leq h \leq 3b$	$b > 40$

Auszug aus ÖNORM DIN 4074 Teil 1, Schnittholzeinteilung

Weiters werden in den Österreichischen Holzhandelsusancen

Dimensionen und Handelsformen geregelt. In diesen Usancen sind die Handelsbräuche im Sinne des Handelsgesetzes niedergeschrieben. Dieses Werk ist viele Jahre vor der derzeit gültigen ÖNORM erschienen und weicht daher in der Definition der Dimensionen leicht ab.

Technische Daten:

	Moduln bzw. Art der Beanspruchung	Vollholz aus Fichte, Tanne, Kiefer, Lärche, Douglasie					Vollholz aus Eiche, Buche
		Sortierklassen nach ÖNORM DIN 4074-1					
		S7/MS7	S10/MS10	S13	MS13	MS17	mittlere Güte ¹⁾
1	E-Modul faserparallel	8 000	10 000 ²⁾³⁾	10 500 ²⁾³⁾	11 500 ²⁾	12 500 ²⁾	12 500
2	E-Modul fasernormal	250	300	350	350	400	600
3	Schubmodul G	500	500	500	550	600	1 000
4	Biegung zul σ_B	7	10 ³⁾	13 ³⁾	15	17	11
5	Zug zul $\sigma_{Z }$	0/4	7	9	10	12	10
6	Zug zul $\sigma_{Z\perp}$	0/0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
7	Druck zul $\sigma_{D }$	6	8,5 ³⁾	11 ³⁾	11	12	10
8a	Druck zul $\sigma_{D\perp}$	2	2	2,5	2,5	2,5	3
8b	Druck zul $\sigma_{D\perp}$ ⁴⁾	2,5	2,5	3	3	3	4
9	Abscheren zul τ_a	0,9	0,9	0,9	1	1	1
10	Schub aus Querkraft zul τ_Q	0,9	0,9	0,9	1	1	1
11	Torsion ⁵⁾ zul τ_T	0	1	1	1	1	1,6

6) Mindestens Sortierklasse S10 im Sinne von ÖNORM DIN 4074-1.
 7) Für Holz, das mit einer Holzfeuchte $\leq 15\%$ eingebaut wird, darf der Wert um 10% erhöht werden, wenn beim Einbau die Holzfeuchte nachgewiesen wird.
 8) Dieser Wert darf bei Baurundholz ohne Schwächung der Randzone um 20% erhöht werden.
 9) Bei Anwendung dieser Werte ist mit größeren Eindrückungen zu rechnen, die erforderlichenfalls konstruktiv zu berücksichtigen sind. Bei Anschlüssen mit verschiedenen Verbindungsmitteln dürfen diese Werte nicht angewendet werden.
 10) Für Kastenquerschnitte sind die Werte nach Zeile 10 einzuhalten.

Elastizitätsmodul, Schubmodul, und zulässige Spannungen in N/mm² für Vollholz, auch keilgezinkt (Holzfeuchte $\leq 20\%$ der Darrmasse)

Auszug aus ÖNORM B 4100 Teil 2 - Holzbau – Holztragwerke; Berechnung und Ausführung

Für den Einsatz von Schnittholz im Bauwesen ist die Sortierung des Holzes für tragende Zwecke an die Zuordnung der Sortierklasse an genormte Baustoffkennwerte gebunden. Für die Sortierung stehen zwei Verfahren zur Verfügung, die visuelle und die maschinelle Sortierung. Wird Schnittholz als tragender Baustoff bzw. für den Aufbau von tragenden Bauteilen eingesetzt, so wird die harmonisierte Rahmennorm ÖNORM EN 14081-1 „Holzbauwerke – nach Festigkeit sortiertes Bauholz für tragende Zwecke mit rechteckigem Querschnitt“ wirksam. Über diese Rahmennorm ist dann die ÖNORM DIN 4047 ff die nationale Sortiernorm für die visuelle Sortierung nach Festigkeitsklassen. Im Falle der maschinellen Sortierung erfolgt die Zulassung und Einstellung der Sortiermaschinen nach ÖNORM EN 14081-2 und ÖNORM EN 14081-4. Die nationale Holzbaunorm ÖNORM B 4100-2 wurde mit Ende Juni 2009 zurückgezogen und seit 1. Juli 2009 ist in Österreich nur noch der Eurocode 5 gültig, der in der Normenserie ÖNORM EN 1995 ff umgesetzt ist.

Mit dem Qualitätslabel „Massivholz“ wird in Österreich Bauholz für tragende Zwecke von einer Herstellergemeinschaft mit speziellen Ansprüchen an den Einschnitt (Schnittbild), Trocknung, Feuchtegehalt, Maßhaltigkeit, Sortierklasse bzw. Festigkeitsklasse angeboten. Damit sind auch die Grundlagen für die CE-Kennzeichnung von Bauholz gegeben.

Norm

- Österreichische Holzhandelsusancen
- ÖNORM B 4100 Teil 2: **Holzbau – Holztragwerke; Berechnung und Ausführung, 1.12.1997**
- ÖNORM DIN 4074 Teil 1: **Sortierung von Nadelholz nach der Tragfähigkeit; Nadelschnittholz, 1.6.1996**
- ÖNORM EN 1313 Teil 1: **Rund- und Schnittholz; Zulässige Abweichungen und Vorzugsmaße Teil 1: Nadelholz, 1.5.1997**
- ÖNORM EN 14081 ff: **Holzbauwerke**

Quelle:

proLignum (<http://www.pro-lignum.it/download/251v251d279.doc>, abgerufen: 24.11.2009, 14:26)

Herstellergemeinschaft MH Massivholz Austria (<http://www.massivholz.at/massivholz/mhmassivholz>)

Verband der Europäischen Hobelindustrie

(http://www.veuh.org/cms/cms.php?pageName=Direttive_qualitative)

Produktdatenblatt Konstruktionsvollholz und Vollholzträger

Allgemeine Beschreibung:

Konstruktionsvollholz ist ein veredeltes Bauschnittholz. Durch gezielte Wahl des Einschnittes, durch evt. Längskeilzinkung und durch technische Trocknung wird eine hohe Formstabilität erreicht und die Rissbildung minimiert. Zusätzliche und gegenüber ÖNORM DIN 4074-1 verschärfte Sortierkriterien tragen dazu bei, ein hohes Maß an Funktionstauglichkeit sowie hochwertige Oberflächen für die sichtbare Anwendung zu gewährleisten.

Werden zwei oder drei Lamellen (d=45-85 mm) miteinander verleimt, spricht man von Duo- oder Triobalken.

Einsatzbereich:

Je nach Verwendungszweck werden zwei Sortimenten hergestellt, die sich im Wesentlichen in der Oberflächenbeschaffenheit voneinander unterscheiden:

KVH-SI für sichtbare Konstruktionen

KVH-NSI für nicht sichtbare Konstruktionen

Konstruktionsvollholz darf für alle tragenden und/oder aussteifenden Konstruktionen nach ÖNORM B 4100-2 eingesetzt werden. Aufgrund der hohen Formstabilität und der niedrigen Holzfeuchte ist KVH besonders für den Holzhausbau geeignet:

- Moderne Holzrahmenbauweise mit sichtbaren Holzkonstruktionen
- Industrieller Fertigbau
- Verdichtete Bauweisen mit Reihenhäusern und mehrgeschossigen Gebäuden
- Aufstockungen, Erweiterungsbauten und Dachgeschoßausbau

Typische Trägermaße:

Dicke	Breite					
	120	140	160	180	200	240
60	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
80	⊗	⊗	⊗		⊗	⊗
100	⊗				⊗	
120	⊗				⊗	⊗

Standardquerschnitte für KVH (Angaben in mm)

Die oben stehende Tabelle zeigt die Standardquerschnitte für Konstruktionsvollholz. Je nach Querschnitt sind für nicht keilgezinkte Hölzer Lieferlängen von 5 m, für keilgezinkte Hölzer Lieferlängen bis zu 14 m üblich.

Technische Daten:

	Moduln bzw. Art der Beanspruchung	Vollholz aus Fichte, Tanne, Kiefer, Lärche, Douglasie					Vollholz aus Eiche, Buche mittlere Güte ¹⁾
		Sortierklassen nach ÖNORM DIN 4074-1					
		S7/MS7	S10/MS10	S13	MS13	MS17	
1	E-Modul faserparallel	8 000	10 000 ²⁾³⁾	10 500 ²⁾³⁾	11 500 ²⁾	12 500 ²⁾	12 500
2	E-Modul fasernormal	250	300	350	350	400	600
3	Schubmodul G	500	500	500	550	600	1 000
4	Biegung zul σ_B	7	10 ³⁾	13 ³⁾	15	17	11
5	Zug zul σ_{ZII}	0/4	7	9	10	12	10
6	Zug zul σ_{ZL}	0/0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
7	Druck zul σ_{DII}	6	8,5 ³⁾	11 ³⁾	11	12	10
8a	Druck zul σ_{DL}	2	2	2,5	2,5	2,5	3
8b	Druck zul σ_{DL} ⁴⁾	2,5	2,5	3	3	3	4
9	Abscheren zul τ_a	0,9	0,9	0,9	1	1	1
10	Schub aus Querkraft zul τ_Q	0,9	0,9	0,9	1	1	1
11	Torsion ⁵⁾ zul τ_T	0	1	1	1	1	1,6

1) Mindestens Sortierklasse S10 im Sinne von ÖNORM DIN 4074-1.
2) Für Holz, das mit einer Holzfeuchte $\leq 15\%$ eingebaut wird, darf der Wert um 10% erhöht werden, wenn beim Einbau die Holzfeuchte nachgewiesen wird.
3) Dieser Wert darf bei Baurundholz ohne Schwächung der Randzone um 20% erhöht werden.
4) Bei Anwendung dieser Werte ist mit größeren Eindrückungen zu rechnen, die erforderlichenfalls konstruktiv zu berücksichtigen sind. Bei Anschlüssen mit verschiedenen Verbindungsmitteln dürfen diese Werte nicht angewendet werden.
5) Für Kastenquerschnitte sind die Werte nach Zeile 10 einzuhalten.

Elastizitätsmoduln, Schubmoduln, und zulässige Spannungen in N/mm² für Vollholz, auch **keilgezinkt** (Holzfeuchte $\leq 20\%$ der Darrmasse)

Auszug aus ÖNORM B 4100 Teil 2 - Holzbau – Holztragwerke; Berechnung und Ausführung

Norm

ÖNORM B 4100 Teil 2

Holzbau – Holztragwerke; Berechnung und Ausführung, 1.12.1997

ÖNORM DIN 4074 Teil 1

Sortierung von Nadelholz nach der Tragfähigkeit; Nadelschnittholz, 1.6.1996

ÖNORM EN 385 Keilzinkenverbindungen im Bauholz (künftig als ÖNORM EN 15497)

(proLignum <http://www.pro-lignum.it/download/251v251d281.doc>, abgerufen am 15.12.2009, 15:06,

dataholz: http://www.dataholz.com/Public/Baustoffe/Datenblaetter/vh_200406.pdf/, abgerufen am 15.12.2009, 16:23)

Produktdatenblatt Holzbausträger (I-Träger)

Allgemeine Beschreibung:

Die Versuche, Träger zu optimieren, führten zur Entwicklung von I-Querschnitten. Bei gleicher Tragfähigkeit und Spannweite bringt ein I-Träger 40% Holzersparnis im Vergleich zu einem Vollholzträger. Die Konstruktionshöhen sind gegenüber Fachwerkskonstruktionen 20 – 50% niedriger – je nach Bauart des I-Trägers.

Surte und Stege werden durch Pressverleimung oder mit Nägeln zu einem I-Querschnitt verbunden. Die Stege laufen üblicherweise parallel zu einander. Die Stöße der Stege und Gurte in Längsrichtung werden

Einsatzbereich:

Die Anwendungsbereiche sind vielfach ident mit denen von Schnitt- oder Brettschichtholz. Der Hauptbereich liegt bei Wand-, Decken- und Dachsystemen. Auf Grund der günstigen geometrischen Form können Wärmebrücken reduziert werden. Unter Einhaltung der Vorschriften des Herstellers können ohne Probleme Durchbrüche durch den Steg (z.B. für Installationen) hergestellt werden.

Typische Trägermaße:

Trägerhöhen: 100 – 610 mm

Trägerlängen: bis 22 m

Technische Daten:

Auf Grund der Vielfalt der Produkte kann hier nicht näher auf diesen Punkt eingegangen werden.

Norm

ÖNORM B 4100 - Teil 2

Holzbau – Holztragwerke, Berechnung und Ausführung, 1.12.1997

(proLignum: <http://www.pro-lignum.it/download/251v251d313.doc>, abgerufen am 15.12.2009, 15:09)

Produktdatenblatt Schalungsträger

Allgemeine Beschreibung:

Neben Kanthölzern werden heute vorwiegend industriell gefertigte Schalungsträger in Vollwand- und Gitterbauweise verwendet.

Schalungsträger zeichnen sich aus durch:

- große Maßgenauigkeit
- geringes Gewicht in Bezug auf die Tragfähigkeit
- große Steifigkeit
-

Einsatzbereich:

Schalungen und Schalungsträger aus Holz bzw. Holzwerkstoffen dienen der vorübergehenden Formgebung des flüssigen Beton, bis dieser eine ausreichende Eigenfestigkeit besitzt

Einteilung der Typen:

Vollwandträger

mit mehrschichtigem Steg

mit Spanplatten-Steg

aus Brettschichtholz

Gitterträger

Vollwandträger mit mehrschichtigem Steg

In der Mehrzahl besitzen die Träger dreischichtig, kreuzweis verleimte Stege, die mit einer Keilzinkung in den Vollholzgurt eingreifen. Die beiden äußeren Schichten verlaufen in Trägerrichtung. Eine weitere Variante besteht darin, daß das Stegmaterial aus mehrlagigem Furnierschichtholz (9-12 Furnierlagen) hergestellt wird.

Vollwandträger mit Spanplatten-Steg

Die Stege sind aus 25 – 30 mm dicken, hochverdichteten Spanplatten hergestellt. Der Kunstharzanteil ist erhöht, um eine Wasseraufnahme zu verhindern.

Vollwandträger aus Brettschichtholz

Die Schalungsträger werden aus breitseitig verleimtem Nadelschnittholz produziert.

Gitterträger

Zur Reduzierung des Eigengewichts kommen bei höheren Schalungsträgern vorwiegend Gitterträger zur Verwendung. Die üblichen Trägerhöhen liegen bei 240 – 360 mm.

Typische Trägermaße:

Trägerhöhen: 100 – 360 mm

Trägerlängen: 6 m (Standardlänge) bis 18 m

Technische Daten:

Eine Zusammenstellung von Materialkennwerten soll die Belastbarkeit von Schalungsträgern darstellen:

Höhe [mm]	zul. Moment [kNm]	zul. Querkraft [kN]	E * I 1) [kNm ²]
160	2,7 – 3,6	7,5 – 8,5	190 – 290
200	5,0	11,0	440 – 470
305	13,5	15,0	1 760
360	17,0	17,0	2 640

1) ohne Berücksichtigung von Schubverformungsanteilen

Materialkennwerte von Vollwand-Schalungsträger

Höhe [mm]	zul. Feldmoment [kNm]	zul. Querkraft 1) [kN]	E * I 2) [kNm ²]
240	7,0	14,0	800
360	14,0	20,0 - 23,0	2 600 – 2 850

1) zulässig Querkraft für Druckstrebe

2) ohne Berücksichtigung von Schubverformungsanteilen

Materialkennwerte von Gitterträgern

Norm

ÖNORM B 3022

Massivholzplatten – Mehrschichtige Massivholzplatten; Arten und Anforderungen, 1.3.1991

ÖNORM B 3023

Massivholzplatten – Dreischichtige Betonschalungsplatten, Arten und Anforderungen, 1.3.1991

ÖNORM EN 312 Teil 1-7

Spanplatten - Anforderungen, 1.12.1996

ÖNORM B 4100- Teil 2

Holzbau – Holztragwerke, Berechnung und Ausführung, 1.12.1997

(proLignum (<http://www.pro-lignum.it/download/251v251d314.doc>), abgerufen am 13.7.2009, 13:29)

Produktdatenblatt Brettschichtholz

Allgemeine Beschreibung:

Brettschichtholz besteht aus mindestens drei faserparallel miteinander verklebten, getrockneten Brettern oder Brettlamellen. Vor der Verklebung werden die Lamellen visuell bzw. maschinell festigkeitssortiert und gehobelt. Der eingesetzte Klebstoff muss den Anforderungen der ÖNORM EN 301 für tragende Holzbauteile entsprechen. Die Eignung der Holzart muss für den Holzleimbau nachgewiesen werden. Meist werden Fichte, Kiefer und Lärche verwendet. Es können sowohl gerade als auch gekrümmte Träger hergestellt werden. Man unterscheidet homogenes (alle Einzellamellen eines Querschnitts sind derselben Sortierklasse zuzuordnen) und kombiniertes Brettschichtholz (innere und äußere Lamellen eines Querschnitts sind unterschiedlichen Sortierklassen zuzuordnen). Brettschichtholz eignet sich besonders für hoch belastete und weit gespannte Bauteile mit hohen Ansprüchen an Formstabilität und Optik.

Einsatzbereich:

Im Außenbereich muss es Feuchteveränderungen standhalten. Nutzungsklassen lt. ÖNORM ENV 1995-1-1: 1, 2, und 3

Typische Dimensionen:

Länge:	bis 18000mm (Standardware)
	bis 50000mm (konstruktive Bauteile)
Breite	bis 260mm
Dicke:	bis 55mm

Mechanische Eigenschaften:

Abhängig von der Festigkeitsklasse ergeben sich unterschiedliche Mechanische Eigenschaften gemäß ÖNORM EN 1194.

Dichte:	350 kg/m ³ - 450 kg/m ³
Festigkeit:	24 N/mm ² - 36 N/mm ²
E-Modul:	11600 N/mm ² – 14700 N/mm ²
Schubmodul:	590 N/mm ² - 910 N/mm ²

Technische Grundlagen:

Entwurf DIN 1052	Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken. Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau
ÖNORM B 3800-1/4	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen Teil 1: Baustoffe; Anforderungen und Prüfungen Teil 4: Bauteile; Einreihung in die Brandwiderstandsklassen
ÖNORM B 4100-2	Holzbau – Holztragwerke. Berechnung und Ausführung.
ÖNORM DIN 4074-1	Sortierung von Nadelholz nach der Tragfähigkeit – Teil 1: Nadelschnittholz
ÖNORM EN 386	Brettschichtholz; Leistungs- und Mindestanforderungen an die Herstellung
ÖNORM EN 14080	Holzbauwerke – Brettschichtholz - Anforderungen
ÖNORM ENV 387	Brettschichtholz; Herstellungsanforderungen für Universal Keilzinkenverbindungen

ÖNORM EN 1194 Holzbauwerke: Brettschichtholz – Festigkeitsklassen und Bestimmung charakteristischer Werte

(Dataholz.com (www.dataholz.com/Public/Baustoffe/Datenblaetter/bsh_200406.pdf), Abruf 13.07.2009, 14:30)

Produktdatenblatt Brettsperrholz

Allgemeine Beschreibung:

Brettsperrholz besteht aus mindestens drei kreuzweise verlegten, flächig miteinander verklebten (bzw. verdübelten) Brettlagen aus Nadelholz. Vor der Verklebung bzw. Dübelung werden die Einzelbretter visuell bzw. maschinell festigkeitssortiert und gehobelt. Der Querschnitt muss symmetrisch aufgebaut sein. Die Einzelbretter können seitenverleimt und in Längsrichtung durch Keilzinken verbunden sein. Der Übergang von mehrschichtigen Massivholzplatten zu Brettsperrholz (stärkere Dimensionen der einzelnen Elemente möglich) ist fließend.

Einsatzbereich:

Gemäß Zulassung des Herstellers

Typische Plattenmaße:

Länge: bis 16000 mm
Breite bis 3000 mm
Dicke: 70-150 mm

Mechanische Eigenschaften:

Gemäß Zulassung des Herstellers

(Dataholz.com (http://www.dataholz.com/Public/Baustoffe/Datenblaetter/bsp_210406.pdf), Abruf 13.07.2009, 15:04)

Produktdatenblatt Spanplatte

Allgemeine Beschreibung:

Spanplatten sind plattenförmige Erzeugnisse hergestellt aus Holzspänen oder aus Spänen verholzter Rohmaterialien unter Verwendung von Bindemitteln. Zusätze wie z. B. Hydrophobierungs-, Pilzschutzmittel, etc. können enthalten sein. In der Regel werden die Platten mehrschichtig oder mit stetigem Übergang in der Struktur ausgebildet. Die relativ kleinen Holzspäne liegen vorzugsweise parallel zur Plattenebene, in dieser aber weitgehend regellos orientiert. Zur Verpressung (unter Hitze einwirkung) werden heutzutage hauptsächlich kontinuierliche Verfahren eingesetzt.

Einsatzbereich:

Je nach Plattentyp (P4 – P7) gemäß Zulassung des Hersteller bzw. gemäß ÖNORM EN 312.

Typische Plattenmaße:

Länge: 2800 mm / 5610 mm
Breite 2070 mm
Dicke: 6 – 40 mm

Mechanische Eigenschaften:

Abhängig vom Plattentyp ergeben sich unterschiedliche Mechanische Eigenschaften gemäß ÖNORM EN 12369-1.

Mechanische Eigenschaften für Plattentyp P4:

Dichte: 500 kg/m³ - 650 kg/m³
Festigkeit: 5,8 N/mm² - 14,2 N/mm²
E-Modul: 18000 N/mm² – 32000 N/mm²

Schubmodul: 550 N/mm² - 860 N/mm²

Technische Grundlagen:

- ÖNORM B 3800-1/4 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen
Teil 1: Baustoffe; Anforderungen und Prüfungen (alte Ausgabe: 1.12.1988)
Teil 4: Bauteile; Einreihung in die Brandwiderstandsklassen
- ÖNORM EN 312 Spanplatten - Anforderungen
- ÖNORM EN 12369-1 Holzwerkstoffe - Charakteristische Werte für die Berechnung und Bemessung
von Holzbauwerken.
Teil 1: OSB, Spanplatten und Faserplatten
- ÖNORM EN 13501-1 Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten
Teil1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum
- ÖNORM EN 13986 Holzwerkstoffe zur Verwendung im Bauwesen; Eigenschaften, Bewertung der
Konformität und Kennzeichnung
- (Dataholz.com [www.dataholz.com/www.dataholz.com/Public/Baustoffe/Datenblaetter/spa_200406.pdf](http://www.dataholz.com/Public/Baustoffe/Datenblaetter/spa_200406.pdf), Abruf 13.07.2009, 12:05)

Produktdatenblatt MDF (Mitteldichte Faserplatte)

Allgemeine Beschreibung:

Holzfasernplatten sind ein plattenförmiger Werkstoff, mit einer Nenndicke von 1,5 mm oder größer, hergestellt aus Lignozellulosefasern unter Anwendung von Druck und/oder Hitze. Die Bindung der Fasern beruht einerseits auf der Verfilzung der Fasern und deren inhärenter Verklebungseigenschaften, andererseits auf der Zugabe von synthetischen Bindungsmitteln (lt. ÖNORM EN 316).

Die Herstellung von Mitteldichten Faserplatten (MDF) - Rohdichte $\geq 450 \text{ kg/m}^3$ - erfolgt nach dem Trockenverfahren. Beim diesem Verfahren werden getrocknete und beleimte Fasern durch Schüttung zu einem endlosen „Kuchen“ geformt und durch Pressen unter Hitzeeinwirkung zu Platten gefertigt.

Mitteldichte Faserplatten werden (aus marktpolitischen Gründen) nach ihrer Rohdichte klassifiziert:

Bezeichnung	Dichte [kg/m ³]
Hochdichte Faserplatte (MDF)	≥ 800
Leichte MDF	≥ 550 bis < 800
Ultra leichte MDF	≥ 450 bis < 550

Einsatzbereich:

Die mitteldichten Faserplatten werden als mittragende und/oder aussteifende Beplankungen verwendet. Weitere Verwendungen liegen im Innenausbau (Verkleidungen, Fußboden) und in der Möbelindustrie.

Anwendung		Verwendung	
Trockenbereich	Kein Kurzzeichen	Allgemeine Zwecke	Kein Kurzzeichen
Feuchtbereich	H	Tragende Zwecke	L
Außenbereich	E	Tragende Zwecke - für alle Kategorien der Lasteinwirkungsdauer	LA
		Tragende Zwecke - nur für Momentan- und Kurzbelastung	LS

Typische Plattenmaße:

Plattendicke: 2 - 45 mm

Plattenformate: 2 620 x 2 070 bis 5 240 x 2 070 mm

Technische Daten:

Eigenschaften	Nennickenbereiche [mm]								
	1,8 bis 2,5	> 2,5 bis 4,0	> 4 bis 6	> 6 bis 9	> 9 bis 12	> 12 bis 19	> 19 bis 30	> 30 bis 45	> 45
MDF									
Dickenquellung 24h	45	35	30	17	15	12	10	8	6
Querzugfestigkeit	0,65	0,65	0,65	0,65	0,6	0,55	0,55	0,5	0,5
Biegefestigkeit	23	23	23	23	22	20	18	17	15
Biege-E-Modul	-	-	2700	2700	2500	2200	2100	1900	1700
MDF.H									
Dickenquellung 24h	35	30	18	12	10	8	7	7	6
Querzugfestigkeit	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,75	0,75	0,7	0,6
Biegefestigkeit	27	27	27	27	26	24	22	17	15
Biege-E-Modul	2700	2700	2700	2700	2500	2400	2300	2200	2000
MDF.LA									
Dickenquellung 24h	45	35	30	17	15	12	10	8	6
Querzugfestigkeit	0,7	0,7	0,7	0,7	0,65	0,6	0,6	0,55	0,5
Biegefestigkeit	29	29	29	29	27	25	23	21	19
Biege-E-Modul	3000	3000	3000	3000	2800	2500	2300	2100	1900
MDF.HLS									
Dickenquellung 24h	35	30	18	12	10	8	7	7	6
Querzugfestigkeit	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,75	0,75	0,7	0,6
Biegefestigkeit	34	34	34	34	32	30	28	21	19
Biege-E-Modul	3000	3000	3000	3000	2800	2700	2600	2400	2200

Mechanische Eigenschaften (Querzug- und Biegefestigkeit [N/mm²], Biege-E-Modul [N/mm²]) und Dickenquellung [%] von mitteldichten Faserplatten laut ÖNORM EN 622 Teil 5 (Produkteigenschaften – keine charakteristischen Werte zur Verwendung für konstruktive Berechnungen)

Platten für allgemeine Zwecke	Platten für tragende Zwecke
Jede Platte oder Stapel muß deutlich vom Hersteller durch einen dauerhaften Aufdruck oder einen Aufkleber gekennzeichnet sein.	Jede Platte muß deutlich vom Hersteller durch einen dauerhaften Aufdruck gekennzeichnet sein.

Norm

ÖNORM EN 316

Holzfaserplatten – Definition, Klassifizierung und Kurzzeichen, 1.12.1999

ÖNORM EN 622 Teil 5

Faserplatten – Anforderungen – Anforderungen an Platten nach dem Trockenverfahren (MDF), 1.7.1997

(proLignum, <http://www.pro-lignum.it/download/251v251d312.doc>, abgerufen am 15.12.2009, 15:20)

Produktdatenblatt Parkett

Allgemeine Beschreibung:

Durch die ÖNORM EN 14342, die seit 2007 in Österreich gültig ist, wurde eine Produktnorm für Parkett und Holzfußböden geschaffen. Es sind die wesentlichen Eigenschaften von Holzfußböden festgelegt sowie Prüfverfahren und Bestimmung der Eigenschaften und ist gültig für Fußböden nach EN 13226, EN 13227, EN 13228, EN 13488, EN 13489, EN 13990, EN 13629, prEN 14761 und prEN 14354, die die Maße und Toleranzen enthalten.

Technische Grundlagen:

ÖNORM EN 14342	Parkett und Holzfußböden - Eigenschaften, Bewertung der Konformität und Kennzeichnung
ÖNORM EN 13266	Massivholz-Parkettstäbe mit Nut und/oder Feder
ÖNORM EN 13277	Massivholz-Lamparkettprodukte
ÖNORM 13288	Overlay-Massivholzparkett
ÖNORM 13990	Nadelholz-Fußbodendielen
ÖNORM EN 13488	Mosaikparkett
ÖNORM EN 13489	Holzfußböden – Mehrschichtparkettelemente
ÖNORM EN 13990	Holzfußböden - Massive Nadelholz-Fußbodendielen
ÖNORM EN 13629	Holzfußböden - Massive Laubholz-Dielen
prEN 14761	Hochkantlamellenparkett - Mehrzweckparkett
prEN 14354	Holzwerkstoffe - Furnierte Fußbodenbeläge

Produktdatenblatt Profilholz

Allgemeine Beschreibung:

Profilholz ist grundsätzlich durch die EN 14159 und EN 14951 definiert. Dies betrifft unter u.a. die Profilformen, die Holzqualität und die Feuchtigkeit.

Basierend auf den Normen hat der Europäische Verband für Hobelware weitere Spezifikationen im Rahmen einer „Güterichtlinie“ erarbeitet, die zur Vergabe eines entsprechenden Gütezeichens erforderlich sind.

Technische Grundlagen:

ÖNORM EN 14519	Innen- und Außenbekleidungen aus massivem Nadelholz - Profilholz mit Nut und Feder
ÖNORM EN 14951	Innen- und Außenbekleidungen aus massivem Laubholz – Profilholzelemente
ÖNORM EN 15146	Innen- und Außenbekleidungen aus massivem Nadelholz - Profilholz ohne Nut und Feder
Güterichtlinien für Hobelwaren (VEH)	

Produktdatenblatt Massivholzplatte

Allgemeine Beschreibung:

In der ÖNORM B 3021 sind Begriffsbestimmungen, Arten, Anforderungen und Prüfbestimmungen für Massivholzplatten mit einschichtigem Aufbau festgelegt.

Technische Grundlagen:

ÖNORM B 3021	Massivholzplatten - Einschichtige Massivholzplatten - Arten und Anforderungen
ÖNORM B 3023	Massivholzplatten – Dreischichtige Betonschalungsplatten – Arten und Anforderungen
ÖNORM EN 12369-3	Holzwerkstoffe – Charakteristische Werte für die Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken – Teil 3: Massivholzplatten
ÖNORM EN 12775	Massivholzplatten – Klassifizierung und Terminologie
ÖNORM EN 13017-1	Massivholzplatten – Klassifizierung nach dem Aussehen der Oberfläche – Teil 1: Nadelholz
ÖNORM EN 13017-1	Massivholzplatten – Klassifizierung nach dem Aussehen der Oberfläche – Teil 2: Laubholz
ÖNORM EN 13353	Massivholzplatten – Anforderungen
ÖNORM EN 13354	Massivholzplatten – Qualität der Verklebung - Prüfverfahren

Produktdatenblatt Verpackung

Allgemeine Beschreibung:

In ÖNORM EN 13698-1f werden die Herstellungs-Anforderungen und Herstellungsmerkmale an Paletten definiert.

Diese wird wie folgt beschrieben: fest, flach, wieder verwendbar, aus Holz, 800 mm x 1200 mm, Doppeldeckpalette, nicht umkehrbar, Vierweg-Palette, 9 Klotzpalette für den Transport, die Lagerung, die Handhabung oder den Austausch.

Ebenso werden Kennzeichnung und Ausführung definiert.

Technische Grundlagen:

ÖNORM EN 13698-1f: Verpackung

Produktdatenblatt Furnier

Allgemeine Beschreibung:

In ÖNORM DIN 4079 sind Definitionen der Furnierbezeichnung, des Feuchtigkeitsgehaltes und zulässiger Abweichungen und Dickenbestimmungen enthalten. Sortierrichtlinien bzw. Qualitätsklassen sind nicht definiert, da es sich bei Furnier um ein sehr individuelles Produkt handelt.

Technische Grundlagen:

ÖNORM 4079 Furniere

Produktdatenblatt Möbelholz

Allgemeine Beschreibung:

Für den Bereich des Möbelholzes sind eine Vielzahl von Normen vorhanden, die sich auf die Erstellung bzw. den Einsatz diverser Möbelprodukte beziehen.

Technische Grundlagen:

ÖNORM EN 942:	Holz für Tischlerarbeiten – Allgemeine Klassifizierung der Holzqualität
ÖNORM A 1600-1	Möbel; Arten und Einleitung
ÖNORM A 1600-2:	Möbel - Allgemeines; Be- und Kennzeichnung
ÖNORM A 1605	Möbel-Prüfbestimmungen
ÖNORM A 1605-1:	Allgemeines
ÖNORM A 1605-2:	Abmessungen und Massen
ÖNORM A 1605-3:	Behältermöbel
ÖNORM A 1605-4:	Tische
ÖNORM A 1605-5:	ungepolsterte und leicht gepolsterte Sitzmöbel
ÖNORM A 1605-6:	Polstermöbel und Matratzen
ÖNORM A 1605-7:	Bettgestelle und Betteinsätze
ÖNORM A 1605-8:	Kleinformöbel, Gerätemöbel und Kleiderablagen
ÖNORM A 1605-9:	Schubladen und Auszugsplatten
ÖNORM A 1605-10:	Türen, Klappen und Rolladen
ÖNORM A 1605-11:	Fachbretter und Kleiderstangen
ÖNORM A 1605-12:	Möbeloberflächen
ÖNORM A 1610	Möbel-Anforderungen
ÖNORM A 1610-1:	Werkstoffe und Werkarbeit
ÖNORM A 1610-2:	Maße, Stellflächen und Abstände
ÖNORM A 1610-3:	Behältermöbel
ÖNORM A 1610-4:	Tische
ÖNORM A 1610-5:	ungepolsterte und leicht gepolsterte Sitzmöbel
ÖNORM A 1610-6:	Polstermöbel und Matratzen
ÖNORM A 1610-7:	Bettgestelle und Betteinsätze
ÖNORM A 1610-8:	Kleinformöbel, Gerätemöbel und Kleiderablagen
ÖNORM A 1610-9:	Schubladen und Auszugsplatten
ÖNORM A 1610-10:	Türen, Klappen und Rolladen
ÖNORM A 1610-11:	Fachbretter und Kleiderstangen
ÖNORM A 1610-12:	Möbeloberflächen

Produktdatenblatt OSB-Platte

Allgemeine Beschreibung:

OSB-Platten sind aus langen, schlanken, ausgerichteten Spänen bzw. Strands zusammengesetzt. Die Strands mit vorbestimmter Form und Dicke (ca. 0,6 mm dick, 75 mm lang und 35 mm breit) werden mit einem Bindemittel zur Mehrschichtplatte gefertigt. Die Strands in den Außenschichten sind parallel zur Plattenlänge oder -breite ausgerichtet; Strands in der Mittelschicht bzw. in den Mittelschichten können zufällig angeordnet sein oder sind im allgemeinen rechtwinkelig zu den Strands der Außenschichten ausgerichtet. Dadurch weisen die OSB-Platten in Längs- und Querrichtung unterschiedliche Eigenschaften auf. Die Biegefestigkeit in der Längsrichtung der Platte liegt deutlich höher als in der Querrichtung.

Einsatzbereich:

OSB-Platten werden als Beplankungsmaterial (oft mit tragender und/oder aussteifender Funktion) im Holzbau verwendet. Auf Grund der Formstabilität und der Möglichkeit formschlüssige Nut & Federverbindungen herstellen zu können, kann durch Verklebung der Platten die Winddichtheit der Fassaden oder Dachausbaus gewährleistet werden. Weitere Verwendungsmöglichkeiten liegen im Laden- und Messebau, Verpackungsindustrie, Betonschalung, Fahrzeug- und Waggonbau und im Innenausbau. Durch die dekorative Oberfläche (geschliffen angeboten) wird OSB auch im Möbelbau eingesetzt.

Typische Plattenmaße:

Plattendicke: 6 - 40 mm

Plattenformate: 607 x 2 800 bis 2500 x 6 250 mm

Technische Daten:

Eigen-schaft	Prüfverfahren	Einheit	OSB/1	OSB/2	OSB/3	OSB/4
Biegefestigkeit Hauptachse	EN 310	N/mm ²	18	20	20	28
Biegefestigkeit Nebenachse	EN 310	N/mm ²	9	10	10	15
Biege-E-Modul Hauptachse	EN 310	N/mm ²	2 500	3 500	3 500	4 800
Biege-E-Modul Nebenachse	EN 310	N/mm ²	1 200	1 400	1 400	1 900
Querkzugfestigkeit	EN 319	N/mm ²	0,28	0,32	0,32	0,45
Dicken quellung - 24 h	EN 317	%	25	20	15	12

Mechanische Eigenschaften und Quellung von OSB-Platten Typ 1-4 im Dickenbereich von 10 - 18 mm laut ÖNORM EN 300 (Produkteigenschaften – keine charakteristischen Werte zur Verwendung für konstruktive Berechnungen)

	Parallel zur Faserrichtung der Decklage	Rechtwinkelig zur Faserrichtung der Decklage
Biegung rechtwinkelig zur Platte	4,2 – 8,0	3,6 – 2,2
Biegung in Plattenebene	4,8 – 3,3	2,6 – 2,2
Zug in Plattenebene	2,6 – 2,0	1,6 – 1,4
Druck in Plattenebene	4,5 – 3,2	2,8 – 2,2
Biege-E-Modul rechtwinkelig zur Platte	6 500 – 4 100	2 800 – 1 600

Mechanische Eigenschaften von OSB-Platten (laut Firmenangaben) (Angaben in N/mm²)

Norm

ÖNORM EN 300: Platten aus langen, schlanken, ausgerichteten Spänen (OSB) - Definition, Klassifizierung und Anforderungen

(proLignum : <http://www.pro-lignum.it/download/251v251d308.doc>, abgerufen am 15.12.2009, 15:10)

Produktdatenblatt Holzfaserplatten

Holzfaserplatte hart:

Allgemeine Beschreibung:

Die harte Faserplatte wird in Stärken bis 8 mm und einer Dichte $\geq 900 \text{ kg/m}^3$ aus Lignocellulosefasern (Holz, Stroh, Bagasse) hergestellt. Die Herstellung erfolgt vorwiegend nach dem Nassverfahren, d.h. mit einer Faserfeuchte von mehr als 20 % im Stadium der Plattenformung. Solcher Art gefertigte Platten haben rückseitig eine Siebmarkierung, wohingegen Platten nach dem Trockenverfahren beidseitig glatte Oberflächen aufweisen. Die Bindung erfolgt größtenteils durch Verfilzung der Fasern und durch Zugabe geringer Mengen eines Bindemittels. Durch Zusätze und Nachbehandlungen lassen sich die Eigenschaften verbessern. Infolge ihres visko-elastischen Verhaltens können die Platten bei ihrer Verarbeitung bis zu einem Radius von etwa 25 cm gebogen werden.

Einsatzbereich:

Je nach Plattentyp (HB.LA, HB.HLA1, HB.HLA2) gemäß Zulassung des Herstellers bzw. gemäß ÖNORM EN 622-2.

Typische Plattenmaße:

Länge: 2500 mm

Breite: 1250 mm

Dicke: 3,2-8 mm

Mechanische Eigenschaften:

Abhängig vom Plattentyp ergeben sich unterschiedliche Mechanische Eigenschaften gemäß ÖNORM EN 12369-1.

Mechanische Eigenschaften für Plattentyp HB.HLA2:

Dichte: $800 \text{ kg/m}^3 - 900 \text{ kg/m}^3$

Festigkeit: $32 \text{ N/mm}^2 - 37 \text{ N/mm}^2$

E-Modul: $4600 \text{ N/mm}^2 - 5000 \text{ N/mm}^2$

Schubmodul: $1900 \text{ N/mm}^2 - 2100 \text{ N/mm}^2$

Technische Grundlagen:

ÖNORM EN 622-2: Faserplatten – Anforderungen an harte Platten

Holzfaserplatte mittelhart:

Allgemeine Beschreibung:

Die mittelharte Faserplatte mit einer Dichte $\geq 400 \text{ kg/m}^3$ bis 900 kg/m^3 wird aus Fasern (Holz, Stroh, Bagasse) hergestellt. Für Bauzwecke sind nur Platten mit hoher Dichte ($\leq 560 \text{ kg/m}^3$) geeignet. Die Herstellung erfolgt vorwiegend nach dem Nassverfahren. Solcher Art gefertigte Platten haben rückseitig eine Siebmarkierung, wohingegen Platten nach dem Trockenverfahren beidseitig glatte Oberflächen aufweisen. Die Bindung erfolgt größtenteils durch Verfilzung der Fasern und durch Zugabe geringer Mengen eines Bindemittels. Durch Zusätze und Nachbehandlungen lassen sich die Eigenschaften verbessern.

Einsatzbereich:

Je nach Plattentyp (MBH.LA1, MBH.LA2, MBH.HLS1, MBH.HLS2) gemäß Zulassung des Herstellers bzw. gemäß ÖNORM EN 622-3.

Typische Plattenmaße:

Länge: 2440 mm

Breite: 1220 mm

Dicke: 5-16 mm

Mechanische Eigenschaften:

Abhängig vom Plattentyp ergeben sich unterschiedliche Mechanische Eigenschaften gemäß ÖNORM EN 12369-1.

Mechanische Eigenschaften für Plattentyp HB.HLA2:

Dichte:	600 kg/m ³ - 650 kg/m ³
Festigkeit:	15 N/mm ² - 17 N/mm ²
E-Modul:	2900 N/mm ² – 3100 N/mm ²
Schubmodul:	1200 N/mm ² - 1300 N/mm ²

Technische Grundlagen:

ÖNORM EN 622-3: Faserplatten – Anforderungen an mittelharte Platten

Holzfaserverplatte mitteldicht (MDF):

Allgemeine Beschreibung:

Mitteldichte Faserplatten werden nach dem Trockenverfahren unter Zusatz eines synthetischen Bindemittels hergestellt. Man unterscheidet die Platten nach dem Rohdichtebereich: Hochdichte Faserplatten (HDF), leichte MDF und ultraleichte MDF. Durch Zusätze und Nachbehandlungen lassen sich die Eigenschaften verbessern.

Einsatzbereich:

Je nach Plattentyp (MBH.LA1, MBH.LA2, MBH.HLS1, MBH.HLS2) gemäß Zulassung des Herstellers bzw. gemäß ÖNORM EN 622-3.

Typische Plattenmaße:

Länge:	2440 mm
Breite:	1220 mm
Dicke:	5-16 mm

Mechanische Eigenschaften:

Abhängig vom Plattentyp ergeben sich unterschiedliche Mechanische Eigenschaften gemäß ÖNORM EN 12369-1.

Mechanische Eigenschaften für Plattentyp HB.HLA2:

Dichte:	600 kg/m ³ - 650 kg/m ³
Festigkeit:	15 N/mm ² - 17 N/mm ²
E-Modul:	2900 N/mm ² – 3100 N/mm ²
Schubmodul:	1200 N/mm ² - 1300 N/mm ²

Technische Grundlagen:

ÖNORM EN 622-3: Faserplatten – Anforderungen an mittelharte Platten

(dataholz: http://www.dataholz.com/Public/Baustoffe/Datenblaetter/hb_210406.pdf, abgerufen am 15.12.2009, 15:13, http://www.dataholz.com/Public/Baustoffe/Datenblaetter/mdf_200406.pdf, abgerufen am 15.12.2009, 15:16, http://www.dataholz.com/Public/Baustoffe/Datenblaetter/mb_210406.pdf, abgerufen am 15.12.2009, 15:17)

Produktdatenblatt Altholz

Allgemeine Beschreibung:

Altholz bezeichnet Holzprodukte, die nach unterschiedlichen Nutzungszeiträumen aus ihrem Einsatzbereich ausscheiden. Die Spannbreite reicht hierbei von kurzzeitig eingesetzten Hölzern bis zu längerfristig genutztem Holz beispielsweise aus dem Gebäudebau.

(vgl. Branchenkonzept Holz, 1995)

Einsatzbereich:

Althölzer können sowohl einer stofflichen Verwertung, als auch einer energetischen Verwertung unterzogen werden. Hierfür sind Aufbereitungs- und Bearbeitungsschritte notwendig. Weiters kann Altholz im gleichen Bereich wiederverwendet bzw. in anderen Bereichen weiterverwendet werden.

(vgl. Branchenkonzept Holz, 1995)

Eigenschaften:

Das Branchenkonzept Holz unterteilt in sieben Qualitätsklassen:

Q1 Naturbelassene Rest- und Althölzer

Q1.1 Hackgut

Q1.1.1 ohne Rinde

Q1.1.2 mit Rinde

Q1.2 Stückrestholz (Kappholz, Schwarten, Spreißel, Holzemballagen)

Q1.2.1 ohne Rinde

Q1.2.2 mit Rinde

Q1.3 Holzspäne, Presslinge

Q1.4 Holzstaub

Q2 Rinde

Q3 Bindemittelhaltige und halogenfrei beschichtete Rest- und Althölzer (Span- und Faserplattenreste,...)

Q3.1 unbeschichtet

Q3.1.1 Stückrestholz

Q3.1.2 Späne

Q4 Oberflächenbehandelte Rest- und Althölzer

Q4.1 Stückrestholz

Q4.2 Späne

Q5 Teerölimprägnierte Rest- und Althölzer

Q6 Salzprägnierte Rest- und Althölzer

Q7 Halogenhaltige Holz-Kunststoff-Verbunde

Liiteratur:

Branchenkonzept Holz, Bundesministerium für Umwelt, Fachverband, Wirtschaftskammer, 1995, Wien

Produktdatenblatt energetische Nutzung von Holz

Allgemeine Beschreibung:

In der ÖNORM M 7132 sind wesentliche Merkmale zur Bewertung von Holz und Rinde als Brennstoff definiert. Der Geltungsbereich umfasst sämtliche energetische Verwertungen von unbehandeltem Holz. Altstoffe fallen somit nicht in den Wirkungsbereich dieser Normenanwendung.

Unterschieden wird nach Holzart, chemischen Grunddaten, Heiz- und Brennwert, Form, Rohdichte, Festgehalt, Wassergehalt, Verschmutzungsgrad.

Mittlere Werte für die Darrdichte:

Technische Grundlagen:

- | | |
|--------------|---|
| ÖNORM M 7132 | Energiewirtschaftliche Nutzung von Holz und Rinde als Brennstoff, Begriffsbestimmung und Merkmale |
| ÖNORM M 7133 | Holzhackgut für energetische Zwecke – Anforderungen und Prüfbestimmungen |
| ÖNORM M 7135 | Presslinge aus naturbelassenem Holz oder naturbelassener Rinde, Pellets und Briketts |
| ÖNORM M 7136 | Presslinge aus naturbelassenem Holz – Qualitätssicherung in der Transport- und Lagerlogistik |
| ÖNORM M 7137 | Presslinge aus naturbelassenem Holz – Holzpellets – Anforderungen an die Pelletslagerung beim Endkunden |
| ÖNORM 51731 | Prüfung fester Brennstoffe – Presslinge |

Modellpläne der Holzverarbeitung

Holzverarbeitung gesamt

Holzfas_gesamt in 0

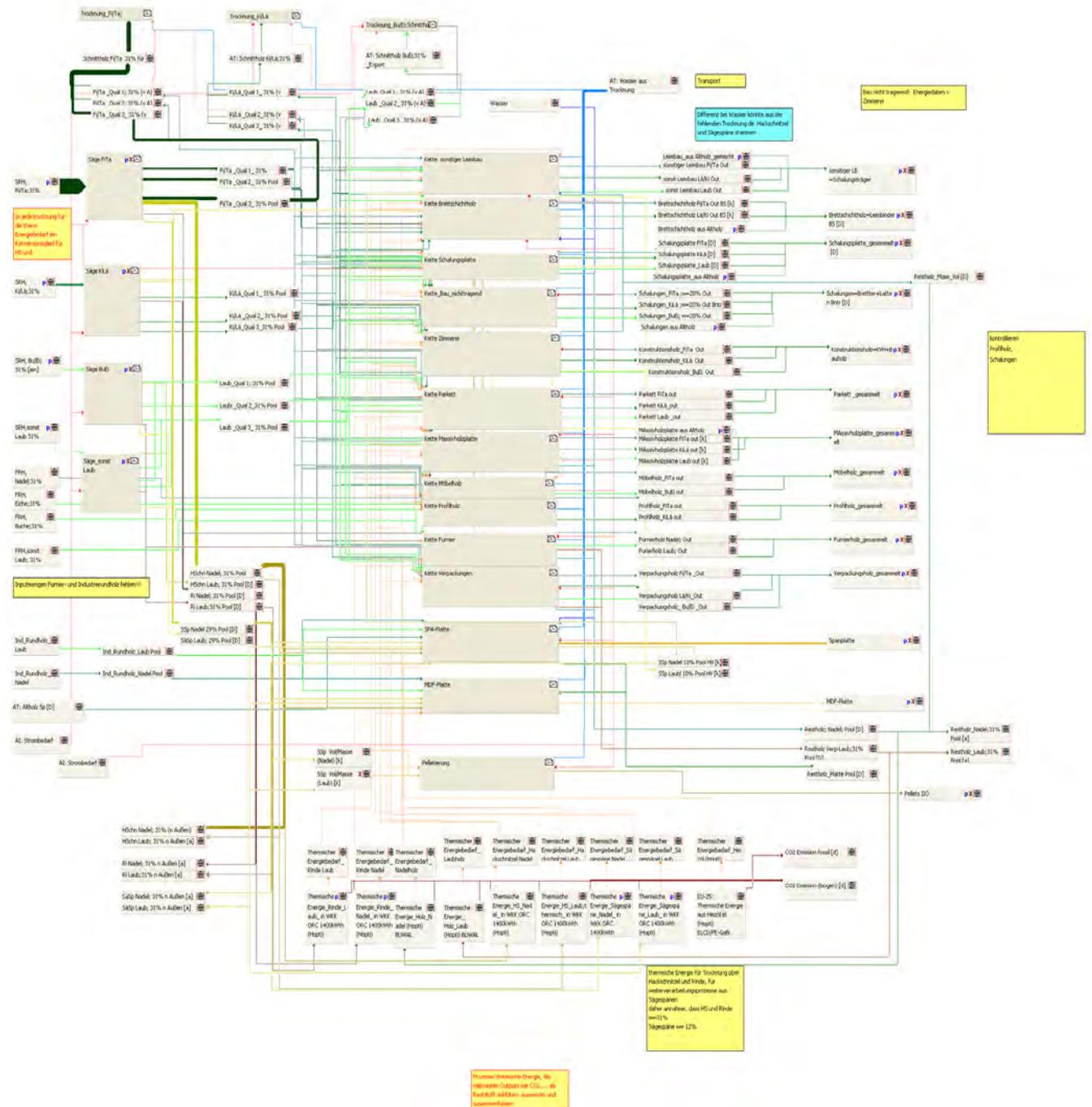


Abbildung 1 Gesamtplan Holzverarbeitung

Säge

Säge FITa p

GaBi 4 Prozesskettendiagramm
Es werden die Namen der Bausteine angezeigt.

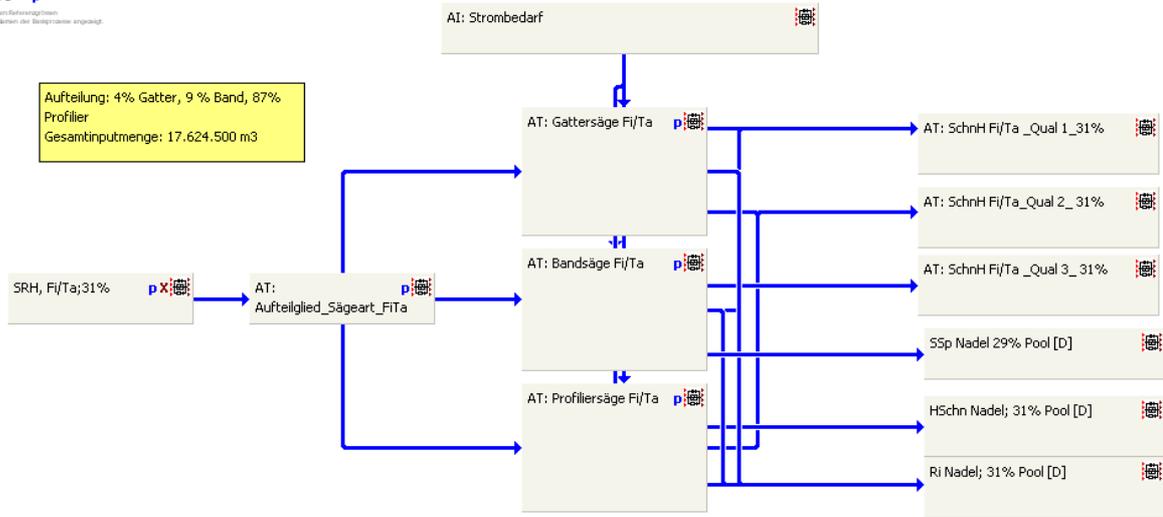


Abbildung 2: GaBi-Modell- Detailplan Säge

Trocknung

Trocknung_Fi/Ta; sonst Leimbau

GaBi 4 Prozesskettendiagramm
Es werden die Namen der Bausteine angezeigt.

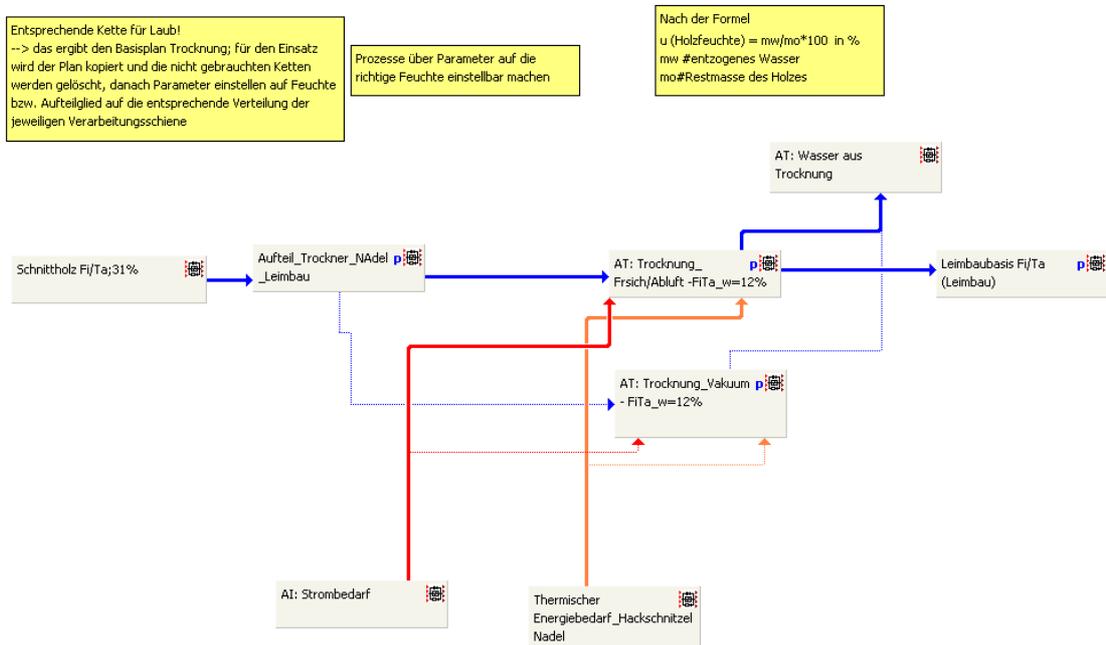
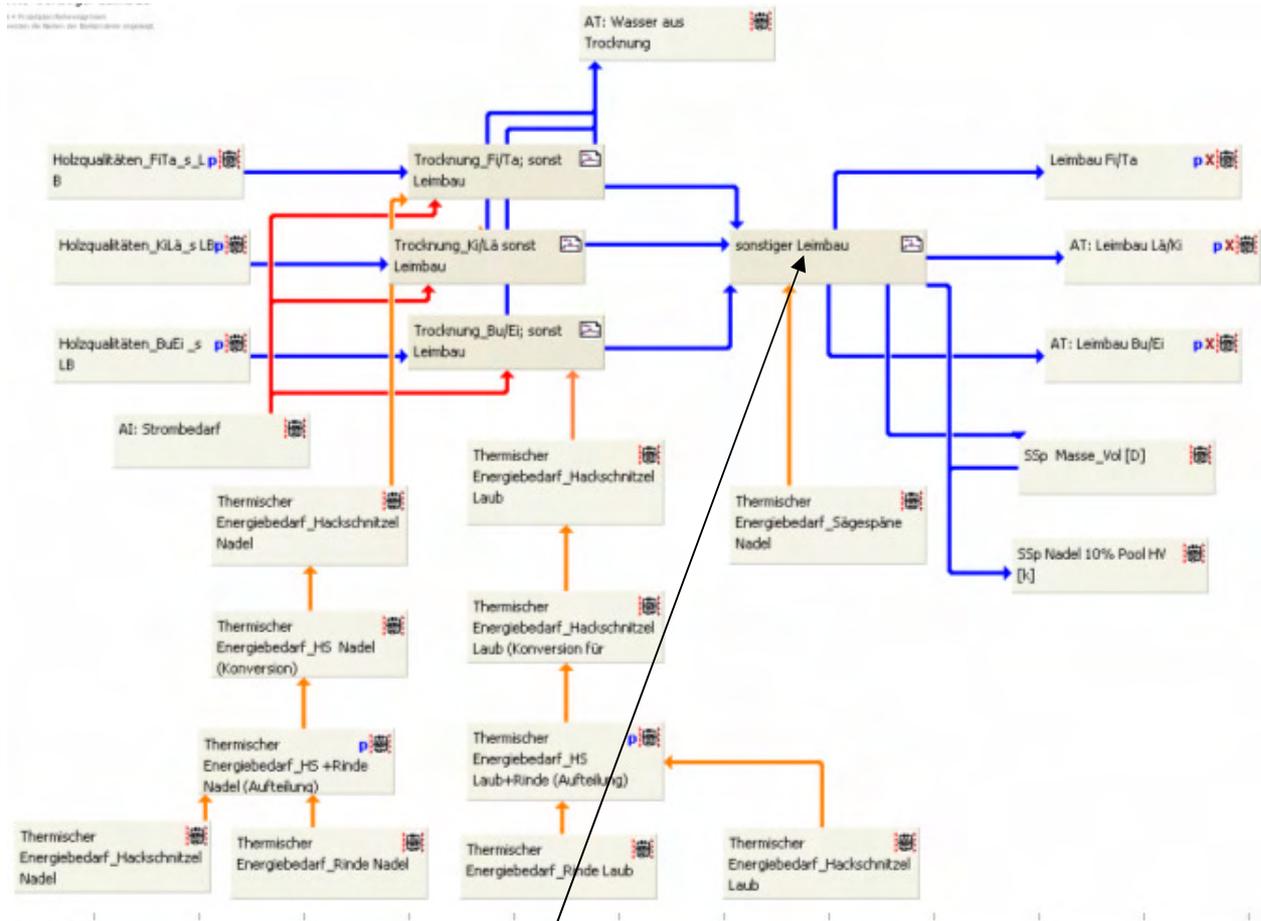


Abbildung 3: GaBi-Modell - Detailplan Trocknung

Sonstiger Leimbau



Subplan sonstiger Leimbau

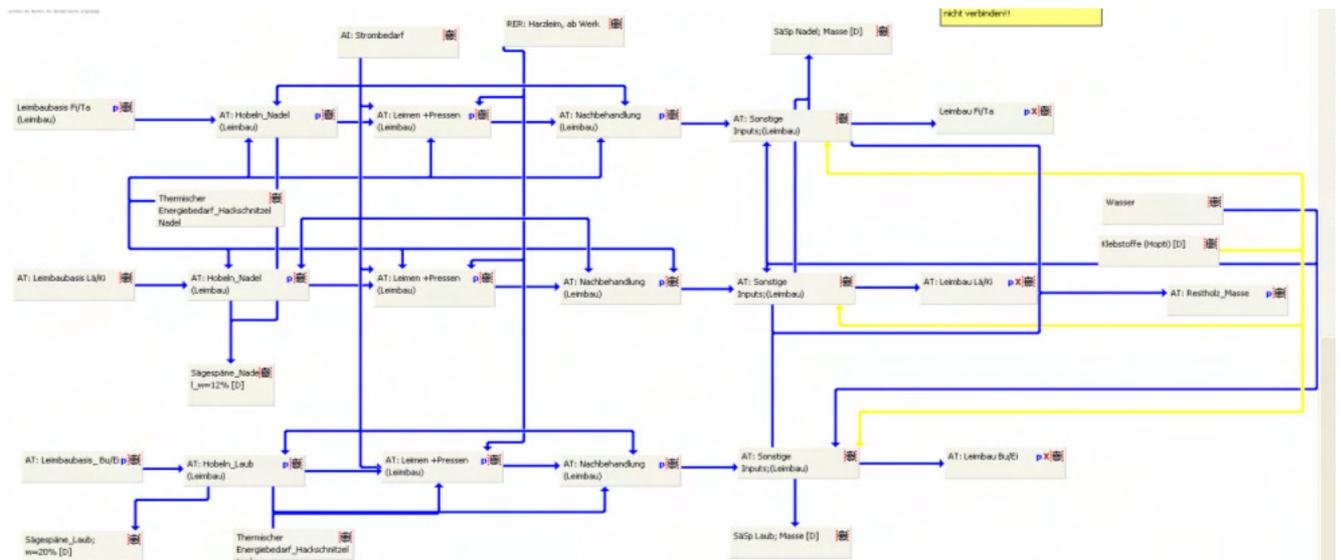
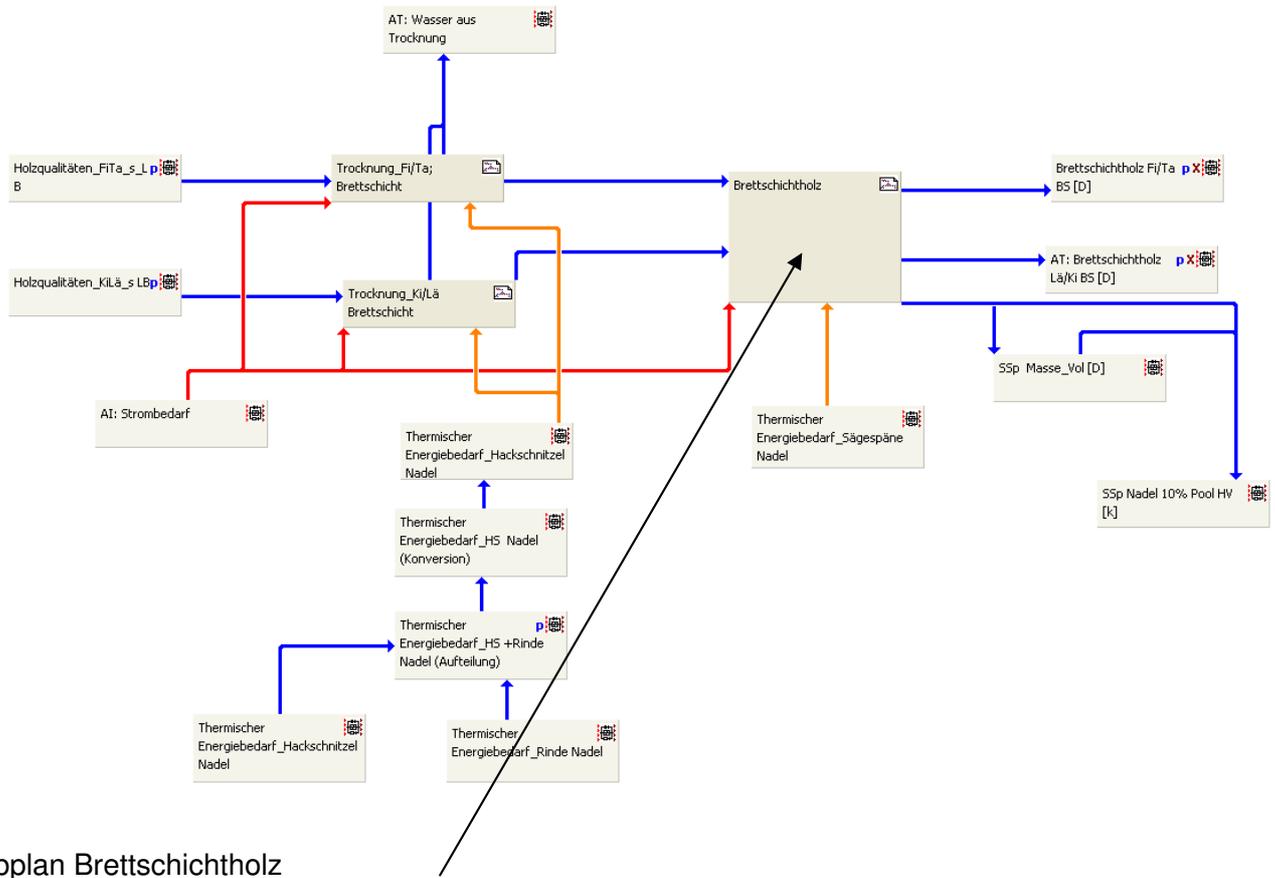


Abbildung 4: GaBi –Modell – Detailplan Kette sonstiger Leimbau

Brettschichtholzherstellung

Kette Brettschichtholz
GaBi 4 Einzelprozessenergieformen
 Es werden die Neben- und Abfallströme angezeigt



Subplan Brettschichtholz

Brettschichtholz
GaBi 4 Einzelprozessenergieformen
 Es werden die Neben- und Abfallströme angezeigt

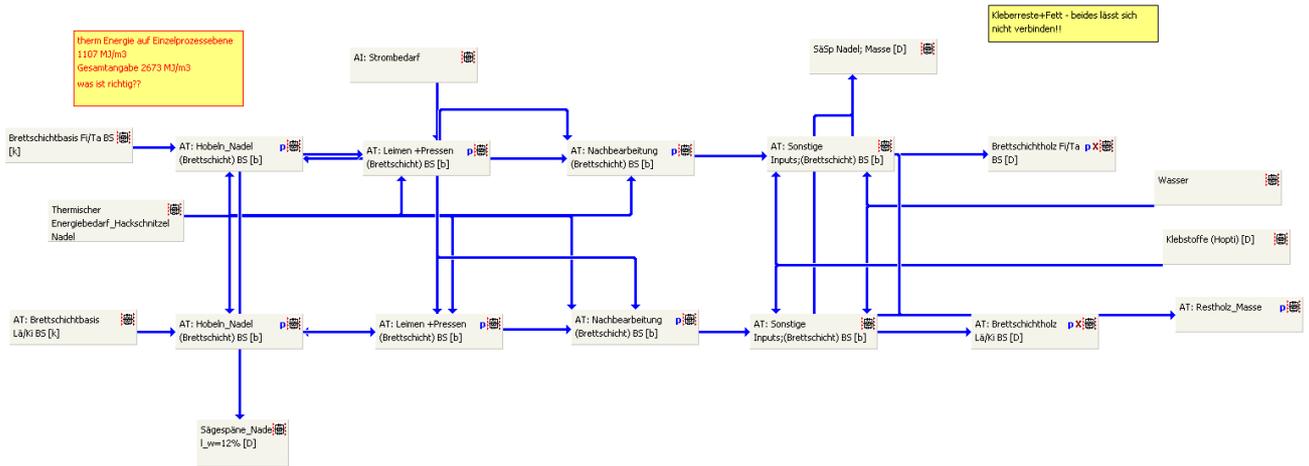


Abbildung 5: GaBi –Modell – Detailplan Kette Brettschichtholz

Massivholzplatte

Kette Massivholzplatte
GaBi + Umweltökobilanzierung
 Es werden die Normen der Branche eingepreist.

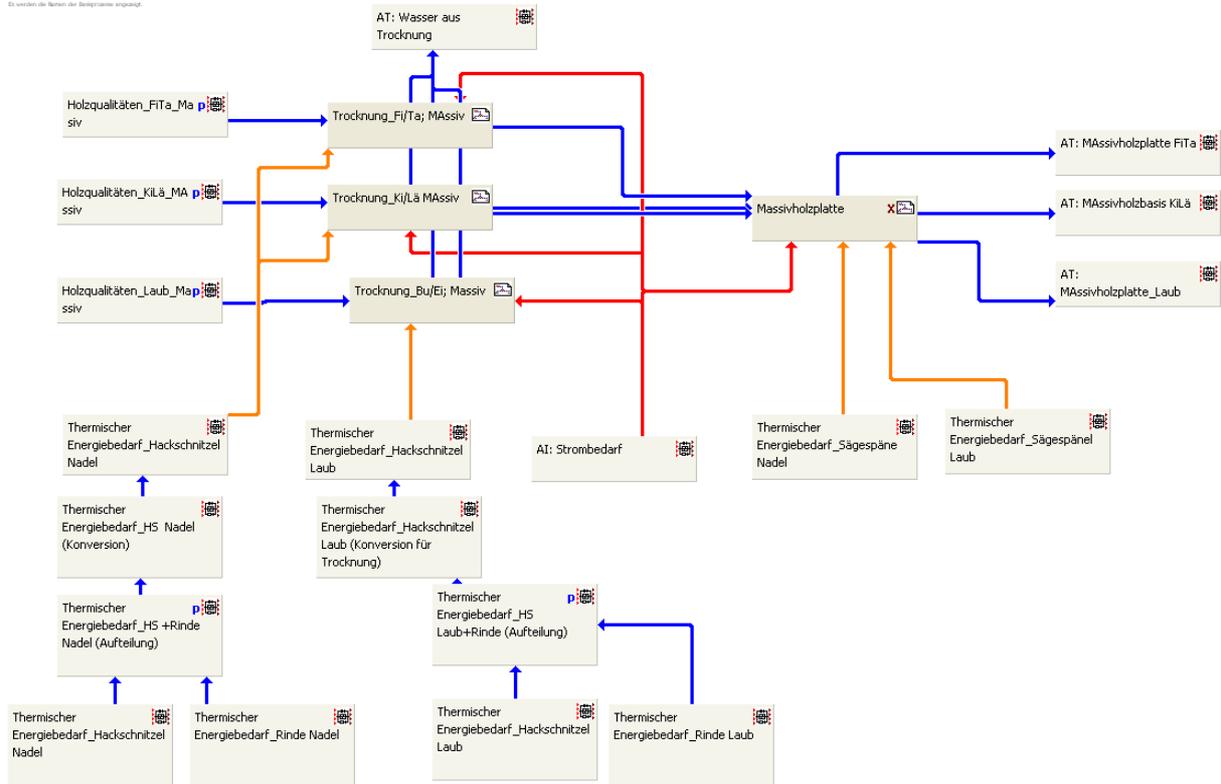


Abbildung 6: GaBi –Modell – Detailplan Kette Massivholzplatte

Schalungsplatte

Kette Schalungsplatte

GaBi - Prozesskette/Flussdiagramm
Es werden die Namen der Bauelemente angezeigt.

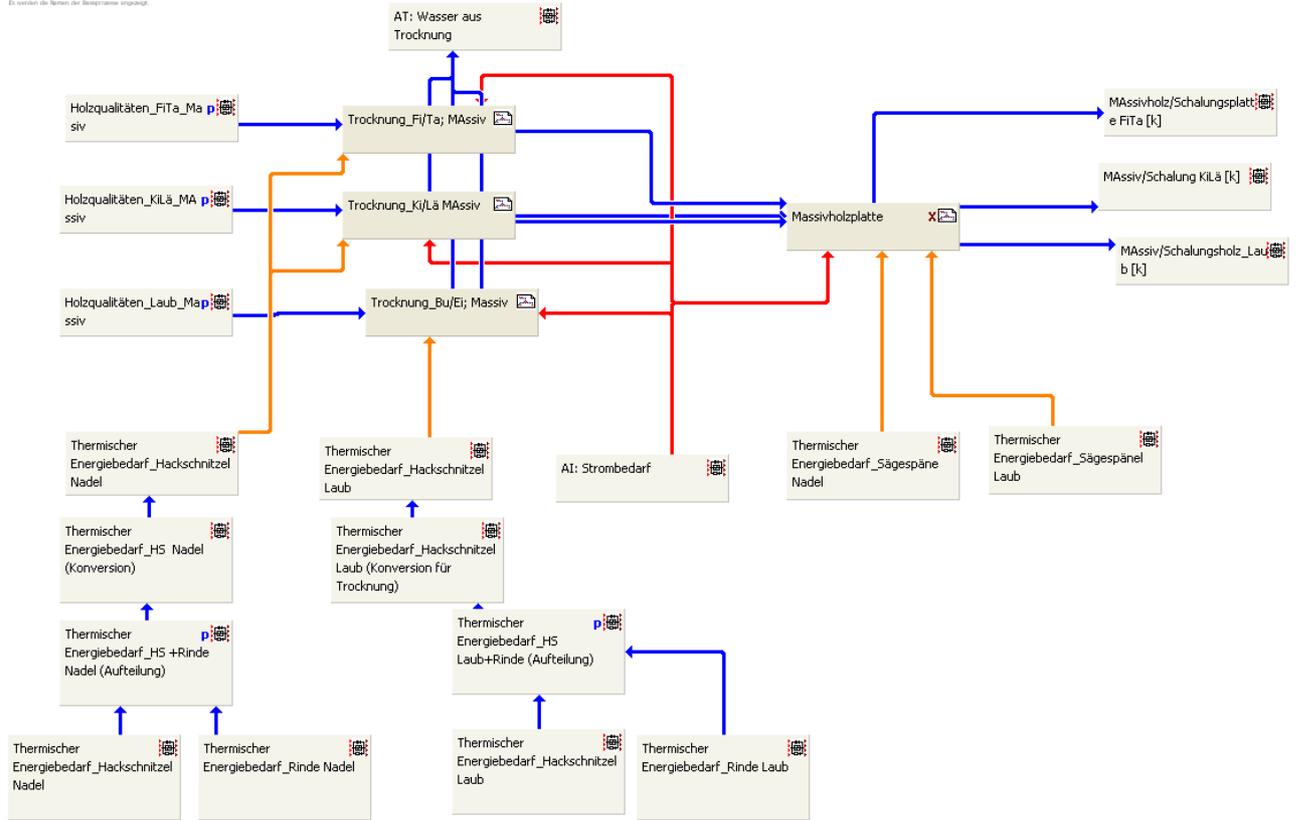
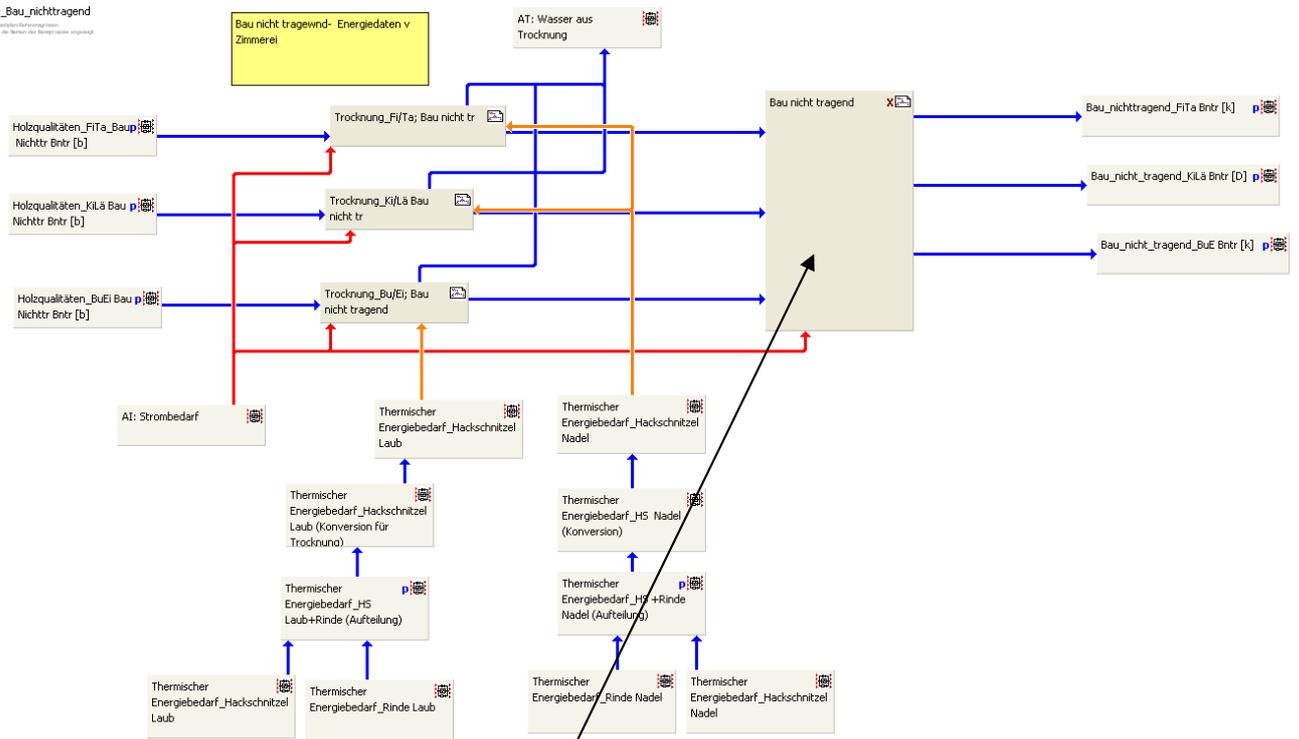


Abbildung 7: GaBi –Modell – Detailplan Kette Schalungsplatte

Bau nicht tragend

Kette_Bau_nichttragend
GaBi 4 Prozesskette/Referenzprozess
 Es werden die Namen der Bauprozesse angezeigt



Subplan Bau nicht tragend

Bau nicht tragend
GaBi 4 Prozesskette/Referenzprozess
 Es werden die Namen der Bauprozesse angezeigt

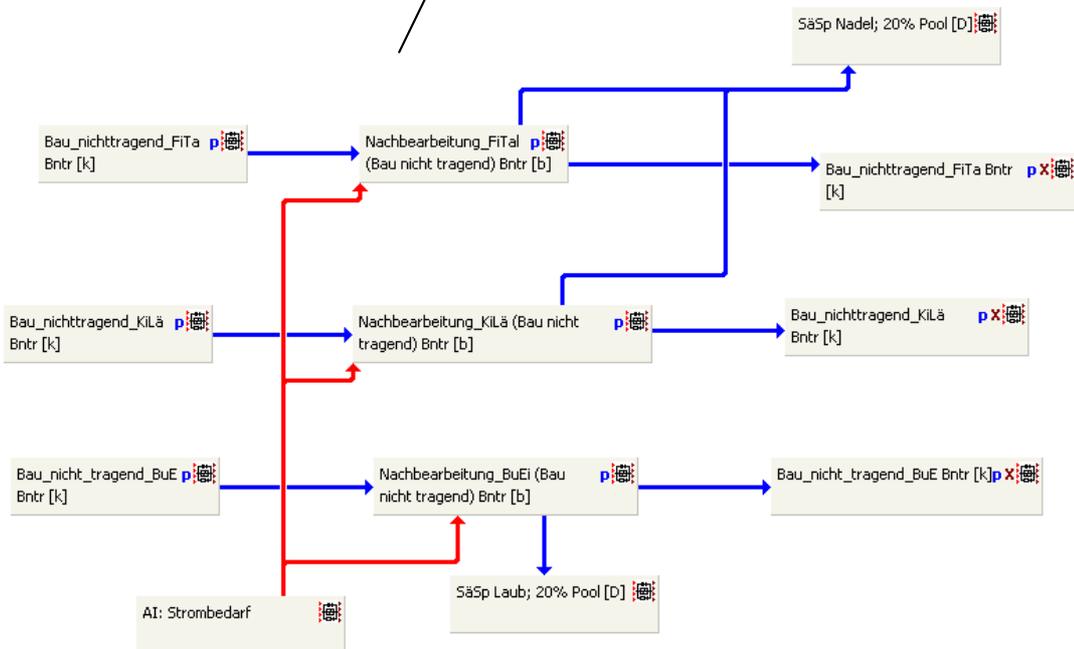
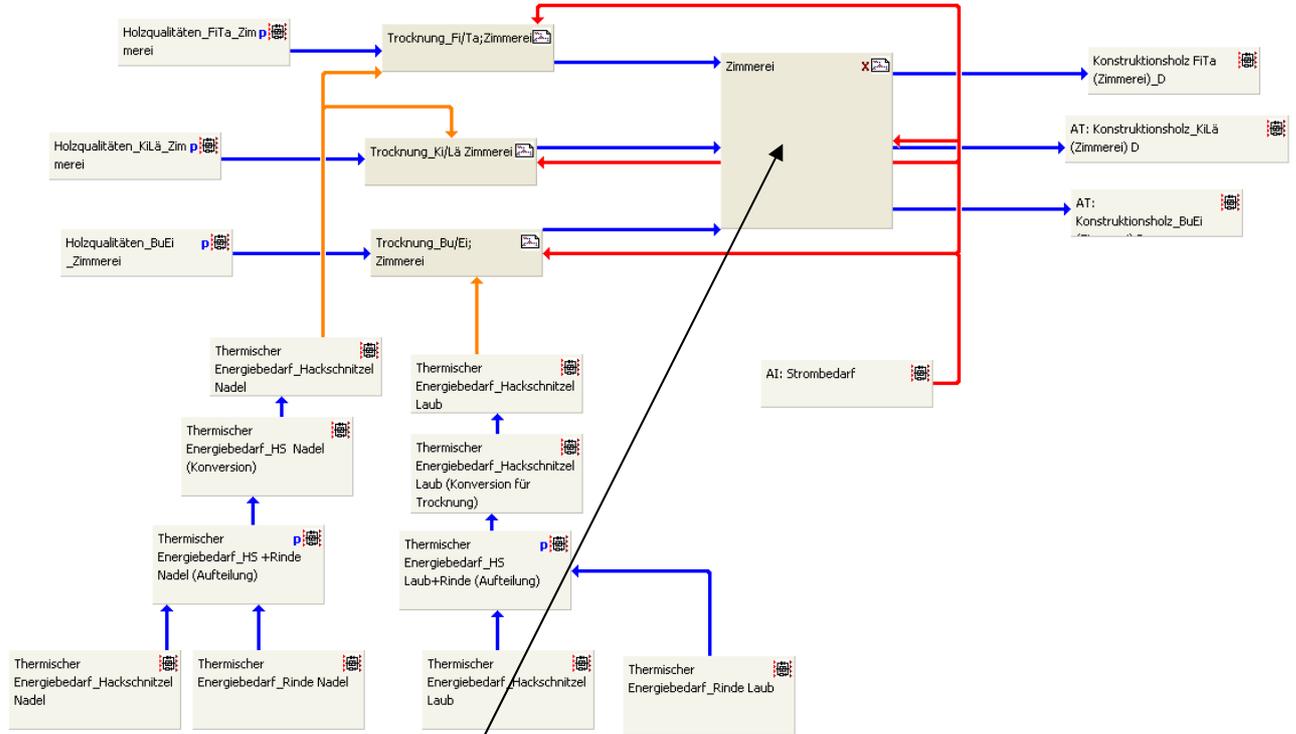


Abbildung 8: GaBi –Modell – Detailplan Kette Bau nicht tragend

Zimmerei - Konstruktionsholz

Kette Zimmerei

GaBi + Prozessdatenströme
Es werden die Namen der Bauprozesse angezeigt.



Subplan Zimmerei

Zimmerei

GaBi + Prozessdatenströme
Es werden die Namen der Bauprozesse angezeigt.

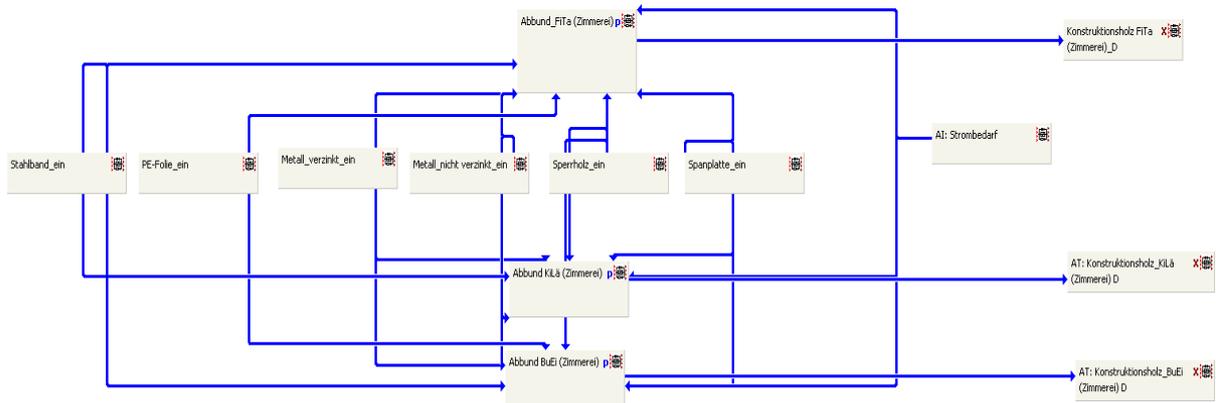
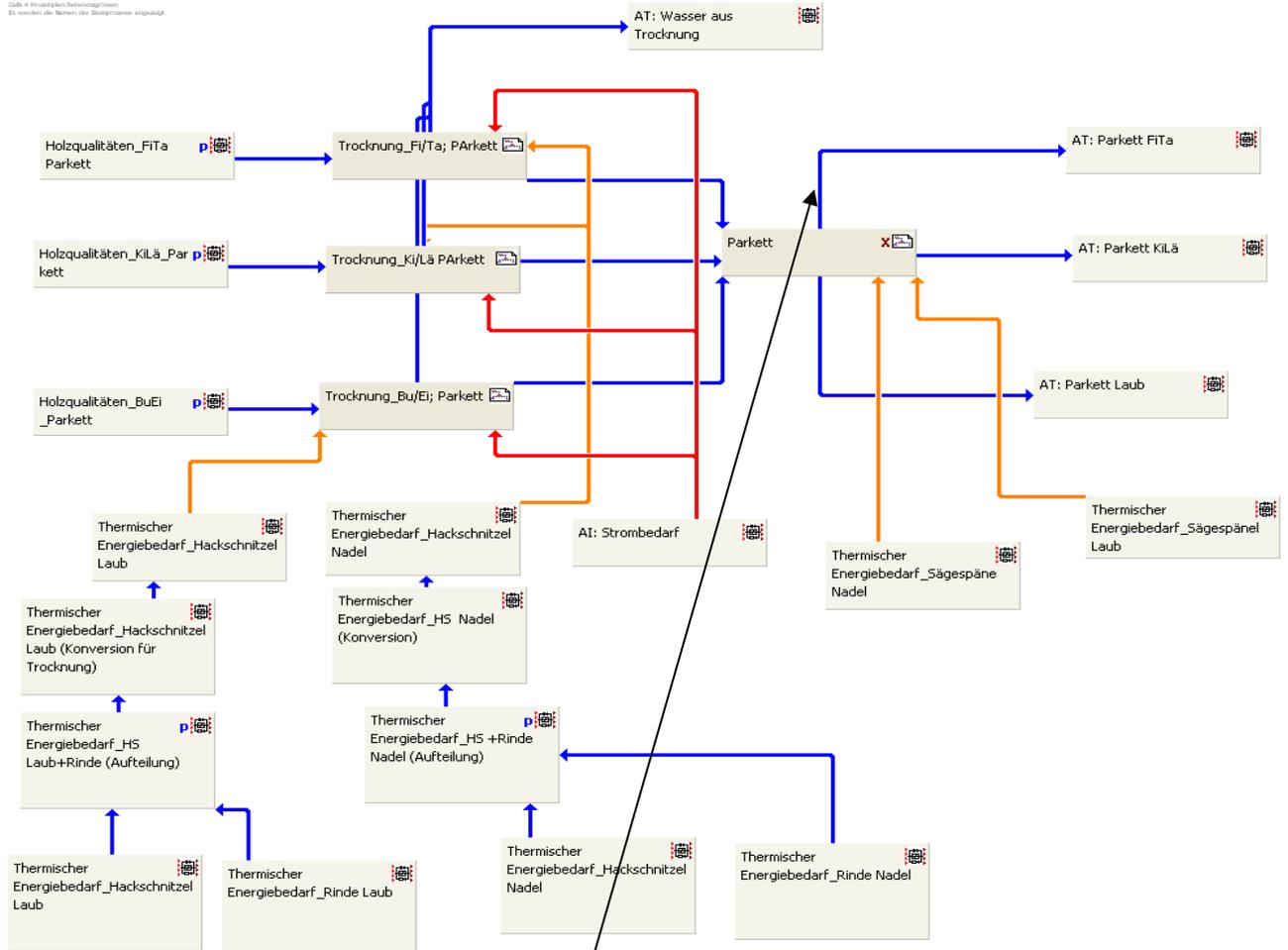


Abbildung 9: GaBi –Modell – Detailplan Kette Zimmerei

Parkett

Kette Parkett

GaBi 4 Prozesskettenergebnissen
Es werden die Namen der Bauelemente angezeigt.



Subplan Parkettherstellung

Parkett

GaBi 4 Prozesskettenergebnissen
Es werden die Namen der Bauelemente angezeigt.

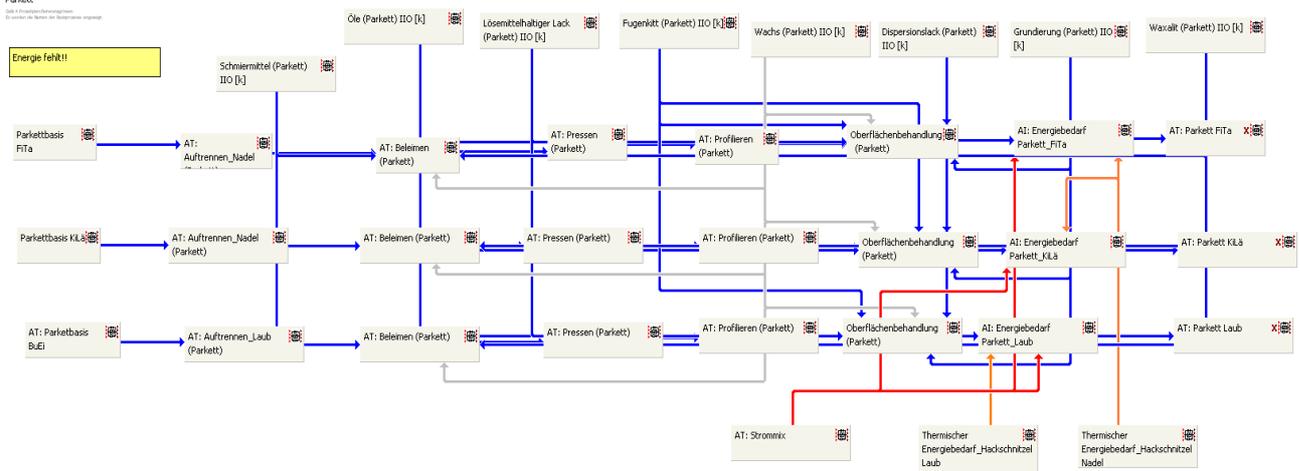
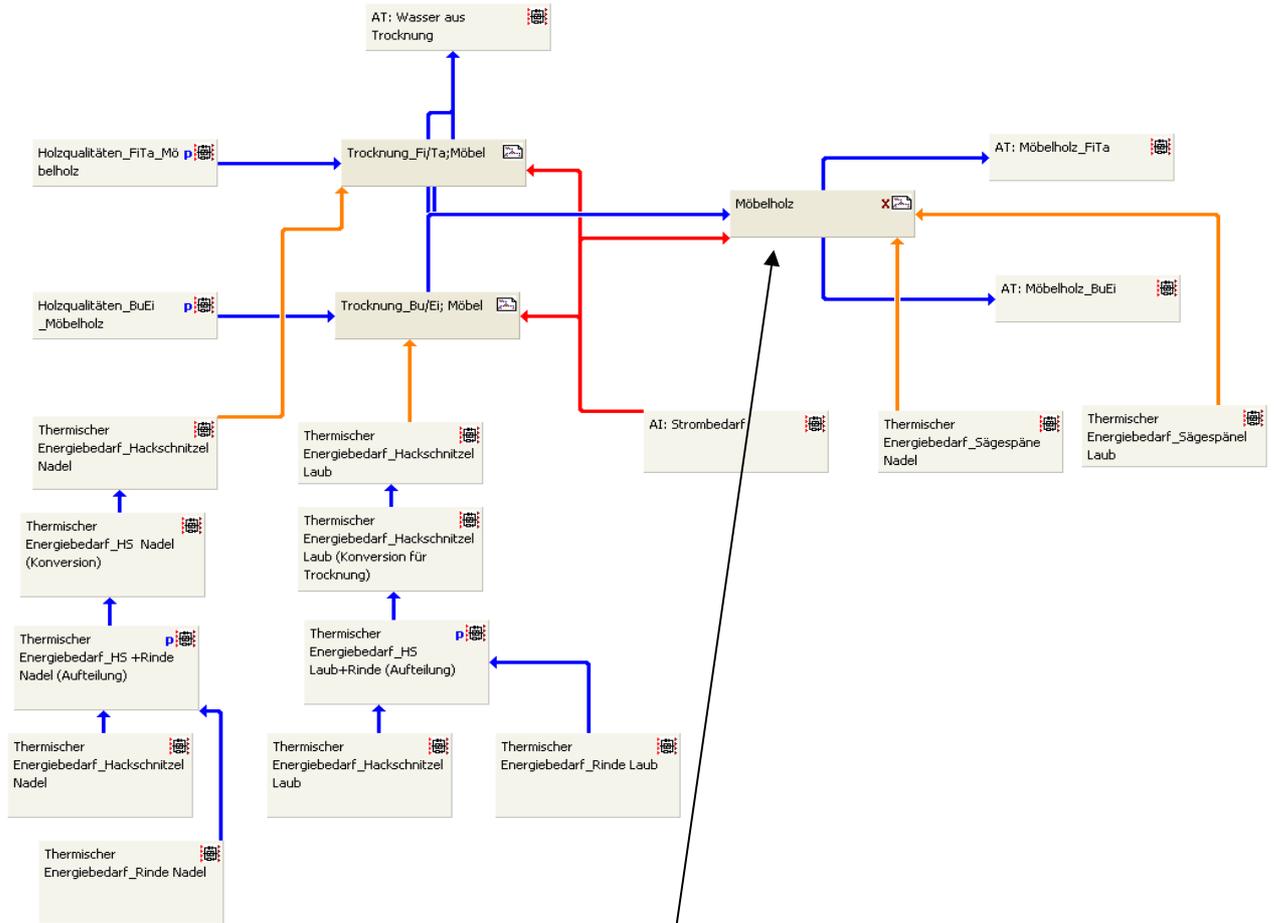


Abbildung 10: GaBi –Modell – Detailplan Kette Parkettherstellung

Möbelholz

Kette Möbelholz

GaBi 4 Prozesskettendarstellung
Es werden die Namen der Bauprozesse angezeigt.



Subplan Möbelholzherstellung

Möbelholz

GaBi 4 Prozesskettendarstellung
Es werden die Namen der Bauprozesse angezeigt.

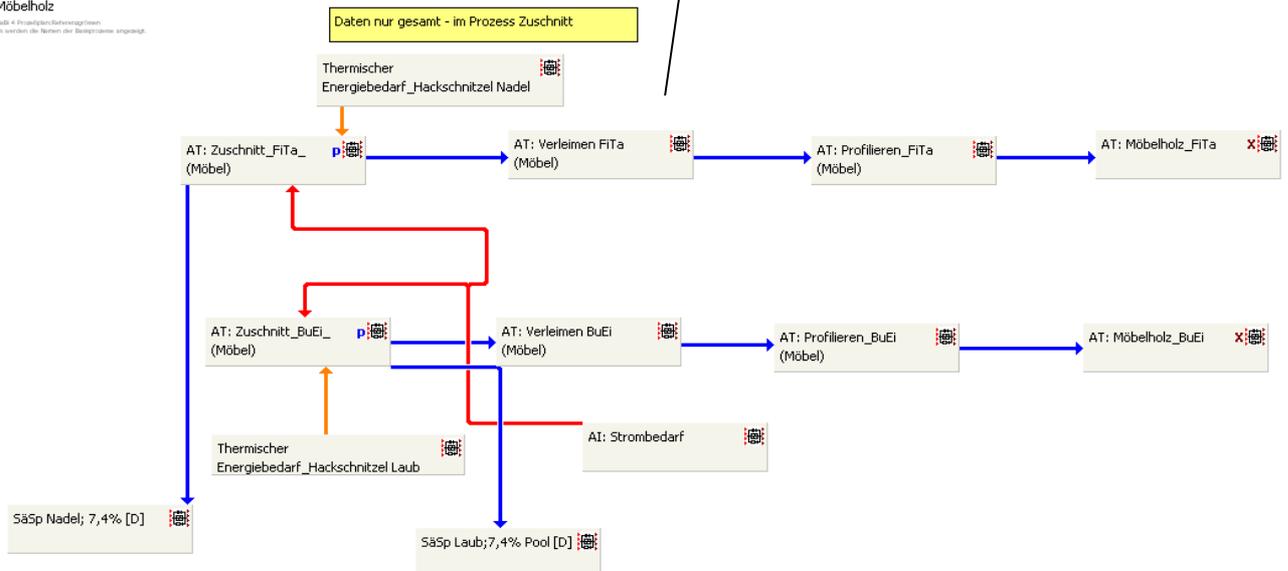
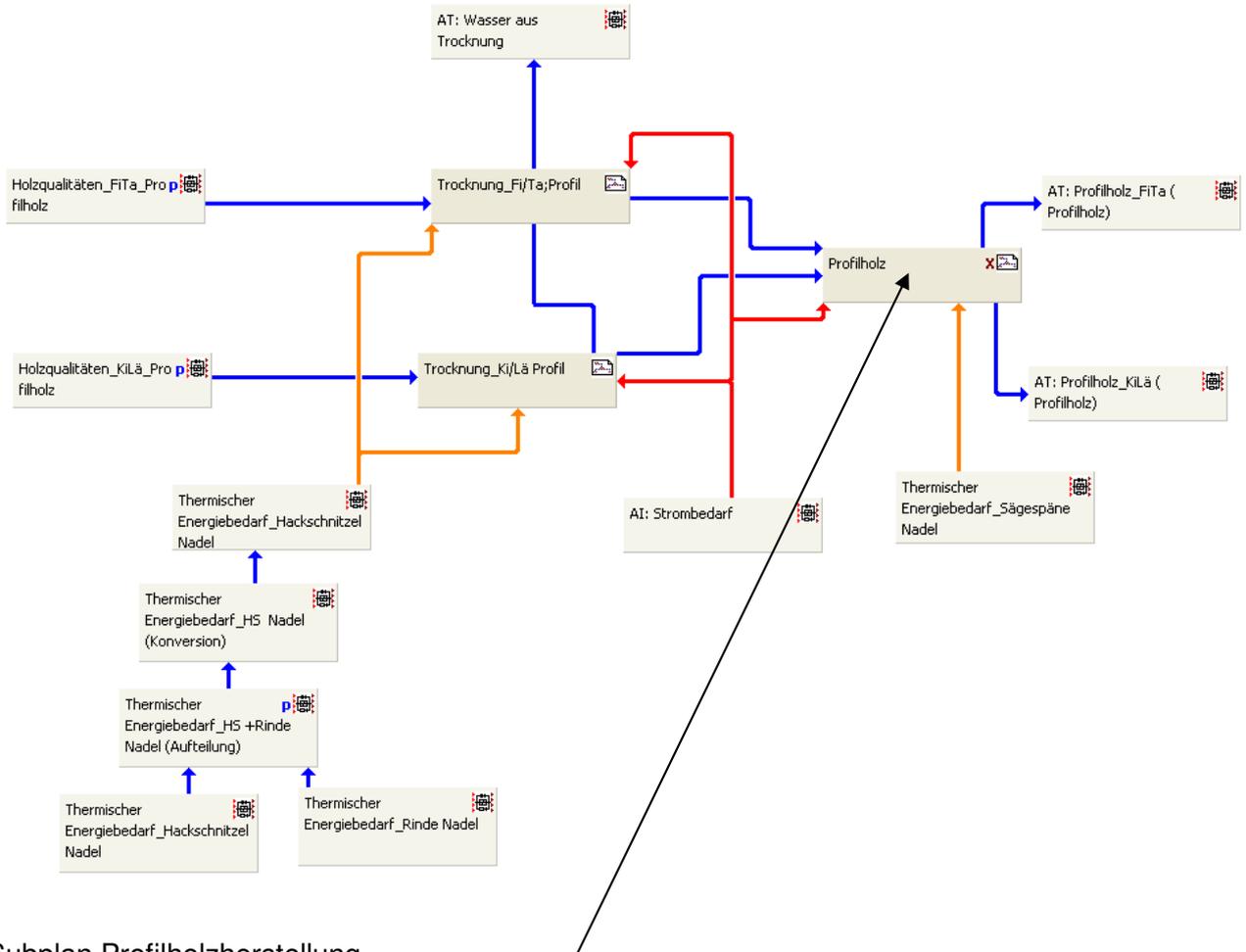


Abbildung 11: GaBi –Modell – Detailplan Kette Möbelholzherstellung

Profilholz

Kette Profilholz

GaBi 4 Prozesskettendiagramm
Es werden die Namen der Bauelemente angezeigt.



Subplan Profilholzherstellung

Profilholz

GaBi 4 Prozesskettendiagramm
Es werden die Namen der Bauelemente angezeigt.

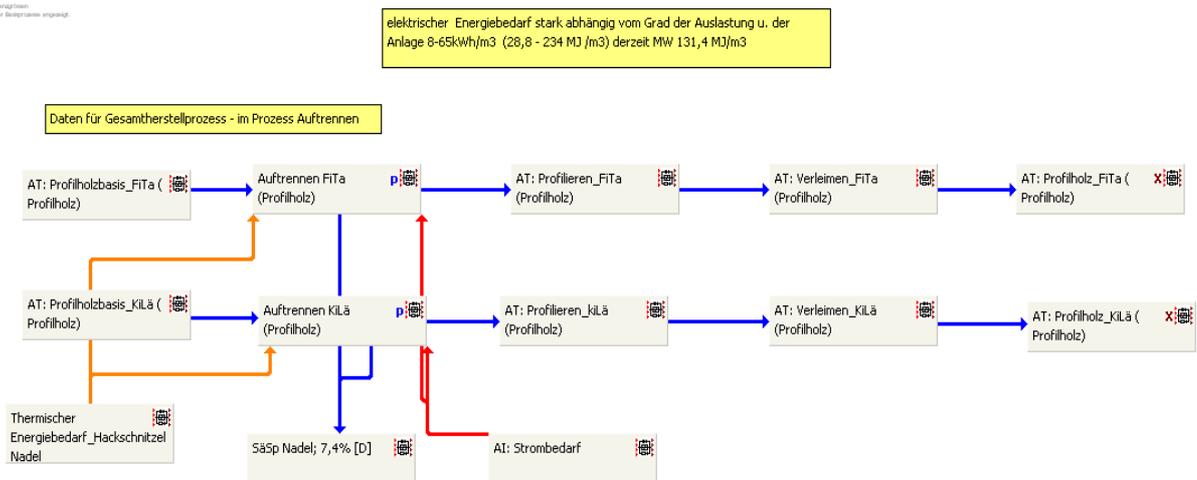


Abbildung 12: GaBi –Modell – Detailplan Kette Profilholzherstellung

Furnier

Kette Furnier

GaBi 4 Prozessplan-Befehlsgrößen
Es werden die Namen der Bestprozesse angezeigt.

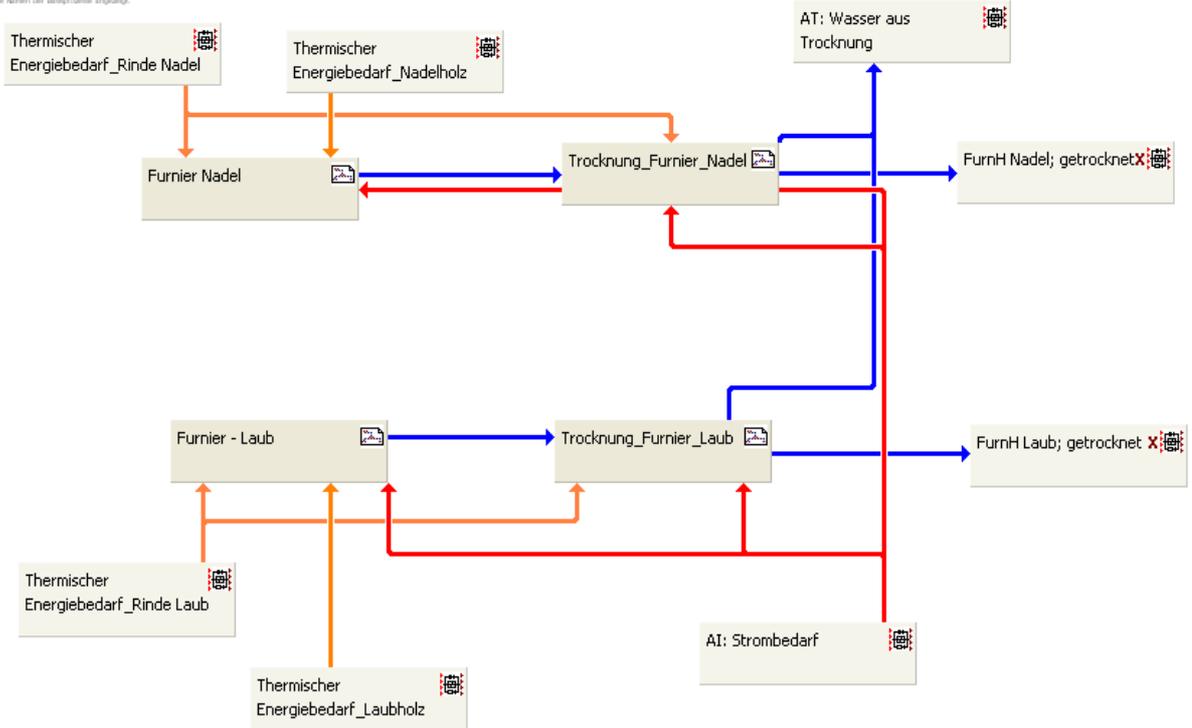
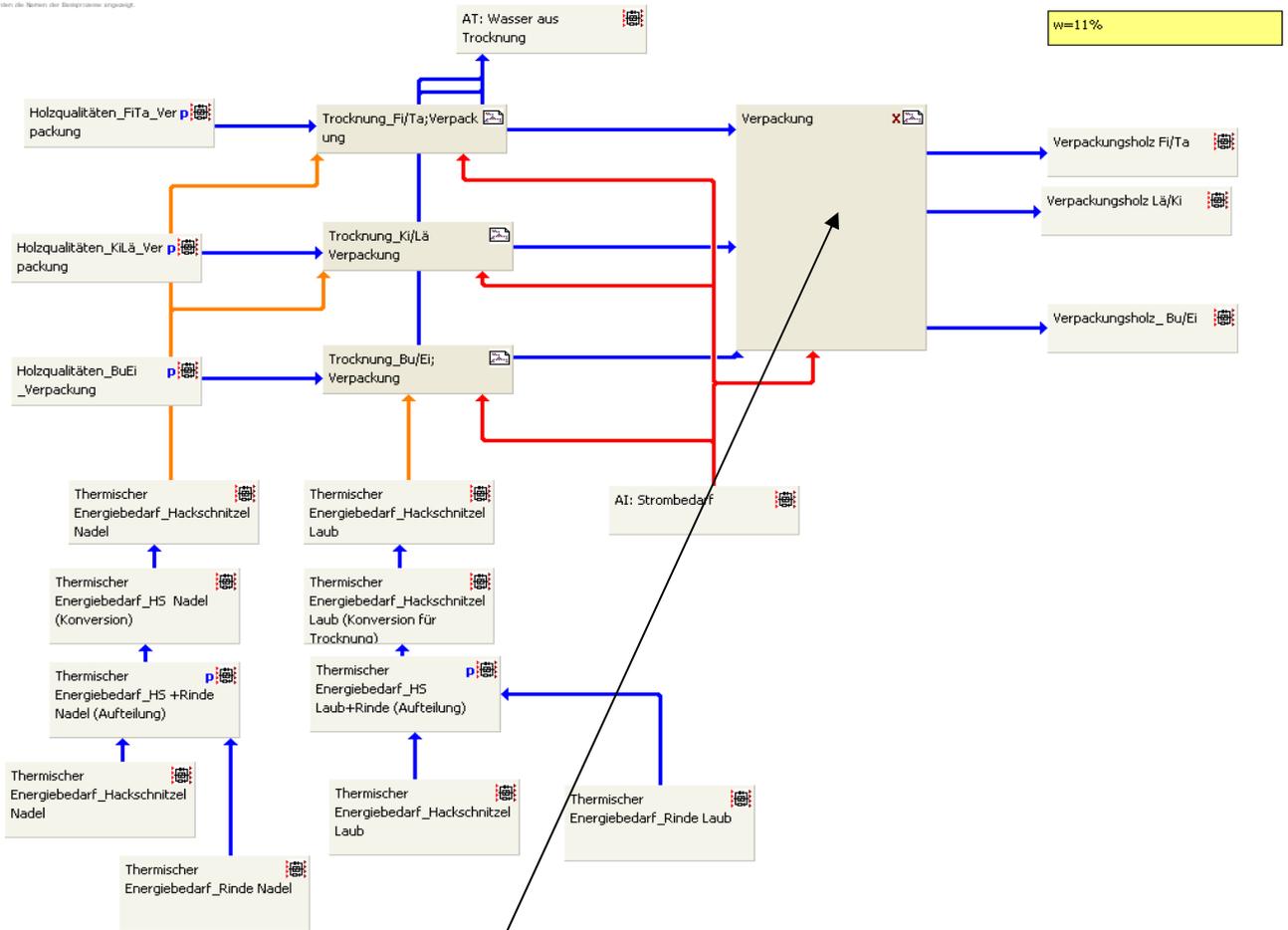


Abbildung 13: : GaBi –Modell – Detailplan Furnierherstellung

Verpackungen

Kette Verpackungen

GaBi 4 Prozessdatenformalogramm
Es werden die Namen der Bauelemente angezeigt.



Subplan Verpackungen

Verpackung

GaBi 4 Prozessdatenformalogramm
Es werden die Namen der Bauelemente angezeigt.

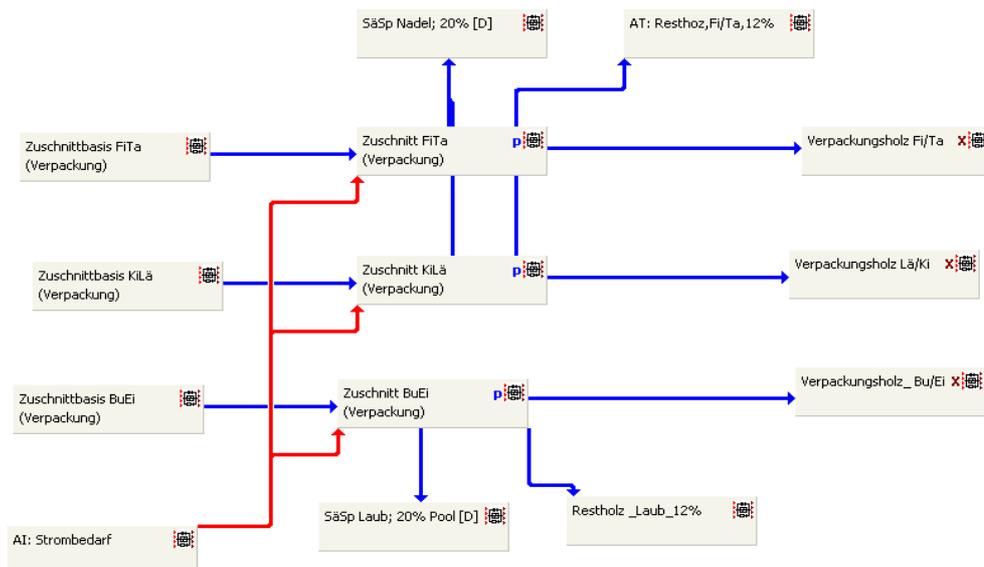


Abbildung 14: GaBi –Modell – Detailplan Kette Verpackungsholz

Spanplatte

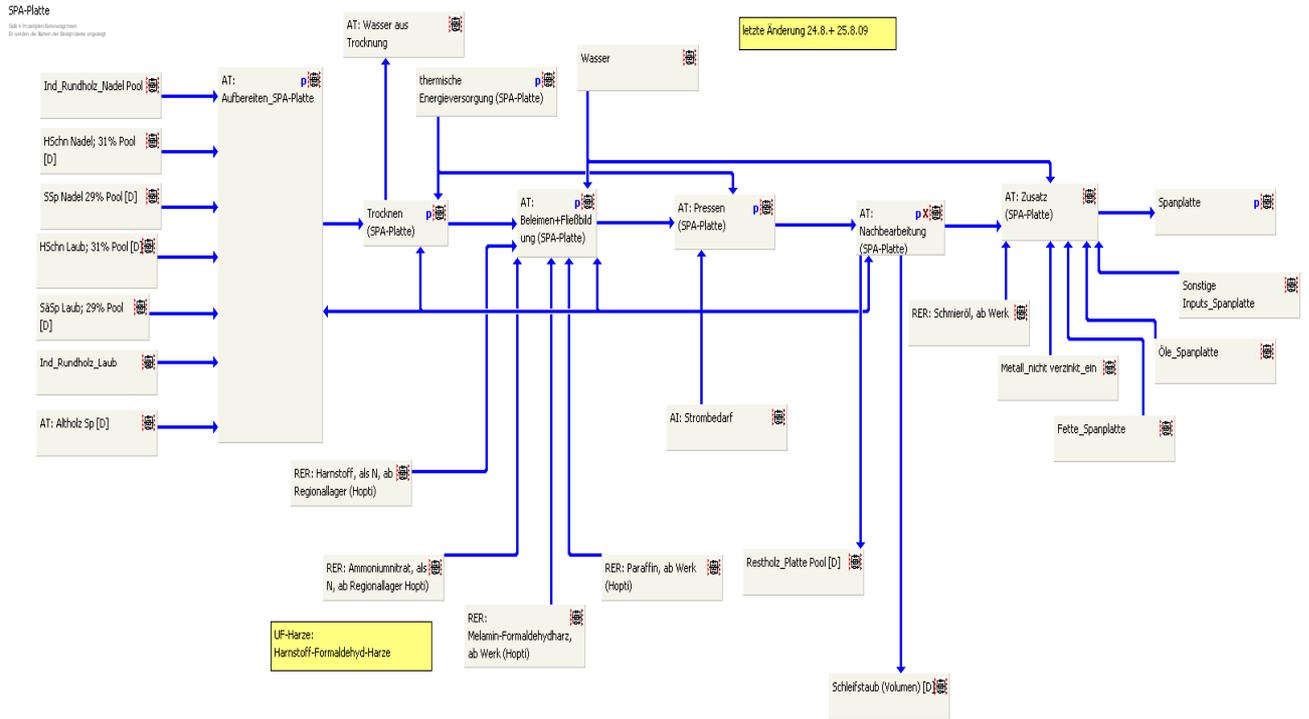


Abbildung 15: GaBi –Modell – Detailplan Spanplattenherstellung

MDF-Plattenherstellung

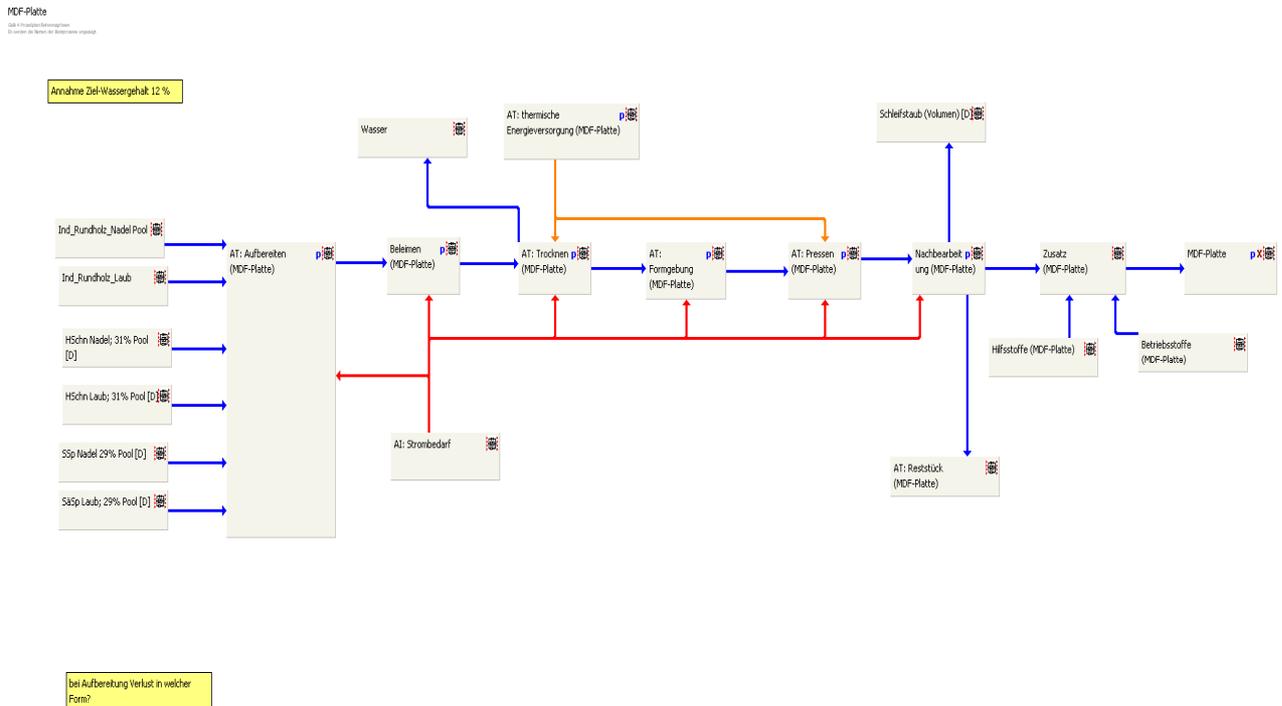


Abbildung 16: GaBi –Modell – Detailplan MDF-Plattenherstellung

Pelletierung

Pelletierung

GaBi 4 Prozessplan: Volumen [m³]
Es werden die Normen der Basisprozesse angezeigt.

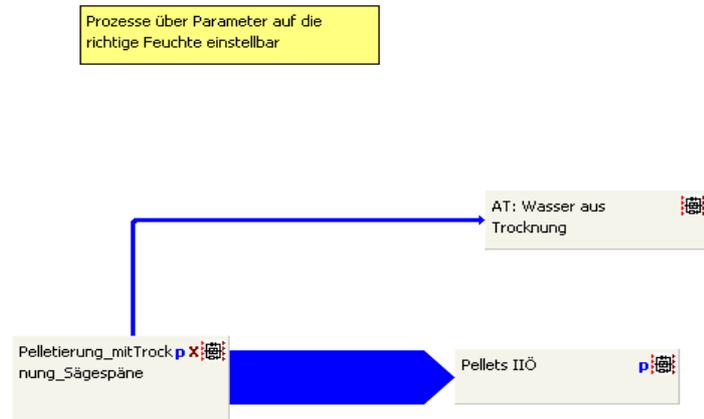


Abbildung 17: : GaBi –Modell – Detailplan Pelletierung

Import-Schnittholz

Import_Schnittholz

GaBi 4 Prozessplan: Volumen [m³]
Es werden die Normen der Basisprozesse angezeigt.

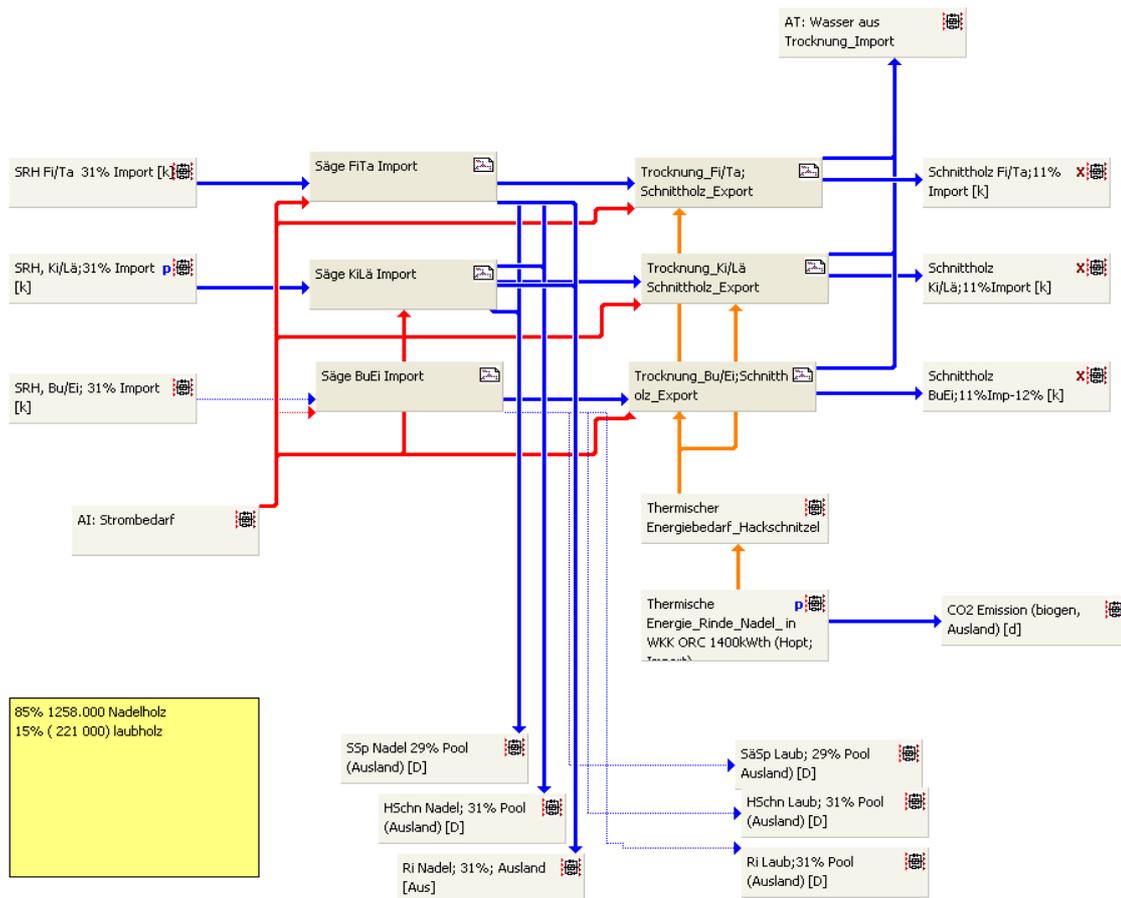


Abbildung 18: GaBi –Modell – Detailplan Import Schnittholz

Transport

Transport_Leimbinder
 GdL 4 Prozesslebenszyklus
 Es werden die Spalten der Rechenmatrix angezeigt

Euro3 und Euro4 in verschiedenen Größen

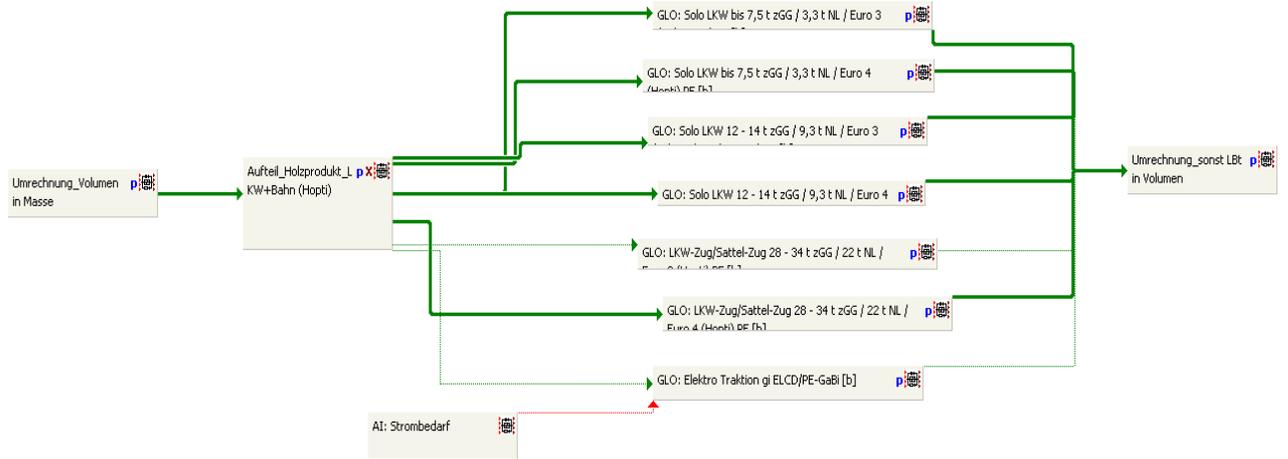


Abbildung 19: GaBi –Modell – Detailplan - Transport

Modellpläne Papier- und Zellstoffherstellung

Papier- und Zellstoffherstellung gesamt

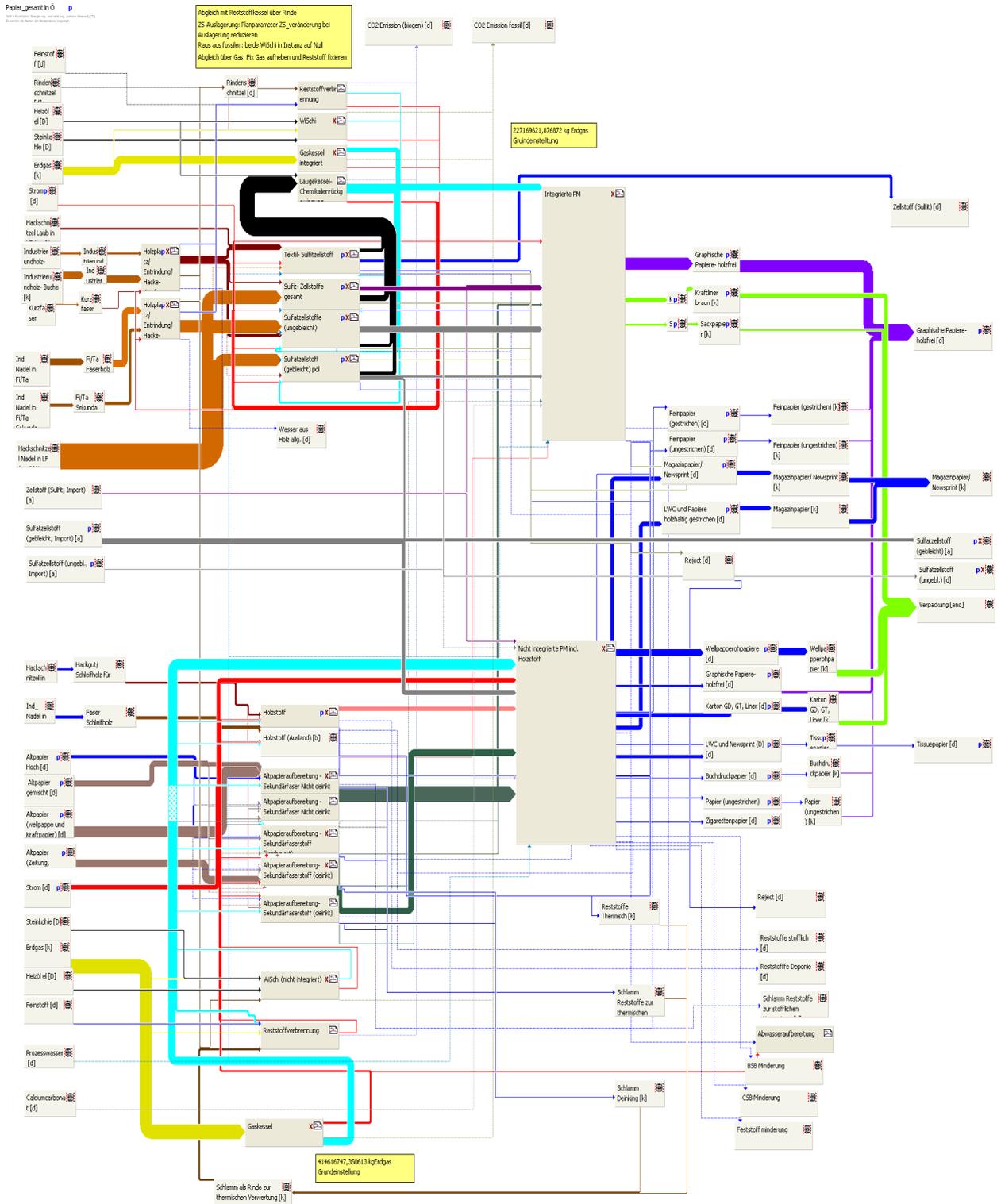


Abbildung 20: Papiermodell gesamt

Zellstoff-Import (Sulfit)
G&B 4 Prozessplan (Pilot) (kg)
 20. November 2016, 10:00 Uhr

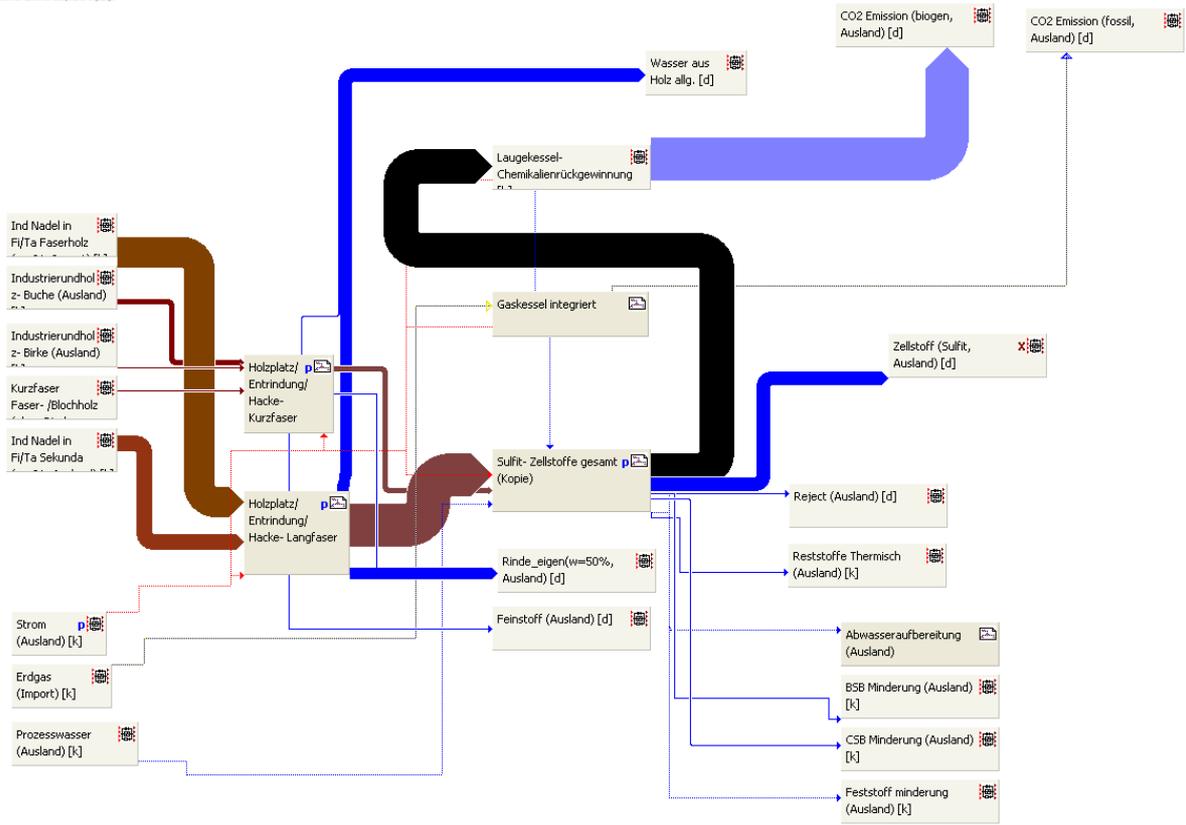


Abbildung 21: Modellplan Zellstoff (Import Sulfitzellstoff)

Zellstoff-Import (Sulfat ungebleicht)

028 4 Prozeßplan - Phase 2(2)
 02. November 2016, 10:00:00 Uhr

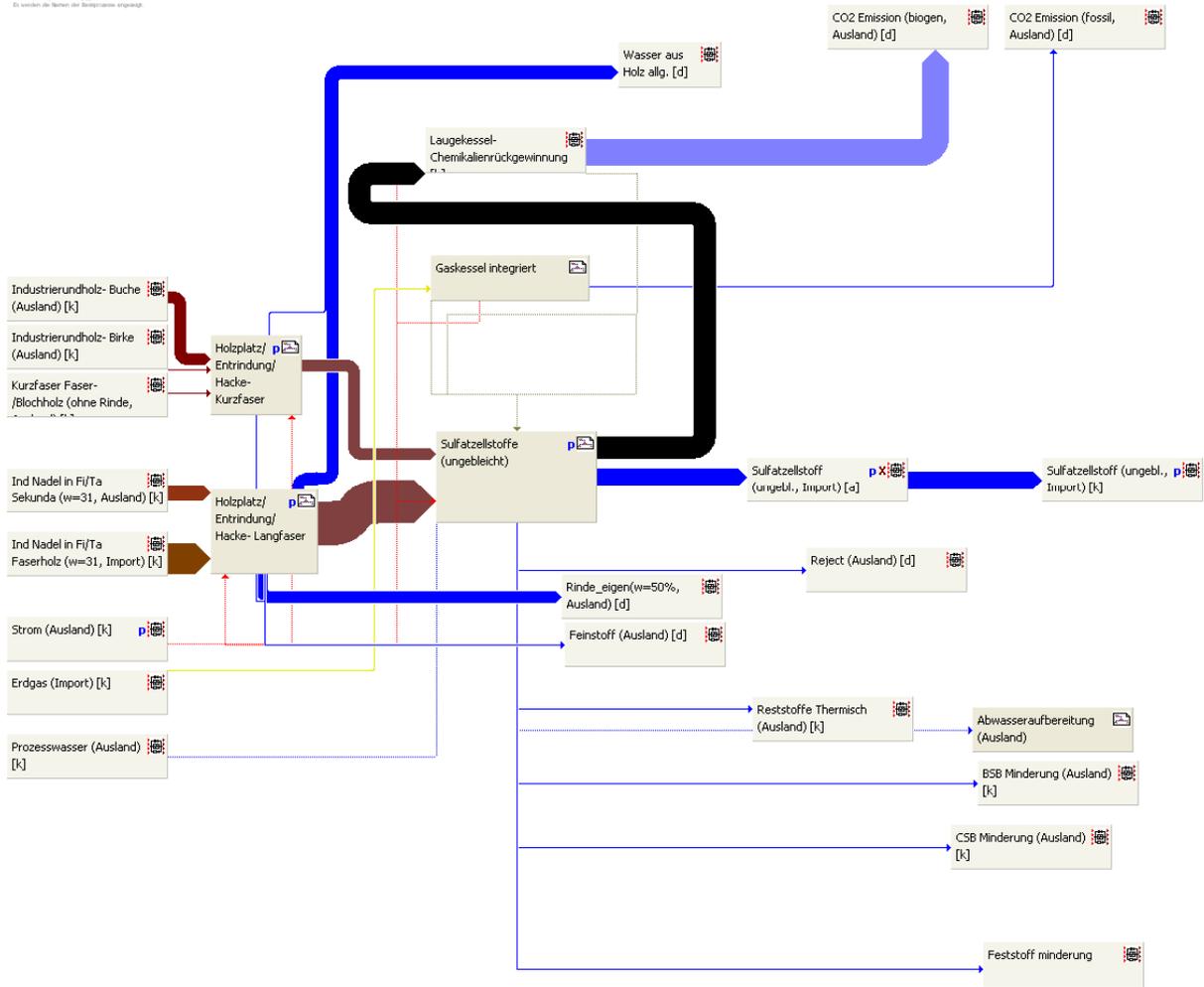


Abbildung 22: :Modellplan Zellstoff (Import Sulfatzellstoff ungebleicht)

Zellstoff-Import (Sulfat gebleicht)
G&B 4 Prozessplan (Seite 32)
 20. November 2016, Version der Beschreibung angepasst

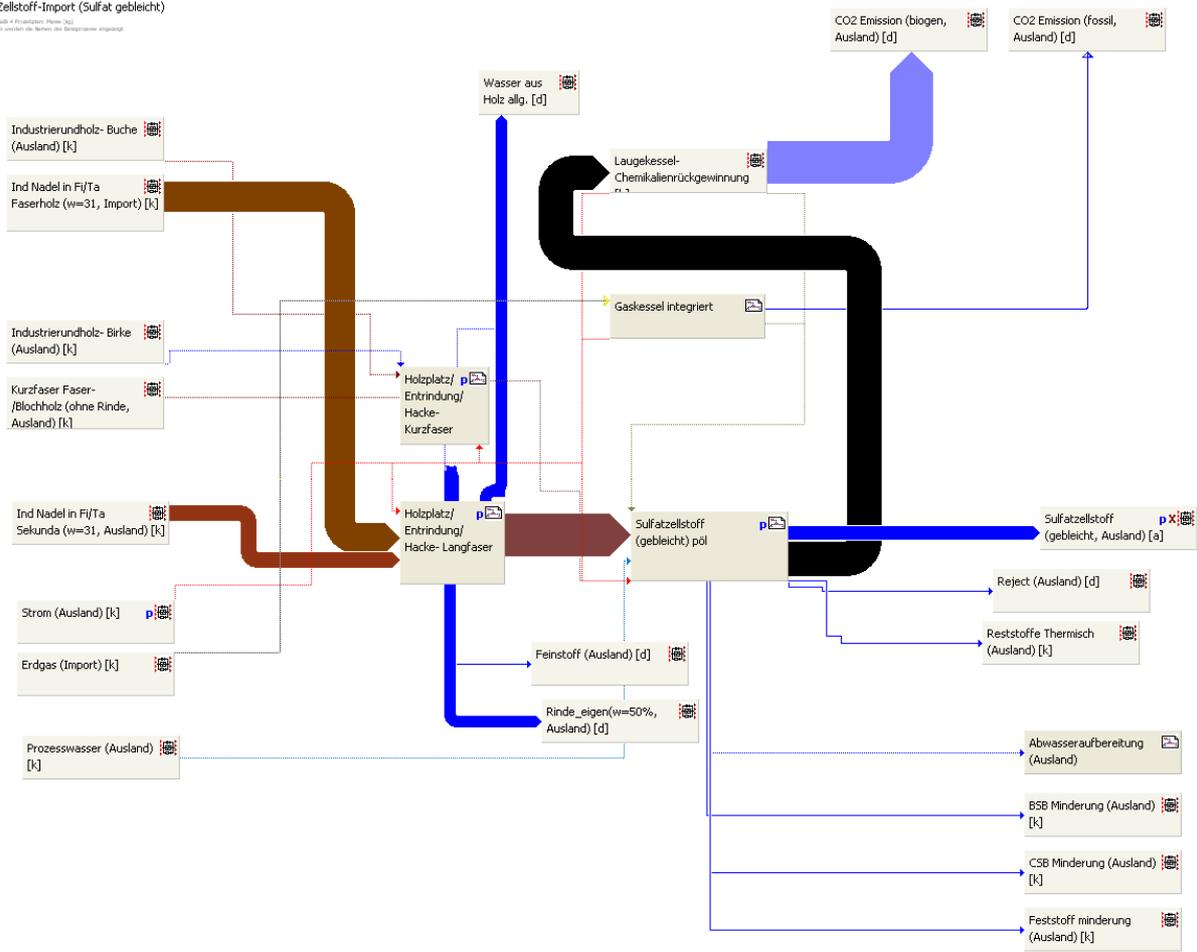


Abbildung 23: Modellplan Zellstoff (Import-Sulfat-gebleicht)

Protokolle der Projekttreffen

Protokoll 8.1.2009

Protokoll zur Start-Sitzung HOPTIMO
am 8.1.09, BOKU

Anwesend: Bauer, Teischinger, Windsperger, Hummel (Protokoll), Ott (Protokoll)

Begrüßung und Vorstellung der vorgesehenen Punkte:

Agenda

- Organisatorisches: FFG-Vertrag, Kooperationsvertrag
- Projektmodule Überblick
- Prozessmodell, aktueller Stand, Strukturierung der Holz- und Papierverarbeitung
- Biomasseaufkommen, zusätzliche Potenziale
- Anwendungsbereiche, Gliederung und Funktionsparameter
- Festlegung der Zielgrößen für Szenarienbetrachtung
- Zu betrachtende Entwicklungen in Szenarien
 - Technologisch
 - Strukturell
 - Sonstige, zB wirtschaftliche, Ressourcenverknappung

© Institut für Industrielle Ökologie



Projektziele und Betrachtungsrahmen:

Projektziele

Das Modell soll damit die Möglichkeit bieten,

- die Auswirkungen neuer Technologien auf die Umweltcharakteristik und die Wertschöpfung der einzelnen Prozessketten abzuschätzen
- Zusammenhänge und Synergien zwischen den einzelnen Prozessketten und ihre Variabilität erkennen
- Beiträge der Holznutzungskette zur Energiebedarfsdeckung aufzeigen
- Maßnahmen zielgerichtet und effektiv zu setzen, Effekte von Unterstützungsmaßnahmen, Gesetzgebung und Förderungen abzuschätzen
- Schutz oder zumindest Vorwarnungen vor nicht beabsichtigten negativen Nebenwirkungen bei veränderten Rahmenbedingungen bieten.

© Institut für Industrielle Ökologie



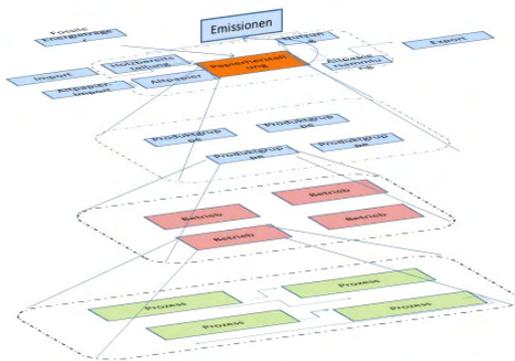
Umfang der Betrachtung

Der Umfang der Betrachtung bezieht sich dabei auf folgende Ausgangsstoffe bzw. Produkte:

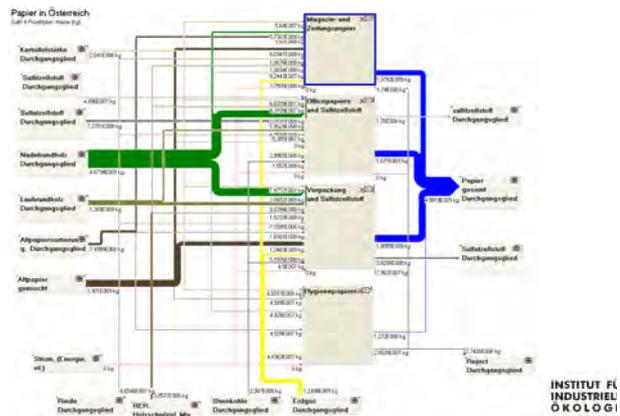
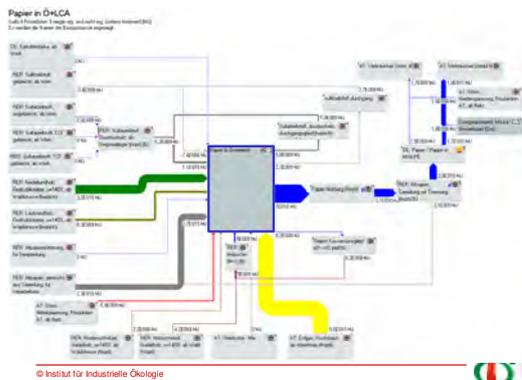
- Ausgangsstoffe:
 - Forstliche Biomasse:
 - Stammholz Säge, Durchforstungsholz, Industrierundholz, Potenziale von Flurgehölzen, Altholz und alternative Rohstoffe aus Einjahrespflanzen (Stroh etc.)
 - Produkte:
 - Holz: Massivholz (Massiv- und Brettschichtholz), Holzwerkstoffe (Platte), Parkett, Zellulose Koppelprodukte (Xylan, Lignin, Phenole, Essigsäure, ...), Wood-Plastic-Composites (WPC)
 - Papier, Karton und Zellstoffe: Graphische Papiere (Magazin Zeitung und Bilderdruck), Büropapiere, Verpackungspapier und -karton, Hygienepapiere, Zellstoff und Faserprodukte für textile und technische Anwendungen

© Institut für Industrielle Ökologie

Vom IO wird die *Struktur des Modells* an Hand der Vorarbeiten für die Papierindustrie vorgestellt:



- **Halbstoffe**
 - Zellstoff-Sulfit
 - Zellstoff-Sulfat
- **Papierherstellung**
 - Office: Zellstoff, Altpapier, Hilfsstoffe (integriert und offen)
 - Magazin/Zeitung: Altpapier, TMP
 - Verpackung: Testliner, Kraftliner, Wellenstoff (integriert und offen)
 - Hygiene: Altpapier, Zellstoff
- **Energiebereitstellung**
 - Wirbelschichtkessel, Biomasse, Kohle
 - Gasturbinen, GuD
 - Gaskessel



Für die Erarbeitung des Modells ist die Struktur der Holzströme in die einzelnen Holzverarbeitenden Industrien, aber auch die Struktur der verschiedenen Industrien von Bedeutung. Sehr gut wäre, die Struktur des Inputs (der Holzströme) auf die Struktur der Industrien (Technologien) niederlegen zu können, also für jede Technologieoption eines Industriezweiges, die gleiche Inputstruktur zu bekommen.

Es wird für wichtig erachtet in einer zweiten Phase des Projekts mit Herstellern der Technologien aus den Holzverarbeitenden Bereichen Kontakt aufzunehmen (i.d. Papierindustrie also z.B. Andritz).

Zu klären bleibt auch noch, inwieweit man die energetische Versorgung der Betriebe bis in das österreichische Energiesystem hinein zurückverfolgt und analysiert. In diesem Zusammenhang ist z.B. gemeint, ob ein Vergleich der Trocknung von SNP zu Pellets mit der Verwendung der SNP in der Platte mit verstärkter Nutzung von Altholz untersucht werden soll, oder ob dies nicht gewünscht ist.

Kesselgrößen oder Anlagenstrukturen (-größen) sind festzulegen. Bis auf welche Betriebsgröße kann modelliert werden, sehr große Variabilität- besonders im Bereich der Säge. → Sägewerke sollten in repräsentativen Gruppen zusammengeführt werden.

Auf der Flussebene soll auch der Importbedarf verschiedener Hölzer, die nicht in AT wachsten betrachtet werden (mit oder ohne LCA?). hierbei ist weiterhin zu beachten, dass

Zielgrößen

- Ressourceneffizienz: Input inkl Hilfsstoffe zu Outputspektrum
 - Prozess: Masse, fm, CO2fix Holz, Prozesswasser,
 - LCA: CO2fix Forst, m2 Forst, (Wassereinsatz für Ressource)
 - Out: t nach Produktgruppen und Funktion
- Energieeffizienz
 - Fossile ET
 - Biogene ET – Koppelproduktnutzung
 - ET-potentiale für Energiesektor
- C/CO2-Bilanz mit IM/EX
- Emissionen
 - Luft konv. Luftschadstoffe (NEC)
 - Wasser BSB, CSB, TSS, (AOX, SM,.....)
 - Produkt POP,.....
- Auslandsbilanz Ress+Produkte, auf Flussebene
- Wertschöpfung aus Ressource

Differ

negativ ist (vgl. Holzströme AT)



Nächste Schritte:

Stakeholder informieren, Holz- & Papierindustrie, Austropapier, Kollmann, Handl,... (ansprechen)

FHP -> bei Holzgesprächen eine Endversion präsentieren

beim Umweltausschuss Papier (Bauer)

offene Fragen:

inwiefern sollen die integriert arbeitenden Standorte untersucht werden? Welcher Detaillierungsgrad?

welche Holzqualitäten werden untersucht? Unterteilung in welche Qualitäten?

Protokoll 10.2.2009

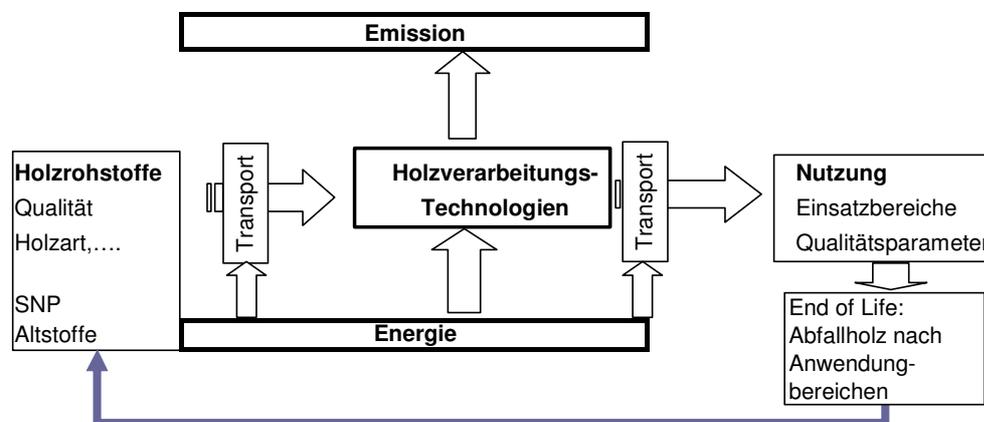
Protokoll Projekttreffen Holzverarbeitungskette

Zeitpunkt: 10.02.2009; 9.00 - 13.00 Uhr

Ort: BOKU Wien
Institut für Holzforschung

anwesend: Prof. Alfred Teischinger
Marie Zukal
Doz. Dr. Andreas Windsperger
Marcus Hummel
Brigitte Windsperger

Nach einer kurzen Begrüßung und Vorstellung skizziert Windsperger das Grundsystem des Projekts.



Es wurde die Struktur für die Datenerhebung an Hand einer Skizzierung der wesentlichen Holzflüsse beschrieben (siehe Tabellenblatt "Holzkette").

Die Diskussion der Abgrenzungen ergab, nur die Einschlagsmenge, nicht aber die Waldfläche im Projekt zu berücksichtigen. Es wurde festgelegt, den Energieeinsatz **ab Waldstraße**, also ohne Fällen der Bäume einzubeziehen.

Hinsichtlich des **Transports** wurde vereinbart, diesen ab Waldstraße zu berücksichtigen, um eventuell längere Transportstrecken in Szenarios darstellen zu können. Nach Prof. Teischinger werden Schnittholztransporte zum Teil per Bahn, sonst mit LKW mit max 38t Gesamtgewicht - Forderung der Holzindustrie nach Erweiterung auf 45t. (Durchschnittliche Entfernung in etwa 50km)

Die **Nutzungsdauer** bzw. die Lebensdauer der Produkte sowie der Altholzeinsatz sollte miteinbezogen werden.

Als weitere Vorgangsweise wurde die Skizzierung des Gesamtsystems durch das IÖ als Vorbereitung für das nächste Treffen vereinbart. Nachfolgende Daten werden IHF zur Verfügung gestellt. Das Datenformat ist im Tabellenblatt "Datenformat" vorgeschlagen.

Prozesse:	In- und Outputmengen, Energiemenge nach Art (Dampf, Strom)
Flüsse	Menge Holzinsatz
	Zwischenprodukte
	Endprodukte

Umrechnungsfaktoren Dichte, C-Gehalt, HW

Terminvorschlag für das nächste Treffen: 27.3.2009 BOKU Wien

Rundholzweist folgende **Qualitätsklassen** auf. A, B, C, Cx; Braunblock
Betrachtung in A/B, C/Cx, BB

Möbelholz und Sichtware wird durch die Optik und die Holzmerkmale bestimmt
Tragendes Bauholz wird durch die Steifigkeit bestimmt

Zuschnitt aus Fichte/Tanne für Zellstoffindustrie, bei Buche als Brennstoff (keine Außenanwendung)

primäre Reststoffe		Verwendung	
	Durchforst, Wipfel	therm.Verwert.	Plattenindustr Papierindustrie
	Aste, Wipfel klein	bleiben im Wald	

sekundäre Reststoffe		Verwendung	
Holznebenprodukte (SNP)			
	Hackgut / Spreissel	therm.Verwert.	Plattenindustrie
	Rinde	therm.Verwert.	Landschaftsgestaltung
	Sägespäne	Pellets, Briketts	Plattenindustrie
	Reststücke (Furnier)	für thermische Verwertung	

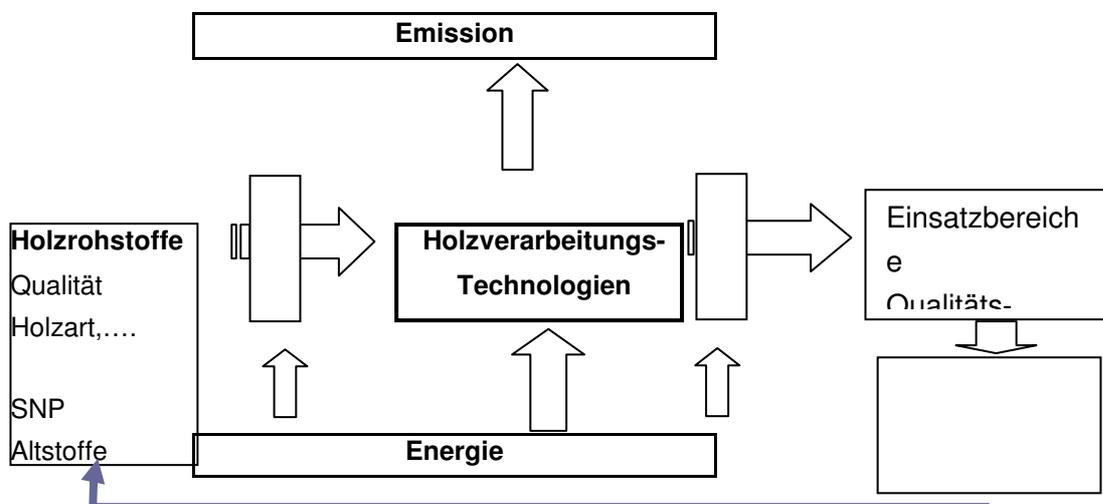
Protokoll 12.und 13.2.2009

HOptiMo Projekttreffen Papier und Zellstoff am 12. und 13. 02.2009, IIÖ; St.Pölten

Teilnehmer: Prof. Bauer

- DI Kappel
- A. Windsperger
- B. Windsperger
- Ch. Ott (Protokoll)

Nach einer kurzen Begrüßung und Vorstellung skizziert Windsperger das Grundsystem des Projekts.



Die Diskussion der Abgrenzungen ergab, nur die Einschlagsmenge, nicht aber die Waldfläche im Projekt zu berücksichtigen. Es wurde festgelegt, den Energieeinsatz **ab Waldstraße**, also ohne Fällen der Bäume einzubeziehen.

Hinsichtlich des **Transports** wurde vereinbart, diesen ab Waldstraße zu berücksichtigen, um eventuell längere Transportstrecken in Szenarios darstellen zu können. Nach Prof. Bauer sind Durchschnittswerte des Holz und Zellstofftransports verfügbar.

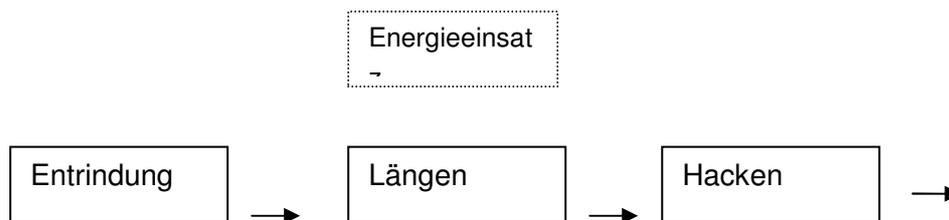
Die **Nutzungsdauer** bzw. die Lebensdauer der Produkte sowie der Altpapiereinsatz (Mischung entsprechend Lebensdauer) sollte miteinbezogen werden.

Nachfolgend wurden die einzelnen Prozessketten besprochen:

Zeitung und Magazin

Holzstoff

Rundholz kommt in Rinde, daher Entrindung am Standort
Werte für Reststoffkessel sind zu besorgen



→ unterschiedliche Techniken für Holzstoff:

TMP

CTMP

PGW (Pressure Groundwood- Steinschliff)

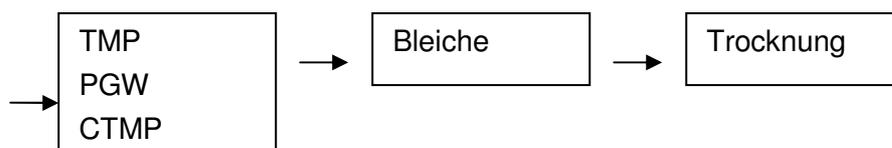
(TMP mit Wärmerückführung... inwieweit genauer zu betrachten?)

Bleiche

ein und zweistufig

→ fertiger Holzstoff → Trocknung

Hierbei soll Wasser in der Bilanz berücksichtigt werden, (das Wasser im Trockner wird kondensiert über kaskadische Wärmetauscher als Speisewasser für Kessel verwendet 50°C/1 atm→ über Wasserdampfkurve zu bestimmen)



Bei Norske extra Strich und extra Trocknung (Oberflächenbehandlung)
Brennstrich und Oberflächenleimung

Neusiedler → Oberflächenleimung und Nachtrocknung

Rollen schneiden Formate machen (Wie energieintensiv??) vielleicht zu berücksichtigen bei ausreichender Datenlage

Ausschuss während der Herstellung 7- 25% wird einem Pulper rückgeführt und erneut in Prozess geführt

Altpapier Deinkt

Es wird AP mit hoher Qualität benötigt

Bleiche getrennt von Holzstoff auch wenn AP und Holzstoffbleiche ähnlich sind

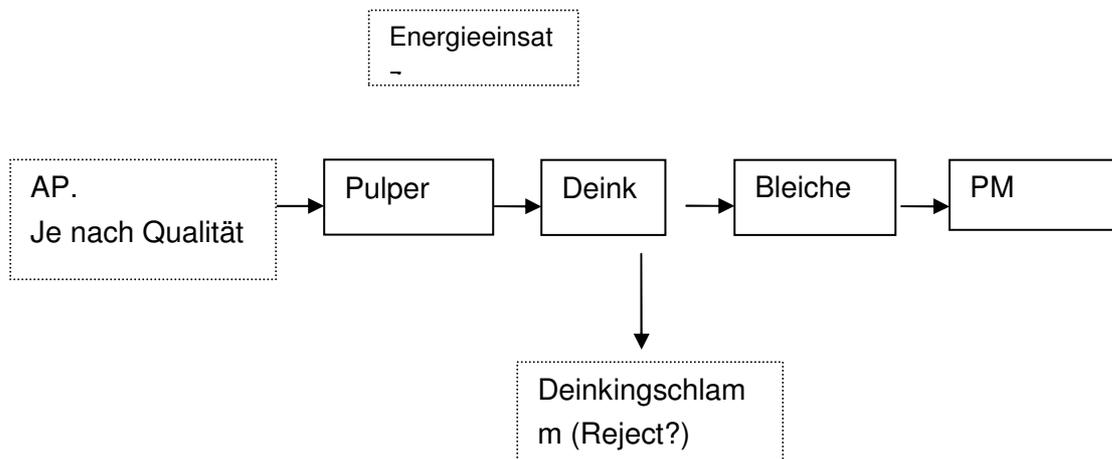
Verschiedene AP Qualitäten bestehend aus Office, Magazin Zeitung

Altpapieraufbereitung

AP in Pulper → Entstehung von Deinking Schlamm und Reststoffen sowie Fasern

→ Fasern werden Bleiche zugeführt

Dann Papiermaschine bei Norske, UPM, Mayr Melnhof



AP nicht deinkt

(Standardprozess schwierig)

Mayr Melnhof Frohleiten, Hirschwang → AP minderer Qualität

→ Pulper, Sortierung

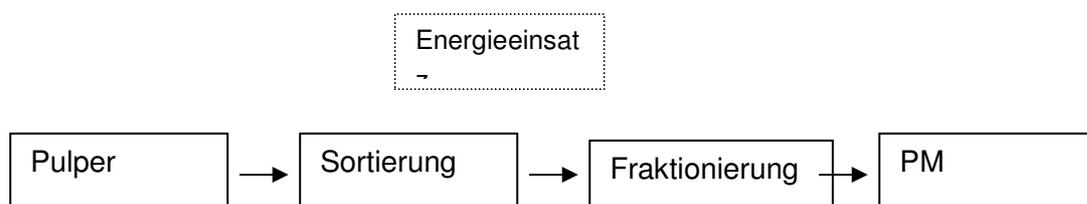
→ kein Deinking

→ aber Fraktionierung (kurz- vs. Langfaser), Qualitätsverbesserung

→ Stoffbrei → PM

Bei Mayr Melnhof mit Strich wegen der Bedruckbarkeit, keine Welle bei Mayr Melnhof sondern Vollkarton

Dann Kalandrierung und Formatierung



SC (super calandered): mineralisch+ calander

LWC (light weight coated) keine Kalandrierung- mineralisch auf Oberfläche

Hamburger, Rondo, Mayr-Melnhof → kein Deinking bei Verpackern

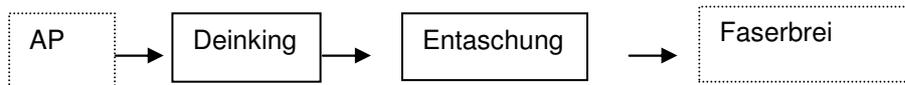
Testliner: Hamburger,

AP TISSUE

analog deinktem AP + Entaschung

→ höherwertige AP Qualitäten (Office, Magazin)

AP → Deinking → Entaschung Faserbrei mehr Reststoffe



Hier mehr Reststoffe, wohin mit den Reststoffen, welche Art von Reststoff (Kunststoff, Mineralische Stoffe....)



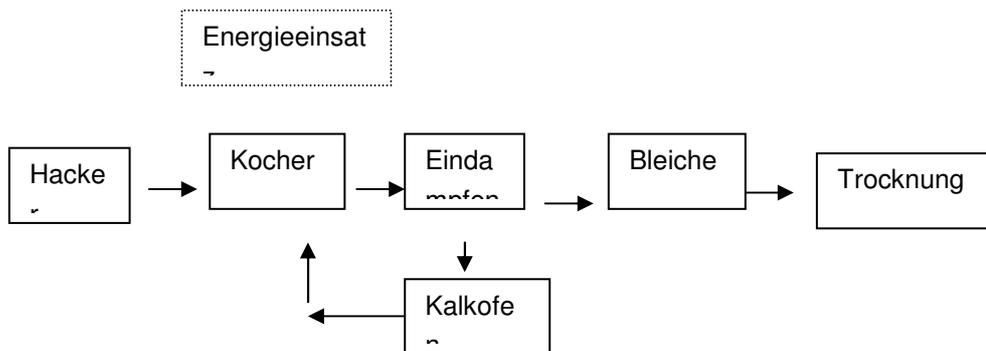
Zellstoff

Sulfatzellstoff

Pöls hat ECF Bleiche

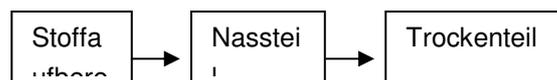
(Nettingsdorfer und Frantschach bleichen nicht)

Prozess liefert auch Tallöl und Terpentin



Frantschach

ZS- Flockentrocknung



Nettingsdorrr: Liner (Kraftliner)

Zusätzlich AP → nicht deinkt (wie Mayr Melnhof)

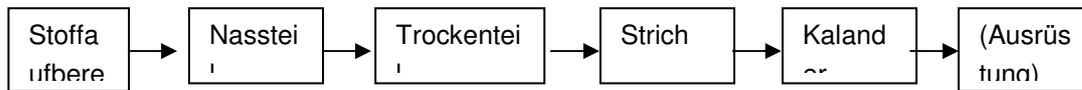
Sulfitzellstoff

Gemischte Holzeinsätze



Sappi PM

Nassteil, Trockenteil, Oberflächenbehandlung, Strich bis 50% mineralisch
Kaland, Ausrüstung.



Mondi Office

Ähnlich nur Strich v.a. mit Stärke

Lenzing als Sonderfall

Rohstoff Buche, Hackschnitzeleinsatz

Kochprozess ähnlich → fahren aber andere Charakteristik (wahrscheinlich mehr Energie)

Ausbeute nur 30 % ZS wegen reiner Zellulose, Bleiche TCF

Bei *Lenzing Papier* besonders weißes AP als Einsatzstoff

Aber sonst *-wie oben-*

(Pulper Altpapieraufbereitung Streichen)

Wattens: Zigarettenpapier

Feuerstein: Zigarettenfilter

Merckens Timmerdorf, Wagner 100% AP

Brigl- Bergmeister Etiketten

Zu klären: Ecoinvent Prozess-Daten Weitergabe - Lizenz

Protokoll 27.3.2009

Ort: BOKU Wien, Institut für Holzforschung

Zeit: 27.3.2009

9.30 – 13.30 Uhr

Anwesend:

Prof. Alfred Teischinger	BOKU Wien
Marie Zukal	BOKU Wien
Franz Neumüller	BOKU Wien
Prof. Wolfgang Bauer	TU Graz
DI Kappel	TU Graz
Doz. Dr. Andreas Windsperger	IIÖ
Brigitte Windsperger	IIÖ (Protokoll)
Marcus Hummel	IIÖ (Protokoll)
Christian Ott	IIÖ (Protokoll)

WINDSPERGER führt in die Sitzung ein und schlägt als wesentliche Tagesordnungspunkte die Besprechung der Struktur in den Bereichen

der Holzverarbeitung und
der Papierherstellung

vor. Danach wird die für die Prozessmodellierung erforderliche Datenverfügbarkeit besprochen. Geplant wäre, die Modelle für beide Bereiche bis Ende Juni zu erstellen, auch der Zwischenbericht sollte zu diesem Zeitpunkt fertiggestellt sein.

WINDSPERGER bringt Gedanken zur **Gesamtmodellbetrachtung**, die gemeinsam diskutiert werden:

Ausgehend von derzeitigen Produktspektren sollen zukünftige Entwicklungen über Adaptierung dargestellt werden: BAUER und TEISCHINGER werden gebeten, für die aus den jeweiligen Schienen stammenden Produkte **Produktbeschreibungen** (Charakteristik der wesentlichen Funktionen, Normen,..) zu erstellen (nicht ausführlich, ca. 1 Seite pro Produkt)

Die Verringerung der **Ressourcenintensität** und Energieintensität sind das Hauptziel der Arbeit.

Für das Recycling werden die Produkte mit **Lebensdauern** in das Modell implementiert, um den Anteil des Wiedereinsatzes miteinbeziehen zu können.

Zur Abbildung des **Kohlenstoffflusses** wird mit Hr. Hagauer von der Energieagentur zusammengearbeitet. Für die Modellierung soll der Kohlenstoffgehalt als Größe den Flüssen zugewiesen werden.

Für die Erstellung einer **Wasserbilanz** müssen der Wassergehalt im Holz und das Prozesswasser unterschieden werden. Eine halboffene Wasserbilanz erscheint den

Teilnehmern sinnvoll. Die Differenz zwischen Wasser-Input und -Output bei Prozessen wird als Wasser in Luft bzw. Umgebung gerechnet. Für die Modellierung wird Wasser auf den Plänen nicht visualisiert, sondern nur in der Bilanz ausgewiesen.

Bezüglich des **Energieflusses** wird vereinbart die aufgewendete Energie als Verlust in die Auswertung miteinzubeziehen, da es schwierig ist, für die einzelnen Prozesse Abwärme zu erheben.

Die **monetäre Wertschöpfung** soll als Differenz zwischen Anfang und Ende der Wertschöpfungskette dargestellt werden - keine genaue Zuordnung eines Wertes zu den einzelnen Flüssen.

TEISCHINGER erinnert an die Konferenz E for Wood in Schweden im Herbst. Es wäre schön dort zumindest ein Poster zu präsentieren. Dieses muss bis 30. April angemeldet werden. WINDSPERGER erzählt von bestehenden Abstracts, die adaptiert werden können. Alle sind einverstanden ein Poster zu erstellen.

BEREICH HOLZVERARBEITUNG

Besprechung der derzeitigen Datenverfügbarkeit der Holzverarbeitung (2005 und 2007), es wird überlegt, die Daten aus 2005 zu verwenden, da 2007 vor Allem bei der Papierindustrie durch die außergewöhnlich erhöhte biogene thermische Verwertung das Jahr 2007 als Ausreißer zu betrachten ist. Daten sind verfügbar über:

- Absolutmengen von Inputmengen für Rundholz nach Holzart
- Sägespäne, Rinde und Hackgut als Anteil
- Abschätzung der Sägearart
- Ausbeutefaktoren für Schnittholz nach Nadel- und Laubholzart

Abstimmung über gemeinsame Betrachtung der Holzarten

- Fichte/Tanne
- Kiefer/Lärche
- Eiche/Buche

-

Vorstellung des ersten Ansatzes des Holzmodells durch das IIÖ und Abstimmung, ob die dafür notwendigen Daten verfügbar sind.

Die Frage, ob sich die **Sägeindustrie** an der Qualität des zu verarbeitenden Sägerundholzes (SRH) orientiert, wird mit zwei verschiedene Herangehensweisen, wie ein Sägebetrieb arbeitet, beantwortet:

- Der Betrieb orientiert sich an den nachgefragten Holzqualitäten und sägt dementsprechend (nachfrageorientiert)
- Der Betrieb sägt und bringt das auf den Markt, was er an Qualitäten erzeugt („commodity“)

Beide Varianten kommen teilweise sogar im selben Betrieb vor; in Summe dominiert „commodity“ mit 80 %

Die Anteile (Ausbeutefaktoren) der **Holzqualitäten** werden durch die Holzart bestimmt (Wald!), die Qualitäten werden zusammengefasst nach

- A+B
- C+Cx

Braunblock geht z.B. in Verpackungsproduktion → Für die Modellierung bedeutet das, dass für Brbl ebenfalls Ausgleichsglieder benötigt werden
Die Verteilung der Holzqualitäten entscheidet sich schon im Wald, diese ist in etwa jedes Jahr gleich.

Für die Modellierung bedeutet das, dass die anteilmäßige Aufteilung nach Holzqualitäten bereits vor der Säge vorgenommen wird. Bessere Sägen erreichen dann eine bessere Ausbeute an besseren Qualitäten; im Modell wird das über Ausbeutefaktoren in den verschiedenen Sägen realisiert.

Die Aufgliederung zwischen Industrierundholz (**IRH**) und **SRH** erfolgt im Wald (bei größeren Forstbetrieben) und teilweise erst im Sägewerk (meist privater Einschlag). Die Säge gibt das IRH dann an die Platte bzw. Papier weiter. Niemals wird jedoch Schnittholz (vor allem A/B) an andere Sägen zur Verarbeitung weitergegeben. Die Platte kauft in Summe etwa 20 % Schnittholz.

Die Vortrocknung im Sägewerk und die **Trocknung** auf die Zielfeuchte in den weiterverarbeitenden Betrieben in der Weiterverarbeitung können im Modell zusammengefasst werden, wobei für die Transportprozesse vom Sägewerk zur Weiterverarbeitung das durch die Vortrocknung verringerte Frachtgewicht berücksichtigt werden müsste. Die Trocknung ist der energetisch wesentlichste Prozess. Die Prozesse der Holzverarbeitung sind unabhängig von der Holzart energetisch gleich zu behandeln.

Da die **Produktmengen aus der Weiterverarbeitung** und die dafür erforderlichen Qualitäten zum Großteil nach Holzart bekannt sind, können diese nach Holzarten getrennt werden wie z.B. bei Leimbindern, Bauindustrie und Massivholzplatte. Bei fehlender exakter Datenverfügbarkeit wie z.B. bei der Möbelherstellung können die Daten abgeschätzt werden.

Im Verpackungsbereich ist eine Aufteilung nach Buche und Fichte erforderlich, Steigen werden aus Buchenholz, Paletten aus Fichte hergestellt, diese Anteile (Steige/Palette) sind bekannt.

Um bei der **HW-Platte** die gewünschte Dichte der Platten zu erreichen, werden Nadel- und Laubholz gemischt. Buchenholz wäre wünschenswert, dies ist aber preislich nicht möglich. Die Aufteilung in Span- und Faserplatte ist erforderlich.

Da in der holzverarbeitenden Industrie alle eingesetzten **Hackanlagen** ähnlich sind, können diese über den gleichen Prozess in der Modellierung beschrieben werden. Eine Trocknung der HS erfolgt lediglich in der Plattenindustrie → im Modell ein gemeinsamer Hacker.

Es wird für die Modellierung ein zentraler Hacker vereinbart, der als Pool für die

Papierindustrie
Plattenindustrie
und die thermische Verwertung fungiert.

•

Laut BAUER wählt die Papierindustrie ihre **Hackschnitzel** nach folgenden Kriterien aus: Holzart, Hackqualität, Alter. Daher erscheint eine Unterscheidung der HS nach deren Herkunft sinnvoll:

- HS aus dem Wald in die thermische Verwertung (niedere Qualität)
- HS aus der Säge in die Weiterverarbeitung, wobei für die Plattenherstellung keine Qualitätsansprüche gestellt werden

TEISCHINGER versucht die Aufteilung in einem Großsägerwerk zu erfragen. Die Anforderungen an die HS für die Papierindustrie bzw. Platte sind völlig unterschiedlich. Für die Modellierung bedeutet dies, dass im Modell 3 HS-Qualitäten (Energie, Platte, Papier) angeboten werden sollten.

Einigung, dass **Furnierholz** nur durch eine Qualität beschrieben wird, allerdings mit Unterscheidung in Schäl- und Messerfurnier. Das anfallende Reststück wird meist thermisch verwertet bzw. findet tw. Einsatz in der Möbelverarbeitung.

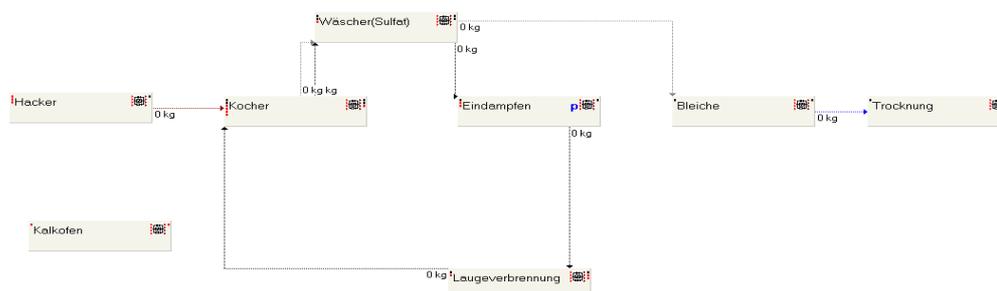
Bei der Datenrecherche zum Modell der Holzverarbeitung werden von ZUKAL und NEUMÜLLER die bereits erhobenen Daten an HUMMEL weitergegeben. Ein Feedback wird bis Mitte/Ende nächster Woche vereinbart. Zur besseren Verständigung über die benötigten bzw. auffindbaren Daten soll ein gemeinsames Treffen (ev. BOKU) beitragen.

BEREICH DER PAPIERHERSTELLUNG

Ott stellt die vorgesehene weitere Detaillierung des bereits erarbeiteten Prozessmodells für den Bereich der Papierindustrie vor. Ausgehend von der obersten Stufe der hierarchischen Struktur des Modells ist man bei der Besprechung schnell auf der untersten Hierarchiestufe angelangt, die die einzelnen Prozessmodule in deren Black Box Modulen aufweist. Diese Black Box Module sollen nun im Modell in detaillierter untersucht werden. (vgl. Abb)

So sind in unten stehender Abbildung die einzelnen Prozesseinheiten zu erkennen, die das Black Box Modul der Sulfatzellstoffherstellung genauer beschreiben sollen.

Sulfatzellstoff- detailliert (Kopie)
Gabi 4 Prozessplan; Masse [kg]
Es werden die Namen der Basisprozesse angezeigt.



Auf diese detaillierte Betrachtung eingehend hat BAUER eine Frage zur Behandlung der Daten bezüglich des folgenden Schemas (bereits 2 Tage vor der Besprechung per e-Mail erhalten).

Input Prozess 1 + 2 + 3 sind bekannt, Output nur für Prozess 2 im Detail und für alle Prozesse 1-3 als Gesamtwert – kann so etwas abgebildet werden?

WINDSPERGER und OTT geben an, dass dies grundsätzlich im Modell berücksichtigt und verwendet werden kann. Dabei sollte der Materialstrom der einzelnen Prozesse

durchgängig betrachtet und weitere Flüsse (wie Emissionen und Zusatzstoffe) zuerst einem Hauptprozess zuordnet und je nach Datenlage in iterativen Schritten die Einzelflüsse den jeweiligen Einzelprozessen zugeordnet werden, wobei die Flussmengen dann im Hauptprozess um die Mengen in den Einzelprozessen reduziert werden müssen.

Auf die Frage von Windsperger und Ott, inwieweit Daten für die Einzelprozesse verfügbar seien, spricht BAUER von einer guten Datenlage, wobei diese jedoch zu umfassend sei. Allerdings ist die Datenaufbereitung aufgrund der enormen Fülle sehr schwierig.

BAUER teilt mit, dass für die Revision des BAT- Dokuments, in allen österreichischen Unternehmen ein Fragebogen erarbeitet wurde. Die Daten der Energieanlagen eines Betriebs sind in aggregierter Form bereits gesendet worden, die in der ausgeführten In- und Outputdarstellung in ihrem Detaillierungsgrad ausreichend sind. Die Verwendung dieser Daten muss noch vom Verband (bzw. der Einzelbetriebe genehmigt werden). Inwiefern die Daten verwendet werden können ist somit noch nicht geklärt.

Allerdings sind bereits für die Standard- Energieanlagen, wie Gaskessel, GuD, Kohleverbrennungsanlagen am IIÖ ausreichend Informationen vorhanden und somit liegt die Fokussierung der Datenbeschaffung bei den Biomasse- und Abblaugeverbrennungsanlagen, und auch Wirbelschichtkesseln mit unterschiedlicher Brennstoffzusammensetzung.

Auf die Frage von BAUER, ob chemische Reaktionen/Phasenumwandlungen im Programm abgebildet werden antwortet Windsperger, dass dies möglich ist, aber nur entsprechend den Anforderungen aus dem Projekt erfolgen sollte.

In einer weiteren Frage von BAUER wird geklärt, wie generell mit Energieverlusten umgegangen werden soll. So sind zum Beispiel bei Kesselanlagen der Input (Rohstoff) und der Output (Strom und Dampf) bekannt, allerdings die Verlustmengen nicht detailliert auszuweisen. Daher wird die Abwärme generell über die Differenz von eingesetzter Energie (Heizwert) zu erzeugter Energie (Strom, thermische Energie) berücksichtigt.

→ somit reicht die Angabe der bekannten In- und Outputs bei der Zusammenstellung der Daten.

Die Berechnung des CO₂ erfolgt über Emissionsfaktoren unter Annahme vollständiger Verbrennung.

Nächste Schritte:

strukturelle Veränderungen am bestehenden Papier-Modell bis zur nächsten Sitzung.

- a/ Folgende Flüsse werden hinzugenommen
 - Wasser
 - SNP (Hackschnitzel je Qualität und Holzzusammensetzung)
 - die Holzartenunterscheidung Fi/Ta, Ki/Lä, Buche;
 - Emissionen (CO, SO₂, NO_x, Staub,..)

b/ C- Gehalt, Dichte, Heizwert, (Wassergehalt) werden als Größe in den Flüssen sind ausgewiesen, (Papier, Holz, SNP, ZS, Ablauge.)
Definition der Prozessketten auf Einzelprozessbasis

→ vorsehen von PM (Nass und Trockenteil usw.)

→ Einzelprozessebene bei Halbstofferzeugung (Kocher, Eindampfen, Chemikalienrückgewinnung, Kalkofen ...; oder AP- Aufbereitung in Einzelprozessen)
Die Rohstoffeinsätze an den einzelnen Standorten sind noch zu erheben. Dies ist nach der Übermittlung der Daten von BAUER im Laufe der Woche vom 30.03. bis 03.04.2009 vorgesehen. Die Fragen hierbei sind vor allem die Holzeinsatzmengen (Nadel (Fi/Ta od. Lä/Ki); Laub; SNP (Hackschnitzel verschiedener Qualitäten).

Hackschnitzel für die Papierindustrie teilen sich auf nach Holzartenzusammensetzung und Qualität. Nur bestimmte Hackschnitzelqualitäten werden in der Papierindustrie akzeptiert. Nach BAUER Fi/Ta Hackschnitzel (HS) werden für Sulfitzellstoff verwendet, Ki/Lä HS für Sulfatzellstoff.

Die im vorliegenden Modell verwendeten Werte für HW und Dichte sind noch an Projektpartner weiterzuleiten um die verwendeten Werte abzustimmen, bzw zu ergänzen.

Das nächste Treffen ist für 17.Juni 10:00 Uhr an der BOKU vorgesehen.

Ende: ca. 13.00 Uhr

Protokoll 15.6.2009

Ort: BOKU Wien, Institut für Holzforschung

Zeit: 15.6..2009

9.30 – 13.30 Uhr

Anwesend:

Prof. Alfred Teischinger	BOKU Wien
Marie Zukal	BOKU Wien
Franz Neumüller	BOKU Wien
Prof. Wolfgang Bauer	TU Graz
DI Kappel	TU Graz
Doz. Andreas Windsperger	IIÖ
Brigitte Windsperger	IIÖ (Protokoll)
Marcus Hummel	IIÖ
Christian Ott	IIÖ

WINDSPERGER führt in die Sitzung ein und schlägt folgende TO vor

Tagesordnung:

- Aktueller Stand
- Zwischenberichtsstruktur
- Modell aktuell - Datenerfordernisse
- Next Steps
- Zeitplan

Hinsichtlich der Einhaltung des **Zeitplans** wird vereinbart, dass Ende Juni der Zwischenbericht fertig gestellt und abgegeben werden sollte. An Hand des Antrags werden die wesentlichen Punkte für den Zwischenbericht besprochen, es wird vereinbart, dass B. WINDSPERGER bis Ende dieser Woche die Vorlage für den Zwischenbericht mit den entsprechenden Überschriften und der jeweiligen Zuteilung der Bearbeitung an die Projektpartner verteilt. Der noch offene Punkt aus dem Antrag bezüglich der Bioraffineriedarstellung wird von TEISCHINGER übernommen und soll im Zwischenbericht unter „Ausblick“ angeführt und im Endbericht dargestellt werden. Hierbei sollen vor allem folgende projektrelevante Fragen inbegriffen werden: Inwiefern und wie große Mengen entzieht die Bioraffinerie der Prozesskette Holz den Rohstoff bzw mit welchen positiven Synergien wäre zu rechnen.

Der **aktuelle Projektfortschritt** wird an Hand der Moduldarstellung und dem Zeitplan im Antrag besprochen, wobei die Datenlage bei der Modellvorstellung besprochen wird. Wesentlich erachtet WINDSPERGER, dass das Modell vor dem Sommer fertig gestellt werden kann, da es anschließend, aber noch vor der Szenarienentwicklung verifiziert werden muss.

OTT stellt das **Modell der Papierherstellung** vor, das die Papier- und Zellstoffherstellung auf Prozessebene, aufbauend auf den SAPPI-Daten von BAUER

darstellt. BAUER weist auf die Schwierigkeiten bei der Freigabe der Daten hin, die bisher nur von weiteren drei Betrieben (Hallein, SCA, Salzer) erfolgt ist. Die bereits von Austropapier erhaltenen Daten erscheinen OTT im Detaillierungsgrad zu gering. Die Diskussion, ob die Modellerstellung strukturell auf Betriebsebene oder auf Prozessebene erfolgen sollte, wird zugunsten der Darstellung auf Prozessgruppenebene entschieden. Jede Prozessgruppe besteht aus den Teilprozessen einer Produktionslinie. Notwendig dafür ist die Detaillierung der Standortdaten in die wesentlichen Prozessgruppen. Diese werden auf oberster Ebene aggregiert und die Verbindungen untereinander und zur Energie dargestellt. Auf Anregung von BAUER werden im Modell integrierte und nicht integrierte Betriebe getrennt voneinander visualisiert. Damit sollen die Ergebnisse der technologischen Veränderungen visualisiert werden können.

Da Lücken derzeit vor allem bei den Inputdaten bestehen wird überlegt, ob die Betriebe dadurch zu motivieren wären, dass sie das Modell später selbst nutzen können. Es wird vereinbart, dass zusätzlich das Modell auch in Firmenstruktur prozessgenau vorbereitet wird. Sollten keine Daten zu den Prozessen verfügbar sein, so müssten diese durch Expertenschätzung ergänzt werden.

B. WINDSPERGER stellt das **Modell der Holzverarbeitung** vor, in welches Daten der Furnier- und Holzwerkstoffplatte eingearbeitet sind. Hinsichtlich der Verfügbarkeit der Daten wird von ZUKAL und NEUMÜLLER auf die Schwierigkeiten bei der Zuordnung der Holzarten und der Qualitäten hingewiesen, die gemeinsam mit TEISCHINGER abgeklärt werden sollen. Als Rohstoffinputs werden die Laubhölzer in Buche, Eiche und sonstige Nadelhölzer aufgeteilt. Nach der Säge werden diese zum Fluss Laubholz zusammengeführt.

Sägespäne (Säge- bzw. Hobelspäne) fallen in 2 verschiedenen Prozessschritten an (Säge – feucht, Herstellprozess – getrocknet) und daher werden die SNP-Pools, nach Nadel- und Laubholz getrennt, in 2 verschiedenen Feuchten modelliert. Für die energetische Nutzung der Sägespäne in der Holzverarbeitung bzw. für die Pelletsproduktion werden noch Daten von ZUKAL übermittelt. Weiters werden Späne auch als Porenbildner in der Ziegelherstellung verwendet. WINDSPERGER wird dazu (und zu weiteren industriellen Sägespannungen) Daten bereitstellen.

Von NEUMÜLLER und ZUKAL wird für den Bereich Furnier hingewiesen, dass Furnier nicht aus Sägerundholz hergestellt, sondern aus Furnierrundholz hergestellt wird. Hier wird in der Modellierung ein eigener Fluss definiert.

Die Datenzusammenstellung über Art und Entfernung der Transporte übernimmt TEISCHINGER. Für die thermische Verwertung der Hackschnitzel sollen unterschiedliche Heizkessel im Modell verfügbar sein (für die Szenarien).

Für die Energiebereitstellung der einzelnen Prozessketten sollten bei Streuung der Literaturangaben jeweils der Schwankungsbereich angegeben werden, kann dann für die Szenarien verwendet werden. Weiters wäre es wichtig, welcher Anteil der in einer Herstellungsschiene (etwa Möbel) anfallenden SNP direkt vor Ort zur Bereitstellung von Energie herangezogen wird. Daneben auch welche Kessel in den jeweiligen Sparten

eingesetzt werden und wie groß deren durchschnittliche Leistung ist, ev Gruppen gleicher Leistung.

A.WINDSPERGER weist auf die Schwierigkeiten bei der Darstellung auf oberster Ebene hin, da durch die große Anzahl der unterschiedlichen Prozesse die Übersichtlichkeit verloren geht. Es wird daraufhin vereinbart, aggregierte Darstellungen nach

- Papier
- Zellstoff
- Holz
- Energie
- Wasser

vorzusehen.

Recycling wird hinsichtlich der Rückführung von Altmaterial in die Rohstoffpools (spez. Hackschnitzel) betrachtet. Die Holz-Altstoffmengen für die Basisvariante werden aus dem BAWP verwendet. Für die Szenarien werden für die Altstoffmengen der einzelnen Produktgruppen folgende Annahmen festgelegt:

- Kurzlebige Produkte werden im selben Jahr Altstoff
- Langlebige Produkte werden unterschieden in
 - Substitution – neue Produkte ersetzen alte, diese werden in äquivalenten Mengen Altstoffe
 - Speicherung – es werden andere oder keine Altstoffe freigesetzt, zB bei neuen Anwendungsbereichen

Eine weitere Unterteilung nach der Lebensdauer erscheint nach Durchsicht des Antrags nicht vorgesehen. Hierbei wird auch festgehalten, dass das erstellte Modell stationären Charakter aufweist, es werden Effekte verschiedener technologischer Entwicklung bei gleichem Rohstoffaufkommen und gleicher Bedarfsstruktur beschrieben, aber keine zeitlichen Entwicklungen in der Produktionsmenge oder im Bedarf. Hier können allerdings einzelne Szenarien unterschiedlicher Produktionsentwicklungen betrachtet werden.

Die zeitlich dynamische Betrachtung von Markt und Bedarfsentwicklungen inklusive Konkurrenz zu alternativen Materialbereichen sind nicht im Antrag des derzeitigen Projekts enthalten. Wegen der Aktualität dieser Themen soll aber ein derartig ausgerichteter Antrag überlegt werden.

Next Steps:

- Beiträge für Zwischenbericht bis Ende Juni, Abgabe vor Mitte Juli
- Fertigstellung und Adaptierung des Modells im Juli
- Erste Ergebnisse zur Plausibilität im August – Verifizierung beim nächsten Treffen

Nächstes Treffen wird für 7.9.2009, BOKU, 10.00 Uhr vereinbart

Protokoll 7.9.2009

Ort: BOKU Wien, Institut für Holzforschung

Zeit: 7.9.2009

10.00 – 14.00 Uhr

Anwesend:

Prof. Alfred Teischinger	BOKU Wien
Marie Zukal	BOKU Wien
Franz Neumüller	BOKU Wien
Prof. Wolfgang Bauer	TU Graz
DI Kappel	TU Graz
Doz. Andreas Windsperger	IIÖ
Brigitte Windsperger	IIÖ (Protokoll)
Marcus Hummel	IIÖ
Christian Ott	IIÖ

WINDSPERGER führt in die Sitzung ein und schlägt folgende TO vor

Tagesordnung:

- Aktueller Stand
- Ausblick und Ergebnisse aus der Modellierung
- Besprechung der Szenarien

A.WINDSPERGER erläutert das im Groben fertig gestellte Gesamtmodell an Hand des Plans auf oberster Ebene. Auf diesem sind alle Inputs wie die verschiedenen Rundhölzer und auf der Outputseite die aus der Holzverarbeitung sowie Papierherstellung hervorgehenden Produktpalette, die nach Produktgruppen zusammengefasst wurden. Da dabei zu unterscheiden ist, ob das Holzprodukt ein bereits bestehendes Holzprodukt oder ein Produkt aus einem anderen Material ersetzt bzw. erstmalig eingesetzt wird, muss nach den einzelnen Produktschienen der Altholzanteil festgelegt werden. Das aus den Produkten hervorgehende **Altholz** soll über einen je nach Produkt unterschiedlichen Altholzanteil über einen Häcksler wieder in den Kreislauf gelangen und zwar soll es als Altholzhackgut für die Plattenproduktion zur Verfügung stehen.

Für den derzeit noch nicht im Modell integrierten Transport wird festgelegt,

- dass Sägerundholz über LKWs mit Anhänger,
- Holzprodukte und Hackschnitzel auf Sattelzügen bzw. Bahn
- Zusatzstoffe auf LKWs

transportiert werden.

Die von BAUER angesprochene und im Antrag angeführte **Wertschöpfung** ist im Modell derzeit noch nicht ausgewiesen, WINDSPERGER verweist auf die sofortige Durchführbarkeit, wenn für die Inputs und Outputs Preise durch die Projektpartner zur

Verfügung gestellt werden. Man einigt sich auf Grund der großen Preisschwankungen auf min/max-Werte.

Da auf dieser Ebene die Holzverarbeitung und die Papierherstellung gemeinsam abgebildet sind, ist geplant, auch auf dieser Ebene die für die Endergebnisauswertung wesentlichen relevanten Flüsse wie

- Massen-
- Kohlenstoff-
- Wasser-
- Energie- und
- Geldfluss

sowie die geplanten Szenarien darzustellen.

Vor Durchführung der Szenarien ist eine Verifizierung der Werte des Gesamtmodells mit den Branchenberichten vorgesehen. WINDSPERGER schlägt folgende **Szenarien** bei gleich bleibendem Rundholzeinsatz (TEISCHINGER) vor:

- Szenario 1: Recyclinganteil derzeit
- Szenario 2: Recyclinganteil 2050 (Annahme jährliches Wachstum von 2%/a)
- Szenario 3: technologische Veränderungen – Hackschnitzel aus Altholz vermehrt in Spanplattenproduktion
- Szenario 4: direkte Substitution von Rohholz durch Altholzeinsatz (z.B. Leimbinder wieder einsetzen;...)
- Szenario 5: Veränderung der Energieträger

OTT stellt das **Modell der Papierherstellung** vor, das unterschieden nach den einzelnen Produktionslinien aufgebaut wurde. Die einzelnen Betriebe wurden den einzelnen Papiersorten zugeordnet, BAUER regt eine Verifizierung der richtigen Zuordnung an.

Hinsichtlich des Umgangs mit Schlämmen einigt man sich darauf, dass die aus verschiedenen Anlagen stammenden Schlämme in Verbrennungsanlagen thermisch verwertet werden, unabhängig, ob in den einzelnen Standorten Verbrennungsanlagen existieren oder nicht.

B. WINDSPERGER stellt das **Modell der Holzverarbeitung** auszugsweise vor. Die derzeitigen Probleme bei der Durchgängigkeit der Dichten der verschiedenen Holzarten und Produkte bei unterschiedlichen Wassergehalten wird von den Projektpartnern geprüft. Die derzeitigen Mengenausgleiche auf Qualitätsebene je Holzart führen zu Problemen bei der Rückführung auf das Rundholz – Laut TEISCHINGER kann bei Bedarf eine Abdeckung der Qualität 3 durch die Qualität 2 und ein Bedarf an Qualität 2 durch die Qualität 1 abgedeckt werden. Weiters stellt sich in der Diskussion heraus, dass für die thermische Energieversorgung für die Trocknung Rinde und Hackschnitzel, für die Weiterverarbeitung hauptsächlich Säge- und Hobespäne eingesetzt werden, was

eine Adaptierung im derzeitigen Modell erfordert. KWKs kommen vorwiegend bei der Platten- und Fußbodenherstellung zum Einsatz, bei den anderen Produktionszweigen wird man von reinen Heizwerken ausgegangen.

Next Steps:

Nächstes Treffen wird für 16.10.2009, BOKU, 10.00 Uhr vereinbart

Protokoll 16.10.2009

Ort: BOKU Wien, Institut für Holzforschung

Zeit: 16.10.2009, 9.00 – 13.00 Uhr

Anwesend:

Univ.Prof. Alfred Teischinger	BOKU Wien
Marie Zukal	BOKU Wien
Univ.Prof. Wolfgang Bauer	TU Graz
Doz. Andreas Windsperger	IIÖ
Brigitte Windsperger	IIÖ (Protokoll)
DGeoök. Christian Ott	IIÖ

WINDSPERGER führt in die Sitzung ein und schlägt folgende TO vor

Tagesordnung:

- Aktueller Stand der Ergebnisse
- Aktuelle Ergebnisse mit Diskussion
- Besprechung der Szenarien
- Endbericht und externe Kommunikation

A. WINDSPERGER schlägt vor, das Projekt beim ÖGUT-Umweltpreis mit der Frist 23.10.2009 einzureichen, am Montag soll vom IÖ ein grobes Konzept an die Partner verschickt werden, um dieses dann inhaltlich und argumentativ zu ergänzen. Das Modell wird auf oberster Ebene vorgestellt. Bei Verifizierung der ersten Ergebnisse zeigte sich bei der Holzverarbeitung eine klare Differenz des Energieverbrauchs gegenüber den Werten der Energiebilanz 2007, allerdings ist auch der deutliche Anstieg in der Energiebilanz um ca ein Drittel von 2005 auf 2006 nicht erklärbar. WINDSPERGER klärt eventuelle Veränderungen mit der STAT.AT Für die derzeit noch fehlenden Flusseigenschaften der zusammengefassten Holz-Produkte (alle Holzarten) wird vereinbart, für diese die Werte der dominanten Holzart oder bei Ausgewogenheit Durchschnittswerte für Dichte und Energieinhalt zu verwenden, auch wenn bei eventueller Veränderung der Holzarten in den Szenarien dieser Fluss starr bleibt.

Die Festlegung der Szenarien:

- Recyclinganteil von derzeit 13% stofflicher Verwertung – Rest thermische Verwertung
- Veränderung im Energieträgerbedarf von Energie und Raumwärme (geänderte Rahmenbedingungen)
- technologische Veränderungen in Richtung höhere Energieeffizienz,
- direkte Substitution von Rohholz durch Altholzeinsatz (Technologieänderungen)

- keine Plattenindustrie, keine Zellstoffindustrie, Bioethanolproduktion,... (Strukturänderungen)

Der Endbericht soll möglichst bis Ende November fertiggestellt sein. TEISCHINGER berichtet von Uppsala und empfiehlt auf die Kenntnis und den Kontakt mit dem EU-Projekt „TOSIA“ hinzuweisen.

Hinsichtlich der externen Kommunikation wurde von WINDSPERGER mit dem FV Papier für Nov 2009 und mit dem FV Holzindustrie (18.11.2009) eine Vorstellung des Projekts vereinbart – TEISCHINGER hat das Projekt vorweg wesentlichen Vertretern der Fachverbände in groben Zügen skizziert.

Next Steps:

Einige noch abzuklärende Punkte (kommende Woche):

- Hackschnitzelmenge, vor allem, jene für die Papierindustrie? Beinhaltet auch HS für importierten Zellstoff.
- Rindenschnitzelmenge zu hoch?
- CO₂-Bilanz der Papierindustrie derzeit zu hoch? (Inlandsanteil Zellstoffproduktion trennen)

Noch zu ergänzende Punkte (kommende Woche):

- Industrierundholzmenge auf der Inputseite (Daten von ZUKAL) – derzeit wird die Menge durch den Bedarf bestimmt,
- Transport
- Import von Schnittholz (Daten von ZUKAL) soll über einen eigenen Sägeprozess mit Trocknung geführt dargestellt werden
- Trocknung von Schnittholz für Export
- Wertschöpfung über Preise auf Rundholzebene und auf der Outputseite für die Produkte – möglichst in analoger Form für Papier- und Holzprodukte

Nach Einarbeitung der noch offenen Punkte soll die Modelldarstellung sowie die daraus exportierten Werte als Gegencheck sowie zur Plausibilitätsprüfung innerhalb der nächsten zwei Wochen an die Partner versandt werden

Nächstes Treffen wird für 19.11.2009 vormittags TU Graz oder 20.11.2009 9.00Uhr BOKU vereinbart - Absprache bezüglich des Termins

Protokoll 20.11.2009

Ort: BOKU Wien, Institut für Holzforschung

Zeit: 20.11.2009, 9.00 – 15.00 Uhr

Anwesend:

Univ.Prof. Alfred Teischinger	BOKU Wien
Marie Zukal	BOKU Wien
Univ.Prof. Wolfgang Bauer	TU Graz
DI Lisbeth Kappl	TU Graz
Doz. Andreas Windsperger	IIÖ
Brigitte Windsperger	IIÖ (Protokoll)
DGeoök. Christian Ott	IIÖ

A. WINDSPERGER führt in die Sitzung ein und teilt mit, dass am 24.11.16.30 Uhr eine Vorstellung der Projektergebnisse beim Holzverband (Umweltschutz) sowie am 26.11.2009 beim Fachverband Papier (Energieausschuss) geplant ist.

In der Zwischenzeit geführte Gespräche mit Prof Maydl ergaben Interesse von seiner Seite an einer Fortsetzung der begonnenen Aktivität.

WINDSPERGER schlägt folgende TO vor

Tagesordnung:

- Plausibilitätsprüfung sowie Verifizierung der Bilanzen
- Diskussion der Szenarien
- Mögliche Schlussfolgerungen
- Endbericht und externe Kommunikation

Plausibilitätsprüfung

Da im Modell

- die Holzverarbeitung
- Import von Halbfertigprodukten
- Import von Schnittholz ohne SNP

betrachtet wird, werden diese im Modell angeführten Mengen über die einzelnen Flussmengen gemeinsam verifiziert.

Abzuklärende Mengen ergeben sich dabei für

- Industrie -Laubholz (Differenz von 1 Mio fm Rundholz zu viel)
- Import von Zellstoff im Modell zu hoch
- Reststoffe Papierherstellung auf Deponie um Faktor 5 zu hoch
- Reject zur thermischen Verwertung?
- Daten von nicht gemeldeten Betrieben?!!

Szenarien

Holzverarbeitung

Veränderung der Recyclingrate – bei der Plattenherstellung kann bis zu 90% Altholz eingesetzt werden

Ausfall bei der Säge - 1Mio fm SRH reduzieren - daher ist die Parametersetzung beim Sägeprozess erforderlich

Veränderungen bei den Produkten – dies führt auch zu Veränderung der Transporte (z.B. Leimbinder nur auf LKW möglich, Schnittholz kann auch per Bahn transportiert werden)

Papierherstellung

Keine Zellstoffproduktion in Österreich

Kein Zellstoffimport – gesamte Produktion in Österreich