Technische Universität München
Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik

Analyse der Rundholzlogistik in der Deutschen Forst- und Holzwirtschaft – Ansätze für ein übergreifendes Supply Chain Management

Ekkehard von Bodelschwingh

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktors der Forstwissenschaften (Dr. rer. silv.)

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. Reinhard Mosandl

Prüfer der Dissertation:
1. Univ.-Prof. Dr. W. Warkotsch
2. Univ.-Prof. Dr. Dr. h.c. G. Wegener

Die Dissertation wurde am 30.11.2005 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt der Technischen Universität München am 21.02.2006 angenommen.

Meinen Eltern

„ Perhaps one of the most significant breakthroughs in management thinking in the closing years of the twentieth century has been the realization that individual businesses no longer compete as stand-alone entities, but rather as supply chains. We are now entering the era of ´network competition` where the prizes will go to those organizations who can better structure, coordinate and manage the relationships with their partners [...].”[1]

[1] CHRISTOPHER, M.: Logistics and Supply Chain Management. Strategies for Reducing Cost and Improving Service, 1998, S. 272

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik der Technischen Universität München. In ihr werden die Ergebnisse verschiedener Forschungsprojekte zusammengeführt, die von mir in der Zeit von 2001 bis 2005 bearbeitet wurden.

Bereits meine Diplomarbeit zum Thema Rundholztransport-Logistik fand und findet bis heute regen Anklang in der Praxis, ihre Ergebnisse sind teilweise Argumentations- und Kalkulationsgrundlage für Investitionsentscheidungen im Fahrzeug- und IT-Bereich. Diese Resonanz begründet die Motivation, daß sich auch die vorliegende Arbeit durch einen starken Praxisbezug auszeichnet und sich inhaltlich an einigen Stellen mehr in die Breite orientiert.

Ein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Walter Warkotsch, dem Leiter des Lehrstuhls. Es war und ist ihm stets ein wesentliches Anliegen, seine Doktoranden nicht nur einseitig für die jeweilige wissenschaftliche Thematik zu begeistern, sondern darüber hinaus förderte er stets - soweit es die finanziellen Mittel zuließen - die Teilnahme an Seminaren, Vorträgen und auch außerfachlichen Veranstaltungen im In- und Ausland. Diese Erfahrungen und speziell die zahlreichen Kontakte zu Entscheidungsträgern innerhalb der Forst- und Holzwirtschaft erleichterten sowohl die Akquise von Forschungsprojekten und die stets enge Zusammenarbeit mit der Praxis, als auch den erfolgreichen Einstieg ins Berufsleben.

Für die Durchsicht des Manuskripts und die Bereitschaft, die Zweitkorrektur zu übernehmen, danke ich Herrn Prof. Dr. Dr. habil. Drs. h.c. Gerd Wegener, Lehrstuhl für Holzkunde und Holztechnik, sowie Herrn Prof. Dr. Reinhard Mosandl, Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung, der die Prüfungskommission leitete.

Den Mitarbeitern des Lehrstuhls für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik danke ich für die Unterstützung und die Freundschaft in all den Jahren. Ein besonderer Dank gebührt Herrn Dr. Reinhard Pausch für die Hilfe bei der Konzeption und statistischen Auswertung forstlicher Zeitstudien sowie Herrn Jürgen Bauer, mit dem ich zwei Forschungsprojekte erfolgreich zusammen bearbeitet habe.

Da alle Projekte ausschließlich über Drittmittel finanziert wurden, sei an dieser Stelle den Geldgebern gedankt, ohne deren Unterstützung die Ergebnisse der vorliegenden Dissertation nicht hätten erarbeitet werden können. Im Einzelnen sind folgende Institutionen bzw. Firmen und ihre verantwortlichen Personen herauszustellen:

- AIB Industrieholz, Herr Axel Allihn
- Deutscher Holzabsatzfonds
- Komatsu Forest Deutschland GmbH, Herr Bernd Rauser
- Kuratorium der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
- Rheinland-Pfälzische Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft, Herr Dr. Michael Bücking
- UPM Kymmene, Herr Dr. Bernd Keller
- Waldbesitzervereinigungen Holzkirchen, Rosenheim, Traunstein, vertreten durch Herrn Sepp Spann

Im Gegensatz zu manch anderen Untersuchungsobjekten ist man bei der Erfassung von Kennzahlen zu hochmechanisierten Ernteverfahren sowie der logistischen Folgeprozesse maßgeblich auf die Unterstützung der Geschäftsführer der jeweiligen Projektpartner sowie dem Engagement ihrer Mitarbeiter angewiesen. Die Anzahl dieses Personenkreises beläuft sich auf weit über 100 Personen, so daß Ihnen an dieser Stelle als Kollektiv für Ihre Mitarbeit gedankt sei. Da teilweise betriebsinterne Daten miterhoben wurden, bleiben die Namen einzelner Unternehmen anonym.

Das Anfertigen der Dissertation wurde von meiner Familie und meinen engsten Freunden selbstlos unterstützt, den Dank dafür überbringe ich ihnen persönlich.

Weihenstephan, im Dezember 2005

Ekkehard von Bodelschwingh

Summary

The current situation of the German forest and wood industry is characterized by dynamic processes caused by numerous investments of the processing industry to modernize and expand their production capacities. At the same time, the forest industry is involved in a continuous reform process, to react to these partially radical structural changes.
Both parties emphasize the meaning of efficient timber supply processes, due to the fact that selling roundwood is the most important source of revenue for the forest industry and the continuous wood supply has highest priority for the timber industry. A benchmarking of timber supply chains shows that the most productive and cost-efficient structures are found in countries where the forest and wood industry is traditionally integrated in one and the same company.
The theoretical approach of supply chain management (SCM) offers an opportunity to compensate the lack of an equivalent integration in Germany. This new concept focuses on interorganisational planning and controlling of value chains. In contrast to temporary cooperations, SCM is based on long-term working relationships and includes the entire process and the final product respectively.
The use of adequate information and communication technology is an essential element to integrate all business partners, in order to reduce uncertainty and risks along the value chain and minimize thereby the stock of inventory, shorten lead times and finally satisfy customer needs. With increasing complexity in many cases, controlling and administrative functions are outsourced to special service providers.

Besides the elaboration of these theoretical business principles the thesis focuses on a detailed situation analysis of relevant sub-processes in the timber supply chain as well as their general framework. The large and reasonably detailed database for highly mechanized harvesting and transportation systems is the result of using an extensive mix of different survey methods.
The comparison of performance figures of a wide range of harvesting machines measured in detailed time studies on the one hand, and simultaneously conducted long-run performance records on the other, showed a remarkable gap between both methods. The productivity, deduced from time study data, is overestimated compared to the results of the of long-term records.
Although productivity and harvesting costs depend on various influencing factors, the mid tree volume of the harvested stand is certainly the most important parameter.
As a relevant part of the timber supply chain, the timber transport was also subject of intensive research in order to describe all operational processes completely. A truck`s transport capacity is essentially depending on its individual payload. As case studies pointed out, the haulage equipment as well as the transport organization and truck scheduling holds a huge potential for improvements. New transport concepts such as using articulated vehicles without crane are presently being researched in practical tests. But this kind of system is only cost-efficient as long as the trailer is loaded directly by a forwarder near the extraction lines. Otherwise, regular timber trucks are cheaper for up to a transport distance of approximately 120 km. All measured performance figures were combined in a calculation model to estimate harvesting and transportation costs free mill. Besides the relevant influencing factors of a particular harvesting site, different levels of annual machine utilisation can be considered. By varying the input parameters, different potentials of rationalization were identified in numerous calculations. Further results of this model are realistic references for lead times, which provide a benchmarking for the operational part of timber harvesting processes for the first time.

Within the scope of a broad research, analysing systematically the working process of 3.367 woodpiles with a total volume of approximately 120.000 cubic meters, it was shown that on average 49 days were passing by from felling to delivery to mill. Considering the administrative processes in the further course of time to the final accounting, 39 more days were elapsing.
The total leadtime averages out at 88 days. That means, the idle time is three times longer than the net process time.
Although a comprehensive scientific quantification of these suboptimal working processes has been absent until now, the value of interest rates for fixed capital as well as quality losses by blue-strain can be estimated at least as 2 €/m³.
The central idea of the interorganisational SCM approach is to avoid these kind of inefficient processes and value losses.
Precondition is a high level of transparency over production and delivery volumes. However, the information flow of present timber harvesting chains is characterised by serious short comings. These are primarily based on non-existent standardization of processes and data formats, partly insufficient information and communication equipment as well as poor computer skills.

The overall picture of the situation analysis shows in some fields a large discrepancy between today´s practice and the general demand on optimal processes or the far-reaching ambitions of SCM. The philosophy of supply chain management offers a promising approach to integrate several value chains to a logistics network.

A target-concept presents technical and organizational approaches for an interorganisational supply chain management along the entire timber supply chain. The concept`s main focus lies on the re-engineering of the information technology. The success of the necessary modernization of incompatible data formats and IT-applications and their implementation in practice will depend essentially on a country-wide request and use. Concerning this matter the present structural changes in the German forest and timber industry could be very helpful.
The final part of this thesis describes potential approaches for implementing the target-concept into practice by means of an action programme. The concept is not only based on pure theory and makes predominantly use of existing applications which have to modified. In fact, several harvesting and transportation methods and adequate logistics software were the subject of self-conducted research projects.
In particular, the implementation of modern information and communication technology and the use of the German data standard ELDAT led to remarkable and measurable improvements in these projects. Within a five months implementation period a clear simplification and acceleration of the administrative activities was achieved as well as a cut of lead times from harvesting to final accounting by 25 days (=28%).
By means of various calculations considering different setting parameters realistic saving potentials between 4 and 7 €/m³ have been identified. If additionally considering calculative costs, such as showing truck drivers the route to their timber, the effective potential saving is increasing to at least twice this amount.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung ... 18
1.1 Ausgangssituation ... 18
1.2 Motivation und Zielsetzung ... 20
1.3 Aufbau der Arbeit ... 22
1.4 Datengrundlage - Übersicht ausgewählter Forschungsprojekte ... 24
2. Methodik der Datenerhebung ... 27
2.1 Zeitstudien ... 29
2.2 Leistungsaufschriebe ... 31
2.3 Eigenaufzeichnung ... 32
2.4 Experteninterview ... 33
2.5 Literaturstudie ... 35
3. Ergebnisse der Literaturrecherche ... 37
3.1 Logistik und Supply Chain Management – Stand des Wissens ... 37
3.1.1 Logistik ... 37
3.1.1.1 Entstehung und Entwicklung der Logistik ... 37
3.1.1.2 Definition des Begriffs Logistik ... 40
3.1.1.3 Funktionelle Abgrenzung von Logistiksystemen ... 41
3.1.1.4 Logistikkette als Untersuchungsobjekt ... 42
3.1.2 Supply Chain Management ... 44
3.1.2.1 Allgemeines ... 44
3.1.2.2 Begriffsdefinition Supply Chain Management ... 45
3.1.2.3 Ziele des Supply Chain Managements ... 48
3.1.2.4 Implementierung von SCM ... 50
3.1.2.5 Steuerung von Supply Chains ... 56
3.1.2.6 Abgrenzung Logistik - Supply Chain Management ... 57
3.1.3 Der Bullwhip Effekt ... 60
3.1.4 Die Entwicklung zum Wissensmanagement und die Bedeutung moderner IuK Technologie ... 62
3.1.5 Zusammenfassung ... 65
3.2 Status Quo und Strukturwandel der deutschen Forst- und Holzwirtschaft ... 67
3.2.1 Allgemeine Kenngrößen ... 67
3.2.2 Forstwirtschaft ... 69
3.2.2.1 Besitzverhältnisse und Nutzungspotentiale ... 69
3.2.2.2 Wirtschaftliche Rahmenbedingungen und Formen der Rundholzvermarktung ... 71
3.2.2.3 Technologietrends und deren Auswirkungen ... 74
3.2.3 Holzwirtschaft ... 81
3.2.3.1 Markt und Strukturdaten ... 81
3.2.3.2 Sägeindustrie ... 83
3.2.3.3 Holzwerkstoffindustrie ... 87
3.2.3.4 Papier- und Zellstoffindustrie ... 89
3.2.4 Zusammenfassung ... 92
4. Situationsanalyse der Holzerntekette – Ist-Zustand ... 94
4.1 Die Holzerntekette als Untersuchungsgegenstand ... 94
4.2 Rahmenbedingungen und Planungsgrundlagen ... 95
4.3 Aufarbeitung ... 99
4.3.1 Untersuchte Maschinen ... 99
4.3.2 Ergebnisse aus Zeitstudien ... 100
4.3.3 Ergebnisse aus Langzeituntersuchungen ... 102

4.4 Holzrückung 106
4.4.1 Untersuchte Maschinen 106
4.4.2 Ergebnisse aus Zeitstudien und Langzeitbeobachtungen 107
4.5 Holztransport 113
4.5.1 Untersuchungsumfang 113
4.5.2 Strukturdaten der Fuhrbetriebe 114
4.5.3 Transportzyklus 115
4.5.4 Organisatorische Rahmenbedingungen 116
4.6 Einflußfaktoren und Kosten operativer Bereitstellungsprozesse 121
4.6.1 Aufarbeitung und Rückung 121
4.6.2 Transport 126
4.6.3 Potentiale 128
4.7 Materialflüsse und Durchlaufzeiten 130
4.8 Informationsflüsse 134
4.9 Zusammenfassende Gesamtbetrachtung 138
5. Soll-Konzept für einen betriebsübergreifenden SCM-Ansatz 140
6. Ist-Soll-Vergleich 142
7. Lösungsansätze - Aktionsprogramm 144
7.1 Technische Reorganisationsmaßnahmen 144
7.1.1 Informations- und Kommunikationstechnologie 144
7.1.1.1 Innerbetriebliche Abläufe der Lieferanten 144
7.1.1.2 Betriebsübergreifende Abläufe 152
7.1.2 Vorkalkulation von Bereitstellungskosten und Durchlaufzeiten 154
7.1.3 Weiterentwicklungen der Maschinen- und Fahrzeugtechnik 158
7.2 Organisatorische Reorganisationsmaßnahmen 162
8. Diskussion 165
8.1 Diskussion des methodischen Vorgehens 165
8.2 Diskussion der Ergebnisse der Situationsanalyse 167
8.3 Diskussion der Lösungsansätze 170
8.4 Schlußfolgerungen 173
9. Zusammenfassung 174
10. Literaturverzeichnis 177
11. Anhang 191

Abkürzungsverzeichnis

3PL..... Third Party Logistics Provider
4PL..... Fourth Party Logistics Provider
AZ.....Allgemeine Zeiten
APO.....Advanced Planning Option
APS.....Application Service Provider
BHD.....Brusthöhendurchmesser
BWI.....Bundeswaldinventur
CLM.....Council of Logistics Management
DSS.....Decision Support System
EDI.....Electronic Data Interchange
Efm.....Erntefestmeter
ERP.....Enterprise Ressource Planning
FAO.....Food an Agriculture Organization
FBG.....Forstbetriebsgemeinschaft
Fm.....Festmeter
GAZ.....Gesamtarbeitszeit
GIS..... Geografisches Informationssysteme
GPRS..... General Packet Radio Service
GPS.....Global Positioning System
GSM.....Global System for Mobile communication
h.....Stunde(n)
IuK.....Informations- und Kommunikations(-technologie)
JIT.....Just in Time
KWF.....Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik
LWF..... Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
MAS.....Maschinenarbeitsstunde
MDE..... Mobile Datenerfassung
MDF.....Medium density fibreboard
Min.....Minute(n)
MIT.....Massachusetts Institute of Technologie
OPP..... Order Penetration Point
o.R. .....ohne Rinde
OSB.....Orientated strand board
PC..... Personal Computer
PDA.....Personal digital Assistant
PZ.....Profilzerspaner
TUL..... Transport, Umschlag, Lagerung
RAZ.....Reine Arbeitszeit
RFID..... Radio Frequency Identification
s.....Sekunde(n)
SCM.....Supply Chain Management
SCO.....Supply Chain Orientation
Srm.....Schüttraummeter
StVO.....Straßenverkehrsordnung
t.....Tonne
TAP.....Technische Arbeitsproduktivität
UMTS.....Universal Mobile Telecommunications System
XML..... eXtensible Markup Language
WBV.....Waldbesitzervereinigung
WWW.....World Wide Web
XML..... eXtensible Markup Language

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 : Vergleich der Bereitstellungskosten für Fichten Schleifholz 18
Abbildung 2 : Aufbau der Arbeit 22
Abbildung 3 : Übersichtskarte der einzelnen Forschungsprojekte 26
Abbildung 4 : Bezugsrahmen zur Einordnung Methodischer Ansätze 28
Abbildung 5 : Definierte Arbeitszeiten 29
Abbildung 6 : Eingabemaske Sortiment a), Stärkeklasse b) und Ladevolumen c) .. 33
Abbildung 7: Evolution der drei Bedeutungen der Logistik 38
Abbildung 8: Abgrenzung logistischer Aufgabenfelder 41
Abbildung 9: Logistikkette als Lieferanten-Kunden-Beziehung 43
Abbildung 10: Voraussetzungen und Auswirkungen von Supply Chain Management 50
Abbildung 11: Vierstufiges Modell Implementierung SCM 51
Abbildung 12: Ursache von Unsicherheiten und deren Auswirkungen in der gesamten Supply Chain 52
Abbildung 13: Schrittweise Reduktion von Unsicherheiten durch Implementierung von SCM 55
Abbildung 14: Vernetzung von Supply Chain Partnern mit Dienstleistern durch einen 4PL Anbieter 56
Abbildung 15: Komponenten einer Supply Chain 58
Abbildung 16: Der Bullwhip Effekt in einer vierstufigen Supply Chain 61
Abbildung 17: Das Vier-Sektoren-Modell: Verteilung der Beschäftigung 1882-2010 62
Abbildung 18: Vergleich traditioneller und elektronischer Datenaustausch 63
Abbildung 19: Magisches Ziel-Viereck der Logistik 66
Abbildung 20: Besitzverteilung von Waldflächen 69
Abbildung 21: Struktur des Privatwaldes in Deutschland 69
Abbildung 22: Entwicklung von Holzpreisen, Lohnkosten und Waldarbeitern (100% = 1980) 71
Abbildung 23: Anzahl von Harvester in Deutschland 74
Abbildung 24: Kurzholzzug 76
Abbildung 25: Flexible Nutzung von Langholzfahrzeugen 77
Abbildung 26: Bordcomputer eines Harvesters a) Kartenmodus b) Produktionsmodus 79
Abbildung 27: Strukturwandel in der Sägeindustrie 83
Abbildung 28: Einschnittsvolumen der Sägeindustrie und Waldanteil nach Bundesländern 85
Abbildung 29: Produktionsstandorte der Holzwerkstoffindustrie in Deutschland 88
Abbildung 30: Kapazität der Holzschliff- und Zellstoffindustrie 91
Abbildung 31 : Komponenten und Einflußfaktoren der Holzerntekette 94
Abbildung 32 : a) Hiebsvolumen pro Einsatz, b) Anzahl der Sortimente pro Hieb ... 95
Abbildung 33 : a) Verteilung der Einschlagsverfahren im Kleinprivatwald [Fm] bzw. [%] b) Verteilung nach Hiebsgrößen im Kleinprivatwald [Fm] bzw. [%] .. 96
Abbildung 34 : Erreichbarkeit der Holzpolter für LKW im Kleinprivatwald 96
Abbildung 35: Zeitanteile der beobachteten Ablaufabschnitte RAZ [%] 100
Abbildung 36: Reine Arbeitszeit pro Baum abhängig vom Baumvolumen [1] 101
Abbildung 37: Produktivität bezogen auf RAZ in Abhängigkeit vom Baumvolumen 102
Abbildung 38: Mittlerer X-Holzanteil und mittleres Baumvolumen 103
Abbildung 39 : Produktivität (TAP) und mittleres Baumvolumen (inkl. X-Holz) 104
Abbildung 40 : Zeitbedarf pro Festmeter in Abhängigkeit des mittleren Baumvolumens 104

Abbildung 41 : Aufarbeitungsleistung in Abhängigkeit des mittleren Baumvolumens [Efm/Tag bzw. Schicht) 105
Abbildung 42 : Zeitanteile der Arbeitsablaufabschnitte (RAZ) 107
Abbildung 43 : Forwarder Fahrgeschwindigkeiten 108
Abbildung 44 : Zeitbedarf Beladen abhängig vom Greiferinhalt und Sortiment 109
Abbildung 45 : Zeitbedarf von Beladezyklen unterschiedlicher Maschinentypen.... 110
Abbildung 46 : Entladeleistung Valmet 860 bei 4m PZ Abschnitten, Vergleich Zeitstudienergebnisse und Langzeitstudie 111
Abbildung 47 : Entladeleistung nach Sortimenten, Langzeitstudie 112
Abbildung 48 : Aufbau der Fallstudie Holztransport..... 113
Abbildung 49 : Anzahl Fahrzeuge pro Fuhrbetrieb, eingesetzte Fahrzeugtypen 114
Abbildung 50 : Zeitanteile (GAZ) der einzelnen Arbeitsablaufabschnitte..... 115
Abbildung 51 : Verteilung der Transportentfernungen, einfache Fahrstrecke..... 117
Abbildung 52 : Ankunfts- und Wartezeiten im Werk 118
Abbildung 53 : Wartezeiten im Werk 119
Abbildung 54 : Übersicht der wichtigsten Einflußfaktoren auf operative Bereitstellungsprozesse 121
Abbildung 55 : Maschinenkosten in Abhängigkeit von der jährlichen Auslastung... 122
Abbildung 56: Umsetzkosten in Abhängigkeit der Umsetzdistanz und der Erntemenge 123
Abbildung 57 : Produktivitätsvergleich Harvester vs. Forwarder..... 124
Abbildung 58 : Rückeleistung des Forwarders a) in Abhängigkeit von Rückedistanz und Sortimentsanzahl b) in Abhängigkeit Sortimentsanzahl bei unterschiedlichen Baumvolumina 125
Abbildung 59 : Erntekosten frei Waldstraße 126
Abbildung 60 : Eingangsdaten für Modellkalkulation 127
Abbildung 61 : Kostenvergleich der einzelnen Transportverfahren 127
Abbildung 62 : Übersicht von Kosten- und Einsparpotentialen..... 129
Abbildung 63 : Durchlaufzeiten Ernte bis Abrechnung 130
Abbildung 64 : Durchlaufzeiten für motormanuelle und hochmechanisierte Holzernteverfahren..... 131
Abbildung 65 : Detailanalyse einer hochmechanisierten Durchforstungsmaßnahme..... 132
Abbildung 66 : Vergleich Prozeß- und Leerzeiten 133
Abbildung 67 : Informationsaustausch in der Holzerntekette 134
Abbildung 68 : Stärken-Schwächen-Profil des Informationsflusses in der Holzerntekette 135
Abbildung 69 : Komponenten für ein betriebsübergreifendes SCM..... 141
Abbildung 70 : Bewertung von Verbesserungspotentialen (Ist vs. Soll)..... 142
Abbildung 71 : a) Aufarbeitungsauftrag mit Aushaltungskriterien b) Karten-darstellung der Hiebsflächen mit Fahrspuren des Harvesters 145
Abbildung 72 : Datenstruktur der Logistikplattform LUKAS 146
Abbildung 73 : a) Detailinformationen zum Einzelpolter b) Sortimentsweise Erfassung der Rückeleistungen mittels Kranwaage 147
Abbildung 74 : Lagerübersicht einzelner Aufarbeitungsaufträge 148
Abbildung 75 : a) Klassifikation von Waldwegen gemäß GeoDat-Standard b) PDA gestütztes Navigationssystem für die Forstwirtschaft .. 149
Abbildung 76 : Manuelle Datenerfassung vs. elektronischer Import (rechts)..... 150
Abbildung 77 : a) Beispiel für umfassende Polterkennzeichnung, Fa. Sydved, b) Identifikation von Einzelstämmen bzw. Poltern mittels RFID..... 151
Abbildung 78 : Betriebsübergreifende Client-Server-Lösung..... 152
Abbildung 79 : Disponierbare Polter als Eingangsgrößen zur Tourenplanung 153

Abbildung 80 : Eingangsvariablen für Kalkulationsmodell 155
Abbildung 81 : Ergebnisvariablen der Vorkalkulation 156
Abbildung 82 : System LoadFlex3 a) eingeklappt, b) ausgeklappt, c) mit Sortensektionen..... 158
Abbildung 83 : a) LKW-Aufbauten in Aluminium-Leichtbauweise b) Maschinenwagen (Leichtbau)..... 159
Abbildung 84 : System WoodTrailer a) Transport von Rundholz bzw. Schnittholz b) Transport von Containersystemen 160
Abbildung 85 : Umsetzen eines Harvesters mit Standard-Sattelzugmaschine 160
Abbildung 86 : Kombimaschine Valmet 801 beim a) Fällen b) Aufarbeitung c) Entladen 161
Abbildung 87 : Durchlaufzeiten Ernte bis Abrechnung, Implementierungsphase ... 171
Abbildung 88 : Beispiel für Aufarbeitungsblock, WBV Traunstein..... 172
Abbildung 89 : Beispielauswertung der Harvestermaße mit Ponsse Optilist 200
Abbildung 90 : Durchlaufzeiten von Stammholz und Industrieholz (inkl. Papierholz) 210
Abbildung 91 : Motormanuelle Holzernte im Starkholz, kurz; Gesamtdurchlaufzeit 67 Tage..... 210
Abbildung 92 : Motormanuelle Holzernte im Starkholz, lang, Gesamtdurchlaufzeit 91 Tage..... 210
Abbildung 93 : Basisdaten einer Teilfläche des Aufarbeitungsauftrages 211
Abbildung 94 : Gesamtübersicht eines Aufarbeitungsauftrages 212
Abbildung 95 : beobachtete Hiebsmerkmale - Eingangsdaten Kalkulationsmodell 213
Abbildung 96 : beobachtete Produktionsleistungen (Timberjack 1270D, Timberjack 810C) 214
Abbildung 97 : Ergebnisse Kalkulationsmodell, Abfuhrbeginn NACH Hiebsende... 214
Abbildung 98 : Ergebnisse Kalkulationsmodell, Abfuhrbeginn bei Rückevolumen von 500 Efm 214

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der angewandten Methoden 27
Tabelle 2 : Definition der Arbeitsablaufabschnitte (RAZ) bei zyklenweisen Zeitstudien mit Harvestern..... 30
Tabelle 3 : Übersicht über die täglich erfaßten Variablen bei Leistungsaufschrieben mit Harvestern 32
Tabelle 4: Vergleich traditioneller und partnerschaftlicher Ansätze 54
Tabelle 5: Holzeinschnitt in Deutschland nach Größenklassen 84
Tabelle 6: Bezugsquellen der Rohstoffe und Anteile der Faserstoffe in der Holzwerkstoffindustrie 87
Tabelle 7: Bezugsquellen der Rohstoffe und Verteilung der Faseranteile in der Papierindustrie 90
Tabelle 8 : Schwachstellen der Holzernteplanung; (N) = Zahl der Nennungen 97
Tabelle 9: Datengrundlage und technische Daten der untersuchten Erntemaschinen..... 99
Tabelle 10: Zeitbedarfswerte [min/Baum] (RAZ) 101
Tabelle 11 : Datengrundlage und technische Daten der untersuchten Rückemaschinen 106
Tabelle 12 : Beobachtete Fahrgeschwindigkeiten [km/h] 115
Tabelle 13 : LKW Einweisung durch Holzvermittler (HV) im Kleinprivatwald..... 120
Tabelle 14 : unterstellte Annahmen zur Kalkulation von Umsetzkosten 122
Tabelle 15 : Hiebsmerkmale und Eingangsgrößen des Kalkulationsmodells 124
Tabelle 16 : Zeitbedarf manueller Eingabe von Vermessungsprotokollen..... 136
Tabelle 17 : Übersicht technischer und organisatorischer Verbesserungsmaßnahmen... 143
Tabelle 18 : Zeitbedarf elektronischer Import von Vermessungsprotokollen (links) 150
Tabelle 19: Detailübersicht über die Struktur der Einzelzeiten 195
Tabelle 20 : Arbeitszeitverteilung – tage-/schichtweise Auswertung [1] 195
Tabelle 21 : X-Holz Funktion [1] 195
Tabelle 22 : Maschinenkostenkalkulation Valmet 901.2 203
Tabelle 23 : Maschinenkostenkalkulation Valmet 820 204
Tabelle 24 : Kostenkalkulation Kurzholzzug 205
Tabelle 25 : Kostenkalkulation Sattelzug (Trailer) 206

1. Einleitung

1.1 Ausgangssituation

Als Folge zunehmender Dynamik auf globalen Märkten wächst allgemein die **Komplexität** von Unternehmensstrukturen und Geschäftsprozessen. Diesen Veränderungen ist auch die Forst- und Holzwirtschaft unterworfen.
Die deutsche Zellstoff- und Papierindustrie sowie die Holzindustrie befindet sich in einem stetigen **Strukturwandel**, der gekennzeichnet ist durch Konzentrationsprozesse und den Aufbau großer Kapazitäten bei möglichst personalextensiver Fertigung.
Während zu Zeiten regionaler Verkäufermärkte für die Forstwirtschaft kein zwingender Grund bestand, sich im Wettbewerb mit internationaler Konkurrenz messen und behaupten zu müssen, sollte sich dieser Sachverhalt spätestens mit den Stürmen *Vivian* und *Wiebke* im Jahr 1990 grundlegend ändern. Mit diesem Ereignis war der Wandel von einem Verkäufer- zum **Käufermarkt** endgültig vollzogen.
Bedingt durch den freien Zugang zu internationalen Märkten und die politische Wende in Osteuropa offenbarte sich bei einem Großteil der Forstbetriebe ihre unzureichende **Wettbewerbsfähigkeit**. Innovative Betriebe reagierten frühzeitig auf die veränderten Rahmenbedingungen mit verstärkter Mechanisierung in der Holzernte und konsequenter Personalreduktion im Verwaltungsbereich.[1] Einen objektiven Kostenvergleich zwischen den führenden europäischen Mitbewerbern ermöglicht die Erhebung von GENFORS (2003):

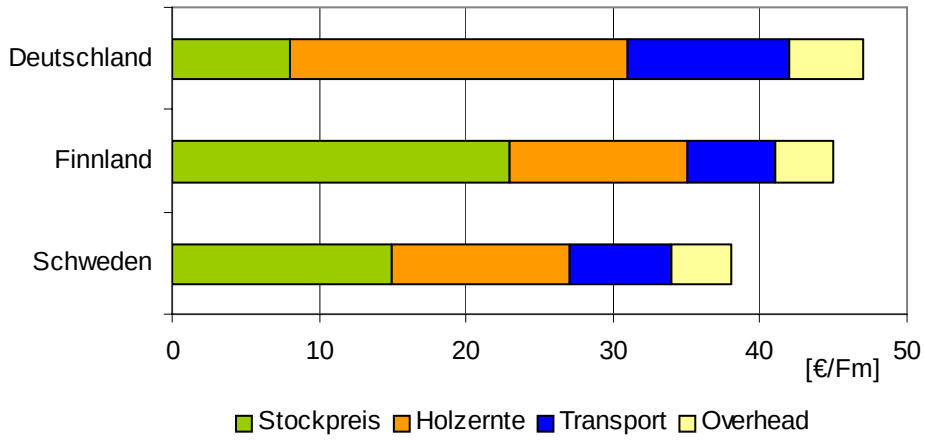


Abbildung 1 : Vergleich der Bereitstellungskosten für Fichten Schleifholz [2]

Aufgrund sehr **unterschiedlicher Rahmenbedingungen** ist kein direkter Kostenvergleich zwischen den Ländern möglich, dennoch zeigt sich ein deutlicher Unterschied in der Verteilung der Kosten. Hervorstechend sind insbesondere die hohen Holzerntekosten, die eine schwierige Erlössituation für die Forstwirtschaft bzw. den Waldbesitzer zur Folge haben.
Die in Abbildung 1 dargestellten Kostenstellen lassen sich auch als Ergebnis der Geschäftstätigkeit der beteiligten Akteure betrachten, für deren Anordnung sich

[1] DUFFNER, W.: Gestaltung des Forstbetriebes im Jahr 2000, AFZ-Der Wald 47/1988, S. 1280 ff.
[2] QUELLE: GENFORS (2003)

inzwischen der Begriff der **Holzerntekette** etabliert hat.[1] Analog zu Entwicklungen außerhalb der Forstwirtschaft hängt die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen in besonderem Maße von der Leistung und Effizienz dieser **Supply Chains** ihrer Partner ab.[2] Diese Erkenntnis hat sich seither auch innerhalb der Holzbranche manifestiert. Bei ansteigenden Produktionskapazitäten ist die einheimische Holzindustrie in erster Linie auf eine kostengünstige und kontinuierliche Versorgung angewiesen. Im Gegenzug muß auch die Forstwirtschaft an einer prosperierenden Industrie ihres bedeutendsten Abnehmers interessiert sein, um ideeller Weise an derem Erfolg zu partizipieren.
Für beide Marktpartner ergibt sich daraus die zwingende Notwendigkeit, die Überwindung von **Bereichs- und Funktionsgrenzen** zu Gunsten einer an den Geschäftsprozessen ausgerichteten Organisation in das Zentrum ihres Handelns zu stellen. Mit steigendem Einfluß des e-Business auf Geschäftsabläufe wird der Wandel von der Funktions- zur **Prozeßorientierung** weiter verstärkt.
Innerhalb der Branche, die mit ihrer Selbsteinschätzung teilweise die eigene wirtschaftliche Bedeutung verkennt[3], bedeutet dies vielerorts eine Neuausrichtung mit völlig neuen Prioritäten. Gemäß den Ergebnissen der zweiten Bundeswaldinventur bergen die nationalen Holzvorräte und Zuwächse noch große Nutzungspotentiale, welche für die deutsche Holzindustrie nachhaltige **Wachstumsmöglichkeiten** eröffnen, während diese Reserven in den umliegenden Nachbarländern bereits weitgehend genutzt werden.[4] Insofern ist in dieser Zukunftsbranche eine weitere Steigerung der volkswirtschaftlichen Bedeutung erreichbar, wie in der *Clusterstudie Forst & Holz NRW* belegt.[5]
Sicherung und Ausbau der Wettbewerbsfähigkeit setzt innovative Lösungen und flexible Organisationsformen bei enger Kooperation der Marktpartner voraus, deren Aktivitäten sich bestmöglich durch ein effizientes Supply Chain Management (SCM) abstimmen lassen.

---

[1] WARKOTSCH, W., ZIESAK, M.: Die Holzerntekette – Probleme und Lösungsansätze. in Beiträge zur Walderschließung und forstlichen Arbeitswissenschaft, Band 8, 1998, S. 49 ff.
[2] THONEMANN, U. et al.: Supply Chain Champions. Was sie tun und wie Sie einer werden, Financial Times Deutschland, 2003, S. 149 ff.
[3] SCHULTE, A.: Nordrhein-Westfalen zieht Bilanz für Forst und Holz. Holz-Zentralblatt Nr. 74, 2003, S. 1018 f
[4] KRAUHAUSEN, J.: Höherer Holzeinschlag – Chance und Herausforderung. Holz-Zentralblatt Nr. 92, 2004, S. 1273 f
[5] SCHULTE, A.: Nordrhein-Westfalen zieht Bilanz für Forst und Holz. Holz-Zentralblatt Nr. 74, 2003, S. 1018 f

1.2 Motivation und Zielsetzung

In den vergangenen Jahren hat das Konzept des Supply Chain Managements in vielen Wirtschaftsbereichen gesteigerte Aufmerksamkeit erfahren. In zahlreichen Fallstudien wird wiederholt von **nachhaltigen Verbesserungen** der logistischen Qualität durch die Einführung des Supply Chain Managements berichtet.[1]
So gesehen ist es nicht vermessen anzunehmen, daß sich derartige Wettbewerbsvorteile auch in den Wertschöpfungsketten der Forst- und Holzwirtschaft in Deutschland generieren lassen.
Es scheint allerdings, daß die Begriffe *Logistik* und *SCM* mit all ihren Assoziationen zunehmend zu Schlagworten verkommen und dabei deren eigentliche Kerngedanken nicht selten verloren gehen. Es ist wohl auch mit dem Hype der IT-Branche zur Jahrtausendwende zu erklären, daß in erster Linie moderne *Informations- und Kommunikationstechnologien* (IuK) und exaltierte *Decision Support Systeme* (DSS) als eine Art Allheilmittel zur Überwindung struktureller und ökonomischer Nachteile der Forst- und Holzbranche gepriesen wurden.
Das Manko dieser rein technischen Ansätze liegt in der Regel darin, daß nur **einzelne Glieder** und nicht die gesamte Logistikkette berücksichtigt und somit nur suboptimale, an gegenwärtige Bedürfnisse und Rahmenbedingungen wenig angepaßte Lösungen entwickelt werden.[2] Hemmend wirken zudem die historisch gewachsenen Strukturen und die **fehlende Integration** der heimischen Forst- und Holzwirtschaft, wodurch sich im Laufe der Jahre verschiedene Sichtweisen mit unterschiedlichen Prioritäten ausgebildet haben.
Daher kann ein offensichtlicher Mangel bezüglich eines ganzheitlichen Ansatzes mit konkreten Hinweisen, wie SCM-Konzepte in Versorgungsketten der Forst- und Holzwirtschaft implementiert werden können, festgestellt werden.
Zur Behebung dieses Mangels soll die vorliegende Arbeit beitragen. Dafür werden neben relevanten theoretischen Grundlagen Ergebnisse und Erfahrungen ausgewählter Forschungsprojekte aufgegriffen. Je nach Zielsetzung der Projekte werden einzelne Bereiche der Holzerntekette sehr detailliert beleuchtet. Sie werden ergänzt durch Untersuchungen, bei denen eine ganzheitliche Sichtweise mit logistischem Schwerpunkt im Vordergrund steht.

Der Arbeit liegt folgende zentrale Hypothese zugrunde:

> **Durch ein effizientes *Supply Chain Management* lassen sich nachhaltige Wertschöpfungspotentiale in der Rundholzlogistik der deutschen Forst- und Holzwirtschaft erschließen.**

Um diese Hypothese wissenschaftlich zu belegen bzw. zu widerlegen, ist die Erhebung von Kennzahlen zu den einzelnen Bereichen der Logistikkette notwendig. Mittels statistischer Auswertungen lassen sich daraus Produktivitäts-, Kosten- und Benchmarkwerte ableiten, die als Kalkulationsgrundlagen für operative und strategische Entscheidungen Anwendung finden.

[1] vgl. TOWILL, D., 1998; GÖPFERT, I., 2002; WILDEMANN, H., 2004.
[2] HUG, J.: Optimierung von Geschäftsprozessen in der Forstwirtschaft durch den Einsatz von Informationstechnologie, 2004, S. 1 ff.

Durch die forschungsleitende Hypothese kristallisieren sich folgende fünf **Hauptziele** der Arbeit heraus:

I) Stand des Wissens zum Themenbereich
   a) Logistik und Supply Chain Management
   b) Status Quo und Strukturwandel in der Forst- und Holzwirtschaft

II) Situationsanalyse der Rundholzlogistik

III) Konzeption eines SCM-Ansatzes zum Schwerpunkt Rundholzlogistik

IV) Implementierung in die Praxis

V) Bewertung

Da sich diese Reihenfolge im Wesentlichen in der Gliederung der vorliegenden Arbeit wiederfindet, wird an dieser Stelle auf das folgende Kapitel 1.3 verwiesen, in dem detailliert auf die einzelnen Ziele und den Aufbau der Arbeit eingegangen wird.

1.3 Aufbau der Arbeit

Entsprechend den aufeinander aufbauenden Zielen der Arbeit ist eine gewisse Grobstruktur bereits vorgegeben. Einen **Schwerpunkt** stellen insbesondere die **Kapitel 3 und 4** dar, wie es auch durch die Säulenstruktur des schematischen Aufbaus verdeutlicht wird. Der Aufbau der vorliegenden Arbeit läßt sich schematisch wie folgt skizzieren:

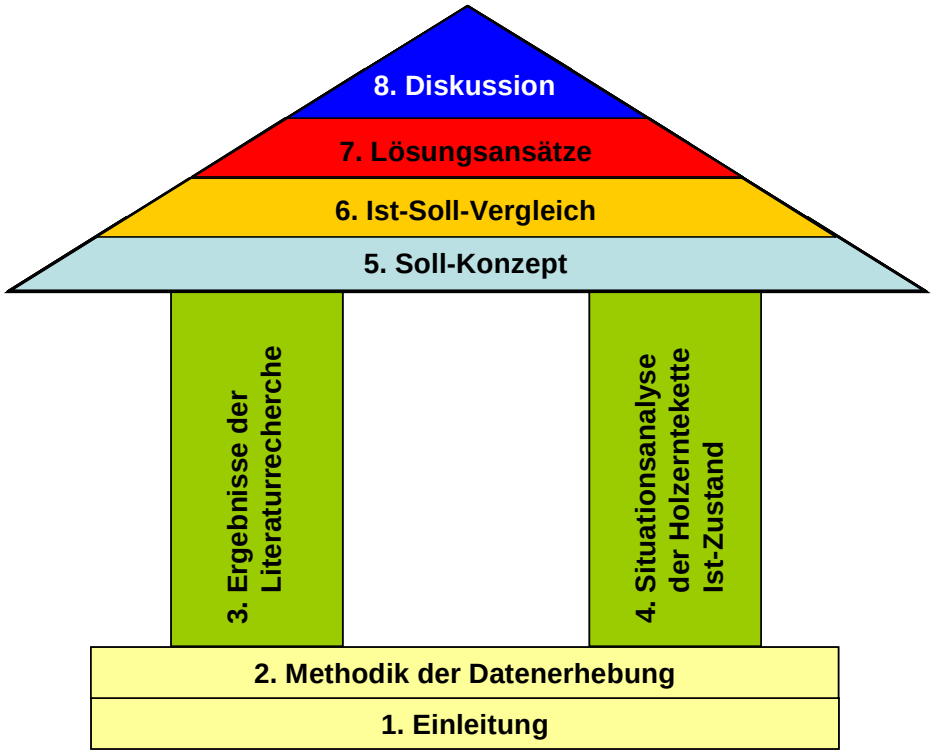


Abbildung 2 : Aufbau der Arbeit

Kapitel 1 bietet eine Einleitung in die Thematik, in der die Ausgangssituation, die Zielsetzung und der Aufbau der Arbeit vorgestellt wird. Ferner wird eine Übersicht über die einzelnen Forschungsprojekte gegeben, deren Inhalte und Ergebnisse in die vorliegende Arbeit einflossen.

In **Kapitel 2** werden die verschiedenen **Methoden** beschrieben, die zur Erhebung der Primärdaten angewandt wurden.

Das **Kapitel 3** gibt einen Überblick über den **Stand des Wissens** und ist in zwei Themenbereiche untergliedert: Im ersten Unterkapitel erfolgt eine Einordnung und Abgrenzung der Begriffe *Logistik* und *Supply Chain Management* bezüglich bestehender Ansätze sowie eine Beschreibung ihrer Inhalte. Ziel ist es, eine einheitliche Nomenklatur für diese Arbeit festzulegen und die Kerninhalte dieser Konzepte in das Modell eines übergreifenden SCM-Ansatzes (Kapitel 5) einfließen zu lassen. In dem zweiten Unterkapitel wird die gegenwärtige Situation der deutschen Forst- und Holzwirtschaft skizziert. Anhand historischer und zukünftiger Entwicklungen wird der ständige Strukturwandel innerhalb der Branche und dessen

Dynamik dargelegt. Diese Grundlagen bilden die Basis für die Entwicklung eines Entwurfs einer gemeinsamen Versorgungskette.

Das **Kapitel 4** befaßt sich mit einer detaillierten **Situationsanalyse** der Logistikkette zwischen Wald und Werk, welche Basis und Voraussetzung jeglicher Reorganisationsmaßnahmen ist. Analog zur Abbildung 1 (S. 18) läßt sich die Holzerntekette vereinfacht in die Kostenstellen Holzernte, Transport und allgemeine Kosten (Overhead) unterteilen. Zu diesen einzelnen Teilbereichen wurde in unterschiedlichen Forschungsprojekten umfangreiches Datenmaterial erhoben und fundierte Kennzahlen erarbeitet, welche für eine objektive und transparente Darstellung von Strukturen, Prozessen und Leistungsdaten des Ist-Zustandes herangezogen werden. Gleichzeitig liefern die Ergebnisse einiger Projekte auch Beiträge für das Soll-Konzept. Eine Kurzdarstellung der einzelnen Projekte schließt sich dieser Übersicht zum Aufbau der Arbeit an.

In **Kapitel 5** wird basierend auf den Erkenntnissen und Daten der Kapitel 3 und 4 ein **Soll-Konzept** entwickelt, welches ein übergreifendes Supply Chain Management zwischen der Forst- und Holzwirtschaft unter Berücksichtigung nationaler Strukturen zum Ziel hat.

Zwischen Situationsanalyse und Soll-Konzept ergibt sich eine Diskrepanz, die im Rahmen eines **Ist-Soll-Vergleichs** in **Kapitel 6** kurz skizziert wird. Eine Potentialabschätzung verdeutlicht dabei die wesentlichen Handlungsbereiche.

In **Kapitel 7** werden konkrete **Lösungsansätze** vorgestellt, um die Diskrepanz zwischen Ist und Soll sukzessive innerhalb der gesamten Wertschöpfungskette zu verringern.

In **Kapitel 8** geht die **Diskussion** zunächst auf die Methodik ein, konzentriert sich dann auf eine kritische Bewertung der Ergebnisse der Situationsanalyse sowie der vorgestellten Lösungsansätze und endet mit einer Schlußbetrachtung.

1.4 Datengrundlage - Übersicht ausgewählter Forschungsprojekte

Eine Situationsanalyse bezüglich der Logistik von Rundholz läßt sich aufgrund der **Komplexität** der Thematik nicht anhand eines einzigen umfassenden Forschungsprojektes darstellen. Im einzelnen sind zu **viele Detailfragen** zu berücksichtigen, die jeweils einen eigenen Schwerpunkt bilden. Die gilt insbesondere für mechanisierte Ernteverfahren, bei denen die Variabilität bestimmter Parameter teilweise sehr **große Leistungs- bzw. Kostenunterschiede** zur Folge haben kann.
Gleichzeitig ist eine zu **einseitige Fokussierung** auf einzelne Teilarbeiten zu vermeiden, da letztlich die Effizienz und Leistungsfähigkeit der **gesamten Logistikkette** ausschlaggebend ist.
Daher wird für die vorliegende Arbeit auf eine Datengrundlage eigener Forschungsprojekte zurückgegriffen, durch deren systematische Verknüpfung und Aneinanderreihung sich der gesamte Bereitstellungsprozeß einschließlich administrativer Terminalarbeiten transparent darstellen läßt.
Der jeweilige Untersuchungsgegenstand sowie die Ziele der ausgewählten Forschungsprojekte werden in **Kurzprofilen** vorgestellt. Dieser Übersicht sind ferner die wichtigsten Ergebnisse zu entnehmen, welche in die vorliegende Arbeit eingeflossen sind. In den nachfolgenden Kapiteln wird wiederholt anhand der römischen Numerierung sowie dem jeweiligen Namenskürzel auf das entsprechende Projekt als Quelle der Primardaten verwiesen.

I.) Harvester

Projekttitel	• Produktivität und organisatorische Erfordernisse beim Einsatz von Eingriffharvestern am Beispiel der Maschinenbetriebe der Bayerischen Staatsforstverwaltung
Projektbearbeiter	• PAUSCH, VON BODELSCHWINGH, 2003
Untersuchungsgegenstand	• 4 Harvester der Maschinenbetriebe der Bayerischen Staatsforstverwaltung • 10 unterschiedliche Maschinenführer
Projektlaufzeit	• 30 Monate
Ziele	• Dokumentation der Produktivität unter verschiedenen Einsatzbedingungen • Identifikation wichtiger Einflußfaktoren und statistische Absicherung • Nachweis eines systematischen Leistungsunterschiedes zwischen Zeitstudien und Langzeituntersuchungen • Quantifizierung des Organisationsaufwandes von Einsatzleitern • Erfassung von X-Holzmengen • Bereitstellung fundierter Kalkulationsgrundlagen für mechanisierte Holzernte
verwertete Ergebnisse	• Kalkulationsgrundlagen für Harvester-Produktivitäten • Hiebsmerkmale und Einsatzbereiche • Korrekturfaktor für langfristige Leistungsangaben (Harvester) • Bewertung von Planungsdaten und Hiebsvorbereitung

II.) Kombimaschine

Projekttitel	• Untersuchung zur Kombimaschine • Valmet 801 Combi
Projektbearbeiter	• VON BODELSCHWINGH, PAUSCH, 2003
Untersuchungsgegenstand	• Harwarder Valmet 801 Combi • Zweimaschinensystem Harvester Valmet 901.2 und Forwarder Valmet 820
Projektlaufzeit	• 6 Monate
Ziele	• Produktivitätsuntersuchung der Kombimaschine • Aufzeigen von Einsatzbereichen und Einflußfaktoren • Systemvergleich Harwarder vs. Zweimaschinensystem (Harvester / Forwarder)
verwertete Ergebnisse	• Kalkulationsgrundlagen für Harvester- und Forwarder-Produktivitäten • Maschinenkostenkalkulationen

III.) VALMETTrailer

Projekttitel	• Rationalisierungsmöglichkeiten beim Rundholztransport durch das System „ValmetTrailer“ - Einsatzbereich, Leistung und Kosten -
Projektbearbeiter	• VON BODELSCHWINGH, 2004
Untersuchungs-gegenstand	• Rundholz-Direktverladung von Forwarder auf Trailer • Verziehen von Trailern durch Forwarder mittels spezieller Sattelplatte
Projektlaufzeit	• 5 Monate
Ziele	• Erhebung der Produktivitäten bei der Kurzholz-Rückung durch Forwarder • Identifikation wichtiger Einflußfaktoren und statistische Absicherung • Leistungsvergleich zwischen Trailerverladung und Entladen auf Polter an der Waldstraße • Systemvergleich Kurzholzzug vs. Sattelzug • Nachweis eines systematischen Leistungsunterschiedes zwischen Zeitstudien und Langzeituntersuchungen
verwertete Ergebnisse	• Kalkulationsgrundlagen für Forwarder-Produktivitäten • Korrekturfaktor für langfristige Leistungsangaben (Forwarder) • Transportleistungen von Kurzholzzügen und Sattelaufliegern

IV.) Holztransport

Projekttitel	• Fallstudie Rundholztransport
Projektbearbeiter	• VON BODELSCHWINGH (2001;2004), EBERHARDINGER (2004)
Untersuchungs-gegenstand	• Befragung von Fuhrunternehmern bei verschiedenen Abnehmern • zeitliche Erfassung der einzelnen Teilarbeiten eines Transportzyklusses
Projektlaufzeit	• mehrtägige Fallstudien-Befragungen
Ziele	• Darstellung der Rahmenbedingungen im Bereich Rundholztransport • Erhebung von Transportentfernungen • Dokumentation der Defizite beim Auffinden der Frachten im Wald • Ankünfte und Wartezeiten am Werk • Darstellung von Betriebsgrößen und eingesetzten Fahrzeugen
verwertete Ergebnisse	• Strukturdaten und Rahmenbedingungen im Bereich Rundholztransport • Qualität der Informationsflüsse (Abfuhrauftrag, Rückmeldungen, etc.) • Transportleistungen von Kurzholzzügen und Sattelaufliegern

V.) GeoMail

Projekttitel	• Verbesserung des Informationsflusses in der Holzerntekette durch den Einsatz der Logistiksoftware „GeoMail“
Projektbearbeiter	• BAUER, VON BODELSCHWINGH, 2003
Untersuchungs-gegenstand	• Rundholzlogistiksoftware „GeoMail“ • durchgängiger Informationsaustausch zwischen beteiligten Akteuren
Projektlaufzeit	• 5 Monate
Ziele	• Erhebung der Forwarder-Produktivitäten bei der Rückung von Kurzholz • Bereitstellung täglicher Produktionsleistungen • Infrastrukturvoraussetzung für derartige Logistiklösungen • Aufwandsbemessung der Informationsbereitstellung • Investitionsvolumen für diese Technologie • Evaluierung des durchgängigen Informationsflusses
verwertete Ergebnisse	• Kalkulationsgrundlagen für Forwarder-Produktivitäten • Logistiksoftware als Beispiel für forstliche Anwendung • Kalkulationsgrundlagen für Investition und Datenübermittlung

VI.) WBV Logistikstudie

Projekttitel	• Optimierung der Holzernteketten und Mobilisierung im Privatwald - Region Holzkirchen, Rosenheim und Traunstein -
Projektbearbeiter	• VON BODELSCHWINGH, BAUER, 2005
Untersuchungs-gegenstand	• Rundholzlogistik im Kleinprivatwald • Informations- und Materialflüsse
Projektlaufzeit	• 18 Monate
Ziele	• Stärken-Schwächen-Analyse der Rundholzlogistik im Kleinprivatwald • Analyse einzelner Teilprozesse zwischen Erntebeginn und vollständiger Abrechnung mit dem Kunden bzw. Lieferanten • Messung der Durchlaufzeiten • Evaluierung der Informationsflüsse • Klassifizierung der Erreichbarkeit von Holzpoltern für LKWs • Schaffung durchgängiger EDV-Schnittstellen • Implementierung einer integrierten Holzerntekette
verwertete Ergebnisse	• Durchlaufzeiten • Informationsflüsse • Potential von EDV-Schnittstellen • Hiebsmerkmale und Einsatzbereiche mechanisierter Holzerntesysteme

Nachstehende Abbildung 3 zeigt die einzelnen Regionen, in denen die Primärdaten der einzelnen Forschungsprojekte erhoben wurden. Eine detaillierte Übersicht des Zeitrahmens der jeweiligen Projekte ist Anhang 1 (S. 191) zu entnehmen.

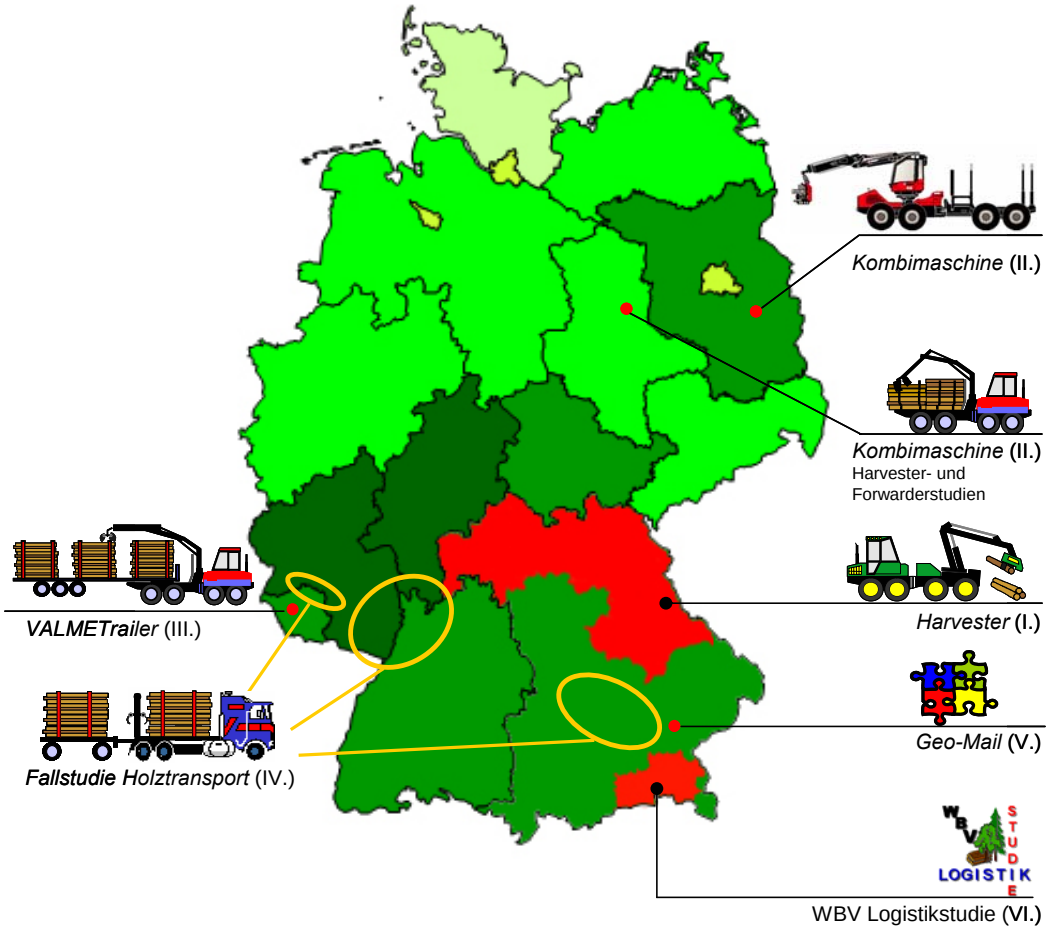


Abbildung 3 : Übersichtskarte der einzelnen Forschungsprojekte

2. Methodik der Datenerhebung

Entsprechend der Zielsetzung, die gesamte Holzerntekette einer Analyse zu unterziehen, sind für die Grundlagenerhebungen unterschiedliche methodische Vorgehensweisen notwendig. Nachstehende Tabelle 1 gibt eine Übersicht über das methodische Instrumentarium, welches zur Bearbeitung der Fragestellungen in den einzelnen Projekten und zur Ermittlung der Ergebnisse angewandt wurde.

Tabelle 1: Übersicht der angewandten Methoden

Projekte	Zeitstudien	Leistungs-aufschriebe	Eigenauf-zeichnungen	Experten-interviews	Literatur-studien
Kapitel	**2.1**	**2.2**	**2.3**	**2.4**	**2.5**
3. Ergebnisse der Literaturrecherche					x
4. Situationsanalyse der Holzerntekette					
I.) Harvester	x	x		x	
II.) Kombimaschine	x	x			
III.*) VALMETrailer*	x		x		
IV.*) Fallstudie Holztransport*	x			x	
V.*) GeoMail*		x		x	
VI.) WBV Logistikstudie	x	x		x	x

Bei den einzelnen Projekten respektive deren Fragestellung handelt es sich überwiegend um relativ **neue Forschungsbereiche**. Solchen Bereichen mangelt es einerseits noch an einer theoretischen Fundierung, andererseits sind Ausführungen darüber noch zu selten, um sie durch quantitative Forschungsmethoden zu erfassen.[1] Insofern werden bei vielen Forschungsprojekten qualitative und quantitative **Erhebungsformen kombiniert**, wobei sich die Vielschichtigkeit eines Problems in der Vielschichtigkeit der Methoden widerspiegelt. [2] Grundsätzlich gehen quantitative und qualitative Datenanalysen von unterschiedlich abstrahierten Daten aus, so daß auch deren Verarbeitung und die Zielsetzung der Analyse vollkommen verschieden ist.
Im Sinne der Vergleichbarkeit setzt die **quantitative Datenanalyse** eine Standardisierung der Datenerhebung voraus. Die Daten müssen ferner eine bestimmte Mindestqualität besitzen und eine repräsentative Stichprobe darstellen. Sie lassen sich dann aggregieren und mit statistischen Methoden auswerten. Dadurch eignen sich quantitative Verfahren sehr gut zur objektiven Messung und Quantifizierung von Sachverhalten, zum Testen von Hypothesen und zur Überprüfung statistischer Zusammenhänge. Sie sind ideal, um objektive Daten über längere Zeiträume zu vergleichen und daraus Entwicklungen abzuleiten.[3]

[1] ANONYMUS: Methoden der empirischen Sozialforschung, Wikipedia, die freie Enzyklopädie
[2] WITT, H.: Forschungsstrategien bei quantitativer und qualitativer Sozialforschung, Forum Qualitative Sozialforschung (Online-Journal), 2001
[3] ebenda

Im Vergleich zu quantitativen Ansätzen zeichnen sich **qualitative Methoden** durch deutlich größere Offenheit und Flexibilität aus. Da auf standardisierte Vorgaben weitmöglich verzichtet wird, läßt sich eine hohe Inhaltsvalidität und ein tieferer Informationsgehalt der Ergebnisse erreichen. Bei den qualitativen Methoden steht das Beschreiben, Interpretieren und Verstehen von Zusammenhängen im Vordergrund, aus denen sich Hypothesen generieren lassen. Qualitative Ansätze eignen sich insbesondere zur differenzierten und ausführlichen Erfassung individueller Ansichten und Perspektiven.[1]
Abbildung 4 zeigt einen Bezugsrahmen, in dem die einzelnen Methoden nach zwei Dimensionen sowie den erkenntnistheoretischen Hauptrichtungen (kursiv dargestellt) eingeordnet sind.

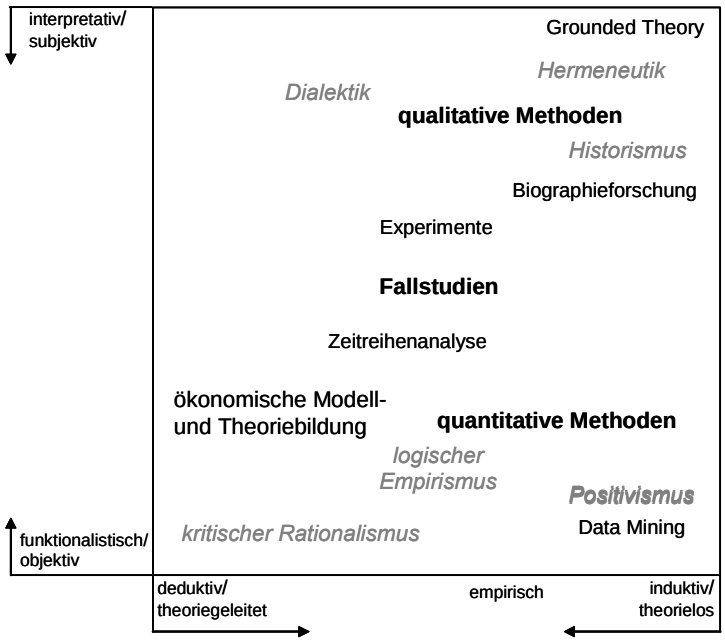


Abbildung 4 : Bezugsrahmen zur Einordnung Methodischer Ansätze [2]

Eine zentrale Stellung zwischen objektiver und subjektiver Vorgehensweise und induktiven und deduktiven Ansätzen nimmt demnach die **Fallstudie** ein. Sie wird in der Regel nicht in großem Umfang durchgeführt, sondern strebt „eine Interpretation eines Phänomens in seinem Kontext an.“[3] Somit entspringen Fallstudien interpretativen Methoden und weisen nur eine geringe Distanz zu quantitativen Methoden auf.[4]
Für eine detaillierte Betrachtung von sozialempirischen Methoden sei an dieser Stelle auf die zitierten Primärquellen verwiesen.

[1] WITT, H.: Forschungsstrategien bei quantitativer und qualitativer Sozialforschung, Forum Qualitative Sozialforschung (Online-Journal), 2001
[2] QUELLE: GÖTHLICH (2003) mod.
[3] GÖTHLICH, S.: Fallstudien als Forschungsmethode, 2003, S. 7.
[4] ebenda

2.1 Zeitstudien

Der amerikanische Ingenieur F. W. TAYLOR (1856-1915) gilt allgemein als Begründer von Arbeits- und Leistungsuntersuchungen. In seinem Hauptwerk „*The Principles of Scientific Management*“ (1911) beschreibt er Ansätze zur Produktivitätssteigerung durch **wissenschaftliche Bewegungs- und Zeitstudien**. Forstliche Bedeutung erreichte diese Form von Arbeitsstudien insbesondere bei der Herleitung von Vorgabezeiten bei Holzerntetarifen. Auch die Leistung der Harvestertechnik wird in der Wissenschaft unter mitteleuropäischen Einsatzbedingungen meistens mittels **ablaufabschnittorientierter Zeitstudien** anhand einer begrenzten Zahl an Baumkollektiven untersucht.[1]
Das Ziel dieser Arbeitszeitstudien liegt nach LÖFFLER(1992) [2] in der

- Messung der zur Erledigung eines Arbeitsauftrages benötigten Gesamtarbeitszeit (GAZ) sowie die Anteile einzelner Teilarbeiten bzw. Ablaufabschnitte (**Zeiten)**
- Registrierung der im Arbeitsverlauf geleisteten Ergebnisse (**Bezugsmengen**) und der
- Erfassung von Zeitbedarf und TAP beeinflussenden Faktoren (**Einflußfaktoren**).

Zeitstudien dienen der Quantifizierung von Zusammenhängen zwischen Leistung bzw. Zeitbedarf der Verfahren und maßgeblichen Einflußvariablen, um damit schließlich Vergleichskalkulationen für unterschiedliche Hiebsbedingungen durchführen und somit Einsatzbereiche von Arbeitsverfahren darstellen zu können.
Die Gesamtarbeitszeit (GAZ) setzt sich zusammen aus der reinen Arbeitszeit (RAZ) und den allgemeinen Zeiten (AZ), z.B. für Wartung, Rüsten und Umsetzen (sachliche Verteilzeiten) und andere Unterbrechungen der produktiven Nutzung der Maschine innerhalb der Arbeitszeit. Zu letzteren werden auch persönlich bedingte Verteilzeiten, wie etwa Pausen oder Telefonate des Maschinenführers, gezählt. Gemäß internationaler Vereinbarung sind in den **Maschinenarbeitsstunden** (MAS) alle Unterbrechungen kleiner 15 Minuten enthalten.
Abbildung 5 verdeutlicht die Zusammensetzung der einzelnen Arbeitszeiten.

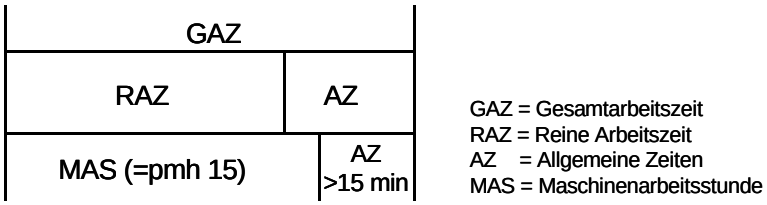


Abbildung 5 : Definierte Arbeitszeiten

Im Bereich der Holzernte stellt die Aufarbeitung eines Einzelbaumes, die Rückung bzw. der LKW-Transport einer Holzfuhre eine typische Beobachtungseinheit dar, welche sich in einzelne **Zyklen** definierter Ablaufabschnitte untergliedern läßt. Die Feinheit dieser Untergliederung ist auf den Zweck bzw. die Fragestellung der Untersuchung abzustimmen, da sich mit zunehmender Detailauflösung der

[1] vgl. PAUSCH, R.: Ein Systemansatz zu Arbeitsvolumen und Kosten, 2002, S. 97 f.
[2] LÖFFLER, H.: Arbeitswissenschaft für Studierende der Forstwissenschaft. Manuskript zu den Lehrveranstaltungen. 1992, S. 214

Ablaufabschnitte zwar vielfältigere Auswertungsmöglichkeiten ergeben, die Datenerfassung jedoch um so aufwendiger und schwieriger ist.[1]
Aufgrund der teilweise sehr kurzen Dauer einzelner Ablaufabschnitte wird im Bereich forstlicher Zeitstudien allgemein das **Fortschrittszeitverfahren** angewandt. Je nach Untersuchungsgegenstand bzw. Maschinensystem richten sich die Zeitstudien nach einem einheitlichen Schema, wodurch ferner eine Vergleichbarkeit mit anderen Studien gewährleistet ist. Nachstehende Tabelle 2 zeigt die festgelegten Arbeitsablaufabschnitte der reinen Arbeitszeit (RAZ) für Zeitstudien mit Harvestern; die Schemata für Zeitstudien der weiteren Forschungsprojekte (vgl. Tabelle 1, S. 27) finden sich im Anhang 2 (S. 192).

Tabelle 2 : Definition der Arbeitsablaufabschnitte (RAZ) bei zyklenweisen Zeitstudien mit Harvestern

Arbeitsablauf-abschnitt	Tätigkeit der Maschine	Trennpunkt (Beginn und Ende der Tätigkeit)	Bezug
Arbeitsfahrt	Fahrbewegungen auf der Rückegasse im Zuge der Aufarbeitung	Räder stehen	
Positionieren	Ausfahren des Krans und Umgreifen des zu beerntenden Baums	Beginn Trennschnitt	
Fällen / Aufarbeiten	Fällschnitt, Zufallbringen, Beiziehen, Entasten und Einschneiden	Gipfelstück fällt aus dem Aggregat	Baumnummer
technische Entnahme	Umdrücken bzw. Fällen von Bäumen (Platzbedarf für Zugang zu Entnahmebaum, Befahrbarkeit der Gasse, etc.)	Baum wird aus Aggregat losgelassen bzw. liegt am Boden	
sonstiges Kran	sonstige Kranarbeiten (Anlegen einer Reisigmatte, Umlagern von Abschnitten, etc.)	Stämme, Gipfel bzw. Reisig werden aus Aggregat losgelassen, liegen am Boden	

Für eine eindeutige Abgrenzung der Ablaufabschnitte muß jeweils das Ende der Tätigkeit im Vorfeld eindeutig definiert werden. Dieser **Trennpunkt** ist gleichzeitig das Anfangsereignis des folgenden Arbeitsablaufabschnittes.
Im Vorfeld der Zeitstudien werden die Entnahmebäume gut sichtbar von zwei Seiten numeriert und die **Bezugsgrößen** für den einzelnen Baum ermittelt. Neben der Baumart wird dabei insbesondere der BHD, der Standort (Gassenbaum) und der Kronenzustand (evtl. Schneebruch) erfaßt. Abschließend wird für jede Baumart auf Bestandesebene eine **Höhenkurve** erstellt, so daß sich anhand des BHD mittels einer Formzahlfunktion das Baumvolumen [Efm] errechnen läßt. Die Dauer solcher Zeitstudien sollte möglichst einen ganzen Tag abbilden, um die menschliche Leistungsdisposition im Tagesverlauf auszugleichen.[2]
Für die Datenerhebung sind in der Regel zwei Aufnahmepersonen notwendig, die Zeiten und Bezugsgrößen ermitteln. Für die Zeiterfassung kamen anfangs die mobilen Aufnahmegeräte (MDE) *EG 20* der Firma *Latschbacher* zum Einsatz, die später durch leistungsfähigere Hard- und Software (*UMT-Palm*) basierend auf der Plattform *Palm OS* ersetzt wurden.[3]

[1] REFA: Arbeitsstudien, Arbeitsorganisation und Qualitätsmanagement in der Forstwirtschaft. 1998, S. 21
[2] REFA: Arbeitsstudien, Arbeitsorganisation und Qualitätsmanagement in der Forstwirtschaft. 1998, S. 40
[3] VON BODELSCHWINGH, E. et al.: PDA statt Stoppuhr, AFZ-Der Wald 26/2003, S. 1334 ff.

Über ein Importmodul können die Rohdaten von dem Aufnahmegerät in die Auswertungssoftware *STATUMT* übernommen und in die Standardformate *MS-Excel*, *MS-Access* und *ASCII* exportiert werden.
Durch **Aggregation** der Ablaufabschnitte läßt sich die **Dauer pro Zyklus** (z.B. Baum) ableiten und über die Baumnummer können die jeweiligen Bezüge zugeordnet werden. In den anschließenden Auswertungen muß systematisch nach bestehenden Korrelationen und Zusammenhängen zwischen den Einflußgrößen gesucht werden, um daraus eine Allgemeingültigkeit abzuleiten. Als Referenz wurde zusätzlich das **Harvestermaß** herangezogen, welches bis dato nur summarische Größen ausgeben konnte und somit lediglich zur Plausibilitätsprüfung diente. Die Bordcomputer und Meßsysteme der neueren Harvester-Generation sind allerdings in der Lage, sortimentsweise Vermessungsdaten für den Einzelbaum in Verbindung mit einem **Zeitstempel** zu erfassen und abzuspeichern, was in Bezug auf forstliche Zeitstudien völlig neue Möglichkeiten und Methoden eröffnen dürfte.
Die Auswertungen und Regressionsrechnungen erfolgten mit Hilfe der Software *MS-Excel* und dem Statistikprogramm SPSS.

2.2 Leistungsaufschriebe

Ablauforientierte Zeitstudien (vgl. Kap. 2.1, S. 29) ermöglichen eine **sehr detaillierte** Analyse von Arbeitsverfahren, die in der Regel jedoch nur auf der Beobachtung von **Einzelfallsituationen** beruhen. Insofern kann eine systematische **Fehleinschätzung** zugrunde liegen, wenn man von sehr genau aufgelösten Zeitstudien auf die Allgemeinheit zu schließen versucht.[1] [2]
Erfahrungsgemäß sind Zeitstudien maßgeblich von der Erfahrung, Geschicklichkeit und Motivation der beobachteten Person(en) beeinflußt und werden üblicherweise unter optimalen Bestandesstrukturen und Geländeverhältnissen durchgeführt. Aufgrund des kurzen Beobachtungszeitraums sind ferner keine statistisch abgesicherten Aussagen über Allgemeine Zeiten möglich.[3]
Bei diesen Abweichungen von Zeitstudienergebnissen und Alltagsbedingungen ist nach HÄBERLE (1986) ein „Wirklichkeitsfaktor“ zu berücksichtigen.[4] Zur Bemessung dieser Diskrepanz eignen sich **Leistungsaufschriebe** über Tagesleistungen von Erntesystemen. Mittels vorgefertigter Erfassungsbögen lassen sich die täglichen Leistungsdaten und die maßgeblichen Einflußfaktoren von den Maschinenführern jeweils am Ende einer Tagesschicht festhalten.
Da eine Hiebsmaßnahme in der Regel mehrere Tage bis Wochen dauert, haben **Tagesaufschriebe** im Vergleich zur hiebsweisen Erfassung eine relativ gute zeitliche und auch flächenmäßige Auflösung, die eine Zuordnung von Arbeitsbedingungen erleichtert. Derartige **Langzeitstudien** ermöglichen es, die wegen der Vielzahl von Einflußgrößen hohe Zahl von erforderlichen Datensätzen zu liefern. Ferner gleichen sie Streuungen der Leistung (zyklenweise Zeitstudien) aus und liefern damit stabilere Werte.
Tabelle 3 zeigt die erfaßten Variablen am Beispiel der Langzeitstudie mit Harvestern. Neben reinen **Produktionsdaten** einzelner Sortimente werden zudem

[1] LÖFFLER, H.: Arbeitswissenschaft für Studierende der Forstwissenschaft. Manuskript zu den Lehrveranstaltungen. 1992, S. 233 ff.
[2] vgl. PAUSCH, R.: Ein Systemansatz zu Arbeitsvolumen und Kosten, 2002, S. 117 ff.
[3] REFA: Arbeitsstudien, Arbeitsorganisation und Qualitätsmanagement in der Forstwirtschaft. 1998, S. 72
[4] HÄBERLE, S.: Repräsentative Zeitbedarfsermittlung auf induktivem Wege - eine Utopie? Forstarchiv, 1986, S. 192 ff.

entscheidende **Einflußfaktoren** wie Geländebeschaffenheit, Eingriffsarten und bereits vorhandene Verjüngung berücksichtigt. Zwiesel und Schneebruchbäume haben oftmals ein zusätzliches Umgreifen des Aggregates zur Folge und senken somit die Produktivität.

Tabelle 3 : Übersicht über die täglich erfaßten Variablen bei Leistungsaufschrieben mit Harvestern

Zeitdaten	Produktionsdaten	Hiesmerkmale	Gelände	Waldbestand	sonstiges
- Datum - produktive Arbeitszeit - Wartung, Reparatur - Umsetzen auf Achse - sonstige Unterbrechungen - Arbeit bei Dunkelheit - Betriebsstunden nach Zähler	- Holzvolumen - Stückzahl - Baumzahl davon Laubholzanteile, X-Holzvolumen (=„Abfall“)	- Fahrstrecke auf Rückegasse - Umsetzstrecke - Eingriffsart - Anteil Zufällung, Beiseilung - Anteil Gassenaufhieb zudem: Anteil grüner Krone, Schneebruch	- Neigung - Hindernisse - Bodenzustand	- Laubholzanteil - Verjüngung/ Unterstand, Anteil und Höhe	- Besuch eines Försters - Qualität der Auszeichnung

Weitere Einzelheiten zu den mittels Leistungsaufschrieben erhobenen Daten von Holzerntesystemen finden sich in PAUSCH, VON BODELSCHWINGH (2003). Erhebungsdetails zu dieser Methodik in den Projekten *GeoMail* *(V.)* und *WBV Logistikstudie* *(VI.)* (vgl. Kap. 1.4, S. 24) sind den jeweiligen Abschlußberichten zu entnehmen.

2.3 Eigenaufzeichnung

Die technische Weiterentwicklung von Zeitstudiensoftware und Aufnahmegeräten ermöglicht neuerdings eine Datenerfassung mittels Eigenaufzeichnung. Diese Variante stellt gewissermaßen eine **Mischform zwischen Zeitstudien** (vgl. Kap. 2.1, S. 29) und **Leistungsaufschrieben** (vgl. Kap. 2.2, S. 31) dar und wurde in dem Projekt *VALMETrailer* *(III.)* erstmals erfolgreich am Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft der TU München eingesetzt.
Dabei wurde das kompakte und leichte Aufnahmegerät, ein handelsüblicher Organizer (Palm), mittels eines Saugnapfes an der Seitenscheibe in der Maschine angebracht. Über die Zeitstudiensoftware *UMT-Palm* lassen sich einzelne Ablaufabschnitte und Bezüge einfach durch Tastendruck auf den Touchscreen **durch den Maschinenführer** erfassen. Im Vergleich zu Zeitstudien ist der **Detailliertheitsgrad** bei dieser Erhebungsvariante **geringer**, insbesondere werden die Bezüge von dem Fahrer lediglich angeschätzt (z.B. ∅ Ladevolumen, ∅ Stärkeklasse) und nicht gemessen.
Abbildung 6 zeigt beispielhaft die Erfassung der Bezüge für den Arbeitsablaufabschnitt „Entladen“ der Maschine. Durch Verknüpfungen werden nach der Eingabe des abgeladenen Sortiments zusätzlich die durchschnittliche Stärkeklasse der Fuhre sowie das geschätzte Ladevolumen abgefragt.

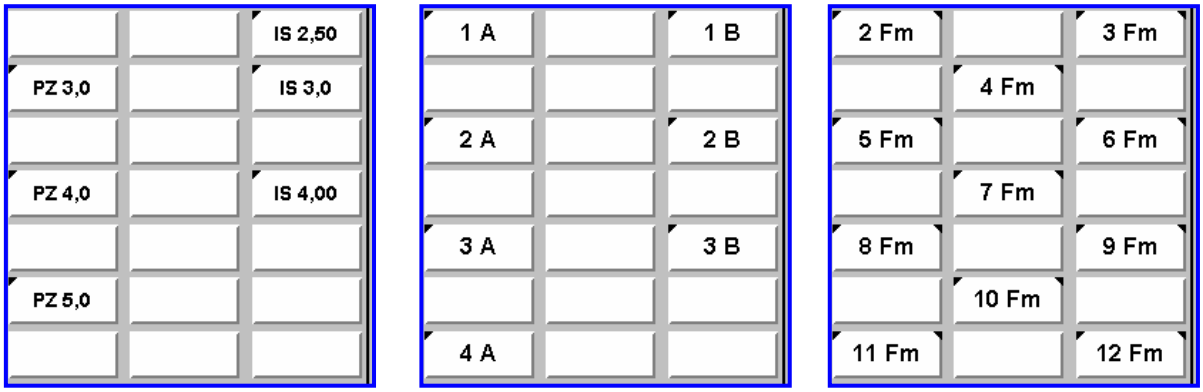


Abbildung 6 : Eingabemaske Sortiment a), Stärkeklasse b) und Ladevolumen c)

Im Gegensatz zur schriftlichen Erhebung mit Stoppuhr, Papier und Bleistift stellt diese Methode für den Fahrer praktisch **kaum eine Einschränkung** seiner normalen Arbeitsweise dar. Analog zu Tabelle 2 (S. 30) sind die Tätigkeiten der einzelnen Ablaufabschnitte sowie die jeweiligen Trennpunkte im Vorfeld für den Maschinenführer übersichtlich zu dokumentieren.
Zwischenzeitlich können die Daten vom Organizer auf eine Speicherkarte gesichert und erste Auswertungen und Überprüfungen des Datenmaterials vorgenommen werden. Der Datenimport und die Auswertungen erfolgen entsprechend dem Procedere der Zeitstudien (vgl. Kap. 2.1, S. 29).
Mit Hilfe dieser längerfristigen Eigenaufzeichnung kann das in Zeitstudien gemessene Leistungsniveau überprüft werden. Wie bei den Leistungsaufschrieben ist man bei dieser Methode auf eine sorgfältige und gewissenhafte Mitarbeit der Maschinenführer angewiesen.

2.4 Experteninterview

Für die Auswahl einer Methode zur Informationsgewinnung aus dem Praxisalltag muß man zunächst auf die Grundtechniken der Primärforschung zurückgreifen, wobei sich bei qualitativen Erhebungen grundsätzlich verschiedene Formen der **Befragung** anbieten. Eine geeignete Befragungsform stellt dabei das Experteninterview dar, um eine angemessene Durchdringung **komplexer Sachverhalte** zur gewährleisten. Im Vergleich zu anderen Verfahren, wie der teilnehmenden Beobachtung, der Feldstudie oder systematischen quantitativen Untersuchungen, ermöglicht das Experteninterview bei einem überschaubaren Zeit- und Kostenrahmen eine konkurrenzlos „dichte“ Datengewinnung.[1] Folglich spielt das Experteninterview vor allem in industrie- und bildungssoziologischen Untersuchungen mittlerweile eine gewichtige Rolle.[2]
In der Praxis hat sich eine Strukturierung des Interviews durch einen Fragenkatalog bewährt, der zum einen die Vollständigkeit der forschungsrelevanten Themen garantiert, zum anderen ein Gerüst für die Datenanalyse liefert, welches die

[1] BOGNER, A., MENZ, W.: Das theoriegenerierenden Experteninterview, in BOGNER, A., LITTIG, B., MENZ, W.: Das Experteninterview, 2002, S. 7
[2] MEUSER, M., NAGEL, U.: Experteninterviews – vielfach erprobt, wenig bedacht, in GRAZ, D., KRAIMER, K.: Qualitativ, empirische Sozialforschung, 1991, S. 441 f.

Ergebnisse vergleichbar macht.[1] Insofern wird in der Sozialforschung das Experteninterview mit der Erweiterung **leitfadengestütztes Experteninterview** synonym bezeichnet und wird in der empirischen Sozialforschung zur Kategorie der **teilstrukturierten Interviewsituationen** gezählt.[2] [3] Hierbei handelt es sich um ein Gespräch, das aufgrund vorbereiteter und vorformulierter Fragen, determiniert ist. Dies verleiht dem Interviewer die Möglichkeit, „die Abfolge der Fragen je nach Verlauf des Gesprächs selbst festzulegen, [er] ist jedoch gehalten, vorgegebene Frageformulierungen zu benutzen und den gesamten vorgegebenen Fragenkatalog innerhalb der Befragung „abzuarbeiten““.[4]
Zu Experten werden Personen statuiert, die Wissen zu einem bestimmten Sachverhalt oder - als Beteiligter - zu einem bestimmten Prozeß oder Ereignis besitzen.[5] In beiden Fällen handelt es sich um **Erfahrungswissen**, welches sich in der Regel durch die berufliche Position auf bestimmte Erfahrungs- und Handlungsbereiche bezieht.[6] Dagegen spricht man von **Betriebswissen** eines Experten, das auf den Anwendungsprozessen und Entscheidungsabläufen eines Systems beruht.[7]
Die **Auswahl** der Experten ergab sich einerseits aus dem jeweiligen Projektverlauf (*Harvester (I) , GeoMail (V)*), andererseits wurden geeignete Personen bzw. Firmenangestellte systematisch ausgewählt (*Fallstudie Holztransport (IV)*, *WBV Logistikstudie (VI)*). Je nach Fragestellung sind **hierarchische Ebenen** einer Organisation zu berücksichtigen; oft ist es nicht die oberste Ebene, auf der die Experten zu finden sind, sondern die zweite oder dritte Ebene, in der Entscheidungen zu treffen und durchzusetzen sind. So wurden beispielsweise in dem Projekt *Harvester (I)* die jeweiligen Einsatzleiter bzw. in der *Fallstudie Holztransport (IV)*) die LKW-Fahrer interviewt, da sie bezogen auf den Forschungsgegenstand über das meiste und detallierteste Wissen verfügen.
Zur Sicherstellung einer ausreichenden Güte der Resultate gilt es bei den Interviews verschiedene **Regeln** zu beachten. In der Literatur finden sich dazu detaillierte Empfehlungen bezüglich der Auswahl der Interviewpartner, zur Formulierung des Leitfadens sowie zur Durchführung, Dokumentation und Interpretation der Interviews.[8] Es bietet sich zudem an, die Interviews im Vorfeld mittels **Sekundärforschung** zu ergänzen und bereits vorliegendes Material über den Untersuchungsgegenstand auszuwerten. Dieses gewonnene Vorwissen fließt in den Leitfaden ein und erhöht damit die Akzeptanz des Interviewers bei den Experten und ermöglicht eine zielgerichtete Konzentration des Gesprächs auf das Wesentliche. Nicht zu unterschätzen ist der Aufbau des Fragenkatalogs, der entscheidend ist für die **Motivation** und **Konzentration** der Befragten und somit letztlich der Qualität der Antworten.[9] Schwierige Themenkomplexe (z.B. Arbeitszeiten, Tarife, Leistungen, etc.)

---

1 SCHNELL, R. et al.: Methoden der empirischen Sozialforschung, 1993, S. 390 ff.
2 LIEBOLD, R., TRINCZEK, R.: Experteninterview, online Auszug aus KÜHL, S. et al.: Qualitative Methoden der Organisationsforschung, 2005
3 SCHNELL, R. et al.: Methoden der empirischen Sozialforschung, 1993, S. 329 f.
4 ebenda
5 KANWISCHER, D.: Experteninterviews – die Erhebung, Verwaltung und Dekonstruktion von Expertenwissen, in KANWISCHER, D., RHODE-JÜCHTERN, T.: Qualitative Forschungsmethoden in der Geographiedidaktik, 2002, S. 95
6 ebenda
7 ebenda
8 vgl. ebenda, MEUSER, M., NAGEL, U.: Experteninterviews – vielfach erprobt, wenig bedacht, in GRAZ, D., KRAIMER, K.: Qualitativ, empirische Sozialforschung, 1991, S. 448 ff.
9 SCHNELL, R. et al.: Methoden der empirischen Sozialforschung, 1993, S. 352 ff.

sollten erst nach einem entstandenen Vertrauensklima gegen Ende des Interviews angesprochen werden.[1]
In der Regel wurden alle Experteninterviews nach einem einheitlichen Procedere vorbereitet und durchgeführt:

- Pretest und evtl. Modifikation des Leitfadens, Ergebnisse wurden weitgehend in die Gesamtauswertung übernommen
- telefonische Terminvereinbarung
- schriftliche Terminbestätigung, teilweise inklusive Fragenkatalog, um den Interviewpartnern eine bessere Vorbereitung zu ermöglichen
- Durchführung des Interviews vor Ort, z.T. mit Tonbandaufnahme.

Die **Zeitdauer** der einzelnen Befragung war der jeweiligen Situation anzupassen. Beispielsweise wurden in der *Fallstudie Holztransport (IV)* die LKW-Fahrer jeweils bei der Rundholzanmeldung, kurz vor dem Entladen befragt, so daß das Interview nach drei bis fünf Minuten abgeschlossen sein mußte, dagegen dauerte das Interview mit den Einsatzleitern (*Harvester (I)*) zwischen eineinhalb und zwei Stunden.
Die **Auswertungen** der einzelnen Experteninterviews orientieren sich stark an dem Konzept von MEUSER und NAGEL (1991), das folgende Schritte vorsieht:[2]

- Transkription
- Paraphrasierung
- Überschriften
- thematischer Vergleich
- Konzeptualisierung
- theoretische Generalisierung

Im Mittelpunkt dieses Forschungsansatzes steht nicht der Einzelfall, sondern das **gemeinsam geteilte Wissen** der Experten.
Während das Experteninterview in der *Fallstudie Holztransport (IV)* als eigenständiges Verfahren angewandt wurde, diente es bei den übrigen Projekten (vgl. Tabelle 1, S. 27) im Rahmen einer Methoden-Triangulation als ein zusätzliches Instrument bzw. zur Maximierung der Validität der Feldforschung.

2.5 Literaturstudie

Die Darstellung der Rahmenbedingungen in Kapitel 3 basiert im Wesentlichen auf Ergebnissen von Literaturstudien. Die Grundlagen zu den Themen Logistik und Supply Chain Management (Kap. 3.1) beruhen dabei hauptsächlich auf einschlägiger Literatur aus der Betriebswirtschaftslehre.
Zur Beschreibung des Status Quo und des Strukturwandels in der deutschen Forst- und Holzwirtschaft wurde auf vorhandene Literatur der Lehrstuhlbibliothek und der Zentralbibliothek von Weihenstephan zurückgegriffen. Ferner wurden die relevanten forst- und holzwirtschaftlichen Fachzeitschriften herangezogen. Dabei konnten zahlreiche Quellen nach dem „Schneeballsystem“ zusätzlich eruiert werden. Speziell der holzwirtschaftliche Teil (Kap. 3.2.3) basiert maßgeblich auf den Ausführungen

[1] SCHNELL, R. et al.: Methoden der empirischen Sozialforschung, 1993, S. 352 ff.
[2] MEUSER, M., NAGEL, U.: Experteninterviews – vielfach erprobt, wenig bedacht, in GRAZ, D., KRAIMER, K.: Qualitativ, empirische Sozialforschung, 1991, S. 455 ff.

von MANTAU et al. (2003), die im Rahmen des Projektes „*Standorte der Holzwirtschaft*“ den gegenwärtigen Stand umfassend analysiert haben.
Ein Teil der Zeitreihenanalysen sowie weitere Kennzahlen wurden den jeweiligen Ausgaben des *Statistischen Jahrbuchs für die Bundesrepublik Deutschland*, der *Zentralen Markt- und Preisberichtstelle (ZMP)* sowie dem *Statistikband der Bayerischen Staatsforstverwaltung* entnommen.
Im Zeitalter digitaler Medien gewinnt zunehmend auch die Recherche im Internet an Bedeutung, so daß viele Quellen über die Internetsuchmaschinen „google“, „msn“ und „metacrawler“ recherchiert bzw, über den elektronischen Dokumentendienst „subito“ beschafft werden konnten.

3. Ergebnisse der Literaturrecherche

3.1 Logistik und Supply Chain Management – Stand des Wissens

3.1.1 Logistik

In den vergangenen Dekaden hat die Bedeutung der Logistik einen erheblichen Wandel sowohl in der Theorie als auch der Praxis erfahren. Diese gestiegene Bedeutung für die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen resultiert aus diversen Entwicklungstrends im Umfeld der Unternehmen, die mit der traditionellen Fokussierung der Logistik allein auf Transferaktivitäten nicht zu bewältigen sind. In diesem Zusammenhang sind beispielsweise der Anstieg der **Komplexität** der Märkte durch zunehmende **Individualisierung** von Kundenwünschen, eine stetig zunehmende **Marktdynamik** und eine **Verringerung der Fertigungstiefe** als Folge einer Konzentration auf Kernkompetenzen zu nennen. Einen zentralen Bestandteil logistischer Erfolgskriterien stellen Lieferzeiten, Versorgungssicherheit, Termintreue und Lieferqualität dar.
In einer Umfrage der Bundesvereinigung Logistik betonten 93% der befragten Manager den strategischen Stellenwert der Logistik.[1] Von Ihnen wird Logistik zunehmend als **Wettbewerbsfaktor** angesehen, der dazu beiträgt, daß die Unternehmen langfristig den Erfordernissen des Marktes gewachsen sind.

3.1.1.1 Entstehung und Entwicklung der Logistik

Logistik ist kein Schlagwort oder eine Disziplin des 20. Jahrhunderts, sondern wurde bereits von dem byzantinischen Kaiser Leon VI. (886 bis 912) beschrieben: „*Sache der Logistik ist es, das Heer zu besolden, sachgemäß zu bewaffnen und zu gliedern, es mit Geschütz und Kriegsgerät auszustatten, rechtzeitig und hinlänglich für seine Bedürfnisse zu sorgen und jeden Akt des Feldzuges entsprechend vorzubereiten, d.h. Raum und Zeit zu berechnen, das Gelände in bezug auf die Heeresbewegungen sowie des Gegners Widerstandskraft richtig zu schätzen und diesen Funktionen gemäß die Bewegung und Verteilung der eigenen Streitkräfte zu regeln und anzuordnen, mit einem Wort zu disponieren.*“ [2]
In der Literatur wird der Begriff Logistik sowohl aus der griechischen als auch der französischen Sprache abgeleitet.[3] In dem zunächst militärisch verwendeten Zusammenhang umfaßte der Begriff im Wesentlichen die Organisation, Vorbereitung und Durchführung von Material- und Truppenbewegungen und diente also der Lösung von Transport- und Nachschubproblemen.
Die Übertragung der Erkenntnisse in die zivile Wirtschaftspraxis setzte schrittweise nach dem Zweiten Weltkrieg ein und war 1956 erstmals Lehrfach an der Stanford University in Kalifornien.

---

[1] BAUMGARTEN, H., WOLF, S.: Perspektiven der Logistik: Trend-Analysen und Unternehmensstrategien, 1993, S.6

[2] IHDE, G.: Transport, Verkehr, Logistik, 1992; S.28

[3] Das griechische Wort *Logistikos* ist ins Deutsche als *der Denkende* zu übersetzen. Das französische Wort loger stammt eher aus dem Bereich des Militärs und ist in diesem Zusammenhang mit *einquartieren* zu übersetzen. Zur Herkunft des Begriffs vgl. IHDE, C. : Transport, Verkehr, Logistik, 1992, S. 28-30; PFOHL, H.-CH.: Logistiksysteme, 2000, S.11; KRULIS-RADA J.S.: Marketing-Logistik, 1977, S. 39 ff.

Wenn auch die Ursprünge der Logistik weit in die Vergangenheit zurückreichen, so bestehen bis heute unterschiedliche Auffassungen über die ‚richtige' Auslegung und Definition des Begriffes Logistik.[1]
Dennoch besteht in der Literatur Einigkeit darüber, daß die zielgerichtete **Raumüberwindung bzw. Zeitüberbrückung sowie deren Steuerung und Regelung als zentraler Begriffsinhalt der Logistik anzusehen ist**.[2]
Im Laufe der Zeit hat die Logistik in Folge von sich permanent ändernden Rahmenbedingungen unterschiedliche Entwicklungsstufen bzw. Interpretationen erfahren, wie in nachstehender Abbildung 7 illustriert.

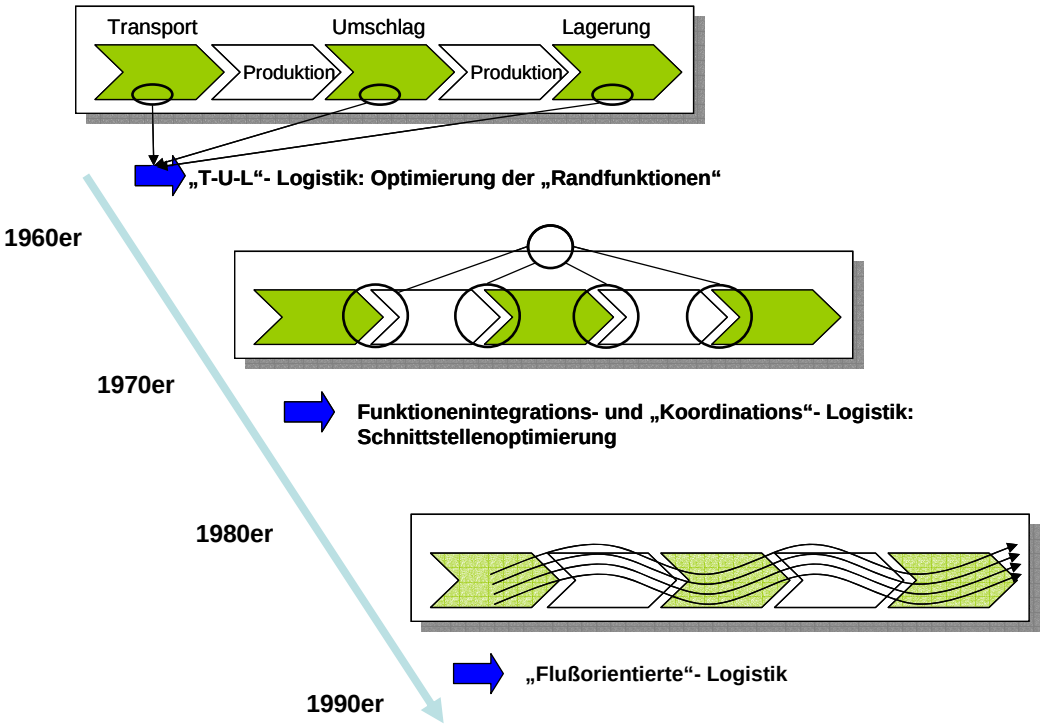


Abbildung 7: Evolution der drei Bedeutungen der Logistik [3]

Im Zuge der „Marketing-Revolution" in den 70èr Jahren wurde die physische Distribution als kritischer Faktor des unternehmerischen Erfolges identifiziert und hatte ein wachsendes Interesse an der Entwicklung spezifischen Know-hows zur Folge. Im Mittelpunkt standen die Aktivitäten des Transports, Umschlags und der Lagerung (TUL) sowie damit eng verknüpfter Funktionen, wie beispielsweise die Palettierung, Verpackung und Kommissionierung.[4]
Die systematische Beschäftigung mit betriebswirtschaftlichen und technischen Optimierungen von Transferaktivitäten führte zwangsläufig zur Auseinandersetzung auch mit den dem Transfer vor- und nachgelagerten Stufen. Der Schwerpunkt verlagerte sich auf die **Analyse von Schnittstellen** und Wechselbeziehungen der Funktionen im Wertschöpfungsprozeß unter dem Aspekt der Befriedigung von Kundenbedürfnissen. Dadurch wird Logistik als unternehmensweite und -übergreifende

[1] GÖPFERT, I.: Logistik Führungskonzeption, 2000, S. 23
[2] WILDEMANN, H.: Logistik Prozeßmanagement, 1997, S. 4
[3] Quelle: DANZAS (2004), mod.
[4] DANZAS GmbH: Danzas Lotse, 2004, S. 9

Koordinationsfunktion verstanden, mit dem Ziel, effektive und effiziente Materialflüsse zu erreichen.[1]
Basierend auf diesem Verständnis weitet sich in den 1980er Jahren die Logistik dahingehend aus, Unternehmen und Unternehmensverkettungen als **Fließsysteme** zu betrachten.[2] Die Fließsystem-Perspektive greift auf die Grundlagen der mathematischen Graphentheorie zurück, welche Graphen als Netzwerke aus Knoten und Kanten beschreibt.[3] Dieser Flußgedanke ist eng verwandt mit der in verschiedenen Ansätzen erkennbaren und derzeit stark propagierten **Prozeßorientierung**.[4]
Westliche Unternehmungen wurden auf Organisationsprinzipien und Verhaltensmuster erfolgreicher japanischer Unternehmen aufmerksam, die sich durch einen deutlich höheren Grad an **Integration** funktionaler Aktivitäten sowie der Material- und Informationsflüsse auszeichnen. Die Integrationserfolge dieses von OHNO (1998) beschriebenen „Toyota–Produktionssystems“ wurden im Verlauf der 1990er Jahre zunächst als „***Lean-Management-Philosophien***“ und deren Weiterentwicklung als „***Just in Time***“ Konzepte (JIT) diskutiert und publiziert.[5]
Für die erfolgreiche Realisierung fließender Prozesse werden folgende Voraussetzungen genannt:[6]

- **Fluß-„Leveling“** als gezielte Bemühung um Glättung von Mengenfluktuationen und Vermeidung von Aufschaukelungseffekten (Bullwhip Effekt, vgl. Kap.3.1.3, S. 60),
- differenzierte Analyse von **Durchlaufzeiten** in Fertigungsprozessen nach technologisch bedingten, losgrößen- und prozeßbedingten Zeitbedarfen,
- vorbeugende **Qualitätssicherung** der Herstellungsprozesse für die Qualität der Erzeugnisse und Vermeidung von Nachbearbeitungs- und Reklamationsprozessen

Logistik in der dritten Entwicklungsstufe beschränkt sich damit nicht auf einen bestimmten Leistungstyp, beispielsweise Lagern oder Transportieren, sondern zielt auf ein flußorientiertes Denken und Handeln in allen Bereichen eines Wertschöpfungssystems. Sprachlich präziser wird heute diese dritte Entwicklungsstufe der Logistik auch als Logistikmanagement bezeichnet.

[1] IHDE, G.B.: Transport, Verkehr, Logistik, 2001, S. 20 f.; GÖPFERT, I.: Logistik Führungskonzeption, 2000, S. 20
[2] PFOHL, H.-CH.: Logistiksysteme, 2000, S. 11 ff.
[3] DELFMANN, W.: Kernelemente der Logistikkonzeption, 2000, S. 3
[4] ebenda, S. 7
[5] OHNO, T.: Toyota Production System, 1998, VAHRENKAMP, R.: Produktions- und Logistikmanagement, 1994, S. 197
[6] WILDEMANN, H.: Logistik Prozeßmanagement, 1997, S. 17 ff; PFOHL, H.-CH.: Logistiksysteme, 2000, S. 25 ff

3.1.1.2 Definition des Begriffs Logistik

Wie bereits dargestellt, hat der Begriff Logistik in den vergangenen Jahren einen grundlegenden Bedeutungswandel erfahren und hat sich dabei zu einer spezifischen Konzeption der Unternehmensführung entwickelt. Im Vergleich mit anderen betriebswirtschaftlichen Konzepten ist diese Entwicklung sehr rasch erfolgt, wodurch sich der Logistikbegriff noch nicht endgültig gefestigt hat und der Gefahr unterliegt, als Modewort angesehen und schnell abgetan zu werden.[1]
Die wissenschaftliche Meinung über das Erkenntnisobjekt der Logistik ist im Wesentlichen in zwei Gruppen zu unterteilen, die jeweils verschiedene Paradigmen vertreten.[2]
Die erste Gruppe verbindet mit Logistik in erster Linie mit Transferaktivitäten, also Funktionen mit eher operativen betriebswirtschaftlichen Zielsetzungen, wie dem Transportieren, Lagern und Umschlagen mit entsprechender Planung, Steuerung und Kontrolle.[3] Im Mittelpunkt dieser Zielsetzung steht die **logistische Effizienz**, die durch die sogenannten vier „r´s" zum Ausdruck kommt: „Logistik hat dafür zu sorgen, daß ein Empfangsprodukt gemäß seines Bedarfs von einem Lieferanten mit dem *richtigen Produkt* (in Menge und Sorte), im *richtigen Zustand*, zur *richtigen Zeit*, am *richtigen Ort* zu den dafür minimalen Kosten versorgt wird." [4]
Vertreter der zweiten Gruppe haben dagegen eine spezifischere Sichtweise ökonomischer Systeme auf der Ebene der Unternehmensführung, begründet in dem Paradigma der Flußorientierung bzw. des Fließsystems. Dabei wird die Logistik primär als eine **Führungsaufgabe** mit eher strategischen Zielsetzungen betrachtet, deren Fokus sich über die Ausführung und das Management von Transferaktivitäten hinaus auf das gesamte Unternehmen bzw. die gesamte Wertschöpfungskette bezieht.[5]
Da sich in der ökonomisch ausgerichteten Literatur bisher keine einheitliche Logistikdefinition herauskristallisiert hat, wird für die vorliegende Arbeit die Definition des amerikanischen Council of Logistics Management (CLM) verwendet:

"Logistics is that part of the supply chain process that plans, implements and controls the efficient, effective flow and storage of goods, services and related information from the point of origin to the point of consumption in order to meet customers' requirements".[6]

[1] GABLER LEXIKON LOGISTIK: Management logistischer Netzwerke und Flüsse, 1998, S.308
[2] GÖPFERT, I.: Stand und Entwicklung der Logistik, in: Logistik Management, 1999, S.23
[3] ebenda
[4] PFOHL, H.-Ch.: Logistiksysteme, 2000; S.12
[5] WEBER, J.; DEHLER, M.: Erfolgswirkungen einer logistischen Führungskonzeption, 2001; S. 3
[6] Council of Logistics Management; http://www.clm1.org/; 2004

3.1.1.3 Funktionelle Abgrenzung von Logistiksystemen

Betrachtet man die verschiedenen Phasen eines Güterflusses vom Beschaffungsmarkt durch ein Industrieunternehmen bis hin zum Endkunden, so lassen sich daraus verschiedene Subsysteme der Logistik ableiten. Ausgehend von einer solchen funktionalen Gliederung der Unternehmung, wie sie auch in der Wertekette von PORTER beschrieben wird, stellt sich die Logistik als Querschnittsfunktion dar. Demnach ergeben sich die in Abbildung 8 dargestellten phasenspezifischen Funktionsbereiche der Logistik, die sich in Beschaffungs-, Produktions-, Distributions- und Entsorgungslogistik untergliedern läßt.

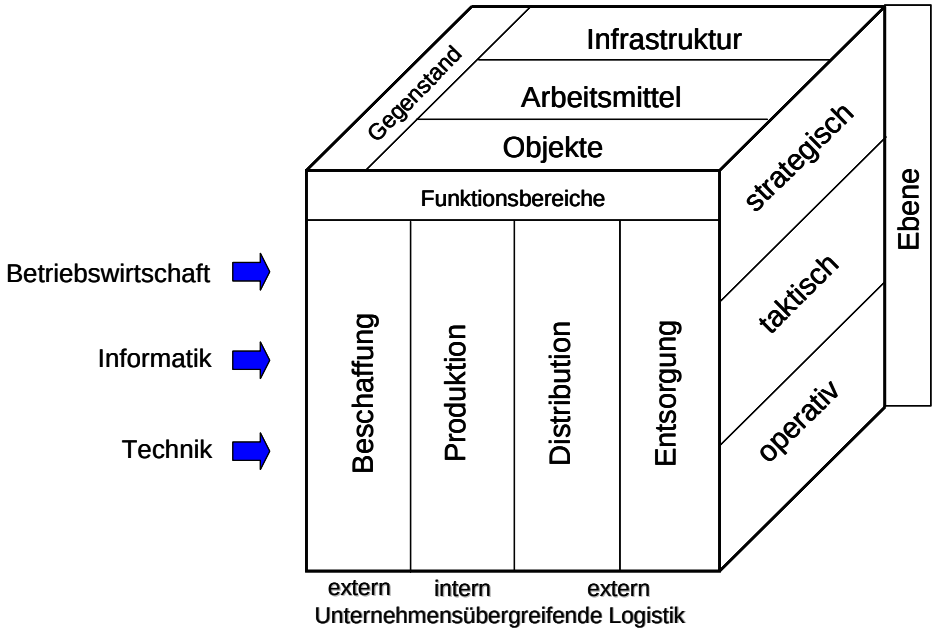


Abbildung 8: Abgrenzung logistischer Aufgabenfelder [1]

Komplementär zur Distributionslogistik der Lieferanten kann die **Beschaffungslogistik** eines Unternehmens betrachtet werden. Aufgabe der Beschaffungslogistik ist die Planung, Steuerung und Implementierung der erforderlichen Prozesse und Strukturen zur bedarfsgerechten Versorgung des Unternehmens mit Gütern und Dienstleistungen.[2] Eine zentrale Funktion bezüglich der Beherrschung der gesamten Wertschöpfungsprozesse innerhalb einer Unternehmung nimmt die **Produktionslogistik** ein. Sie plant, steuert und überwacht alle Maßnahmen, die den Material- und Informationsfluß vom Rohstofflager über die Stufen des Fertigungsprozesses bis hin zum Absatzlager.[3] Man differenziert an dieser Stelle noch einmal zwischen einer diskontinuierlichen Bereitstellung von Rohstoffen bzw. Halbfertigwaren in unterschiedlichen Losen, wie dies etwa bei der Werkstattfertigung

[1] Quelle: HEISERICH (2002)
[2] DELFMANN, W.: in GABLER LEXIKON LOGISTIK: Management logistischer Netzwerke und Flüsse, 1998, S. 44 ff.
[3] WILDEMANN, H.: Logistik Prozeßmanagement, 1997, S. 35

erfolgt, und der Fließfertigung, die durch einen kontinuierlichen Materialfluß gekennzeichnet ist und als wichtigste Aufgabe eine permanente Verfügbarkeit der Einsatzgüter erfordert. Teilweise werden Beschaffungs- und Produktionslogistik zusammen auch als Material-Logistik bezeichnet. [1]

Die **Distributionslogistik** befaßt sich mit allen physischen, dispositiven und administrativen Prozessen der Warenverteilung von einem Industrie- oder Handelsunternehmen zu nachgelagerten Wirtschaftsstufen bzw. dem Endverbraucher.[2] Diese Belieferung kann entweder aus dem Absatzlager bzw. unter dem Gesichtspunkt **reduzierter Lagerhaltung** und demnach geringeren Kapitalbindungskosten direkt aus dem Produktionsprozeß erfolgen. Eine zentrale Stellung nimmt bei stetig zunehmendem Wettbewerb auf den Käufermärkten die Qualität des Lieferservices ein, die vielfach neben der Produktqualität als gewichtigster Einflußfaktor der Einkaufsentscheidung und somit der **Lieferantenwahl** angesehen wird. Die wirtschaftliche Zielsetzung der Distributionslogistik besteht darin, die Überbrückung von Raum und Zeit möglichst kostengünstig bei einem hohen Kunden-Servicelevel zu realisieren. Die wesentlichen Faktoren ergeben sich aus dem Bedarf, den Bedarfsmengen, den Bedarfsorten und den Bedarfszeitpunkten.[3]

Die **Entsorgungslogistik** ergänzt die bisherige versorgungsorientierte Logistik zu einer Kreislauflaufwirtschaft, in der die der Umwelt entnommenen Ressourcen einer erneuten Verwendung zugeführt werden. Die Entsorgungslogistik beinhaltet den Transport, Umschlag und Lagerung von Sekundärrohstoffen (Wertstoffen) und Abfällen.[4]

Die einzelnen Funktionen sind nicht immer bei allen Unternehmen vorhanden, beispielsweise entfällt die Produktionslogistik bei Handelsunternehmen. In der Praxis bilden sich **branchenspezifische Logistikmethoden** heraus, wie die Speditions-logistik, Baustellenlogistik oder Rundholzlogistik, wobei jede Branche bestimmte Methoden, Einrichtungen und Verfahren entwickelt, die aufgrund der Geschäftspraxis wichtig sind oder sich derart herausgebildet haben.[5]

Ausgehend von dem Netzwerkgedanken (vgl. Kap. 3.1.1.1, S. 37) lassen sich in Unternehmen viele miteinander in Beziehung stehende ver- und entsorgungs-logistische Ketten identifizieren. **Hierarchie- und funktionsübergreifend** (vgl. Abbildung 8) realisieren diese Logistikketten die Transformation von Gütern hinsichtlich Zeit Ort, Menge, Zusammensetzung und Qualität sowie die Koordination inner- und zwischenbetrieblicher Prozesse.[6]

3.1.1.4 Logistikkette als Untersuchungsobjekt

Verknüpfungen, in denen der Anfangszustand eines Objektes in einen intendierten Endzustand transformiert wird, wobei die Schnittstellen der beteiligten Systeme durchgängig abgestimmt und Prozeßabläufe systemübergreifend geplant und gesteuert werden, werden als Logistikkette, neuerdings auch vielfach als *Supply Chain*, bezeichnet. Der in der Regel vielstufige Prozeß der Wertschöpfung von der

[1] PFOHL, H.-CH.: Logistiksysteme, 2000; S.17
[2] WALDMANN, J.: in GABLER LEXIKON LOGISTIK: Management logistischer Netzwerke und Flüsse, 1998, S.83 ff.
[3] WILDEMANN, H.: Logistik Prozeßmanagement, 1997, S. 46
[4] PFOHL, H.-CH.: Logistiksysteme, 2000; S.18
[5] KOETHER, R.: Logistik als Managementaufgabe, 2004, S. 32
[6] WILDEMANN, H.: Logistik Prozeßmanagement, 1997, S. 54

Urproduktion über unterschiedlichste Produktionsschritte und Transfervorgänge bis hin zum Endverbraucher wird dabei als Abfolge von **Lieferanten-Kunden-Beziehungen** interpretiert (vgl. Abbildung 9).[1] Dieses Denken in Prozeßketten hat sich aus dem Prinzip der Flußoptimierung als zentraler Bestandteil jeder Logistikkonzeption manifestiert. In diese Wertschöpfungskette sind alle betrieblichen Funktionen von der Beschaffung bis hin zum Vertrieb eingebunden.[2]

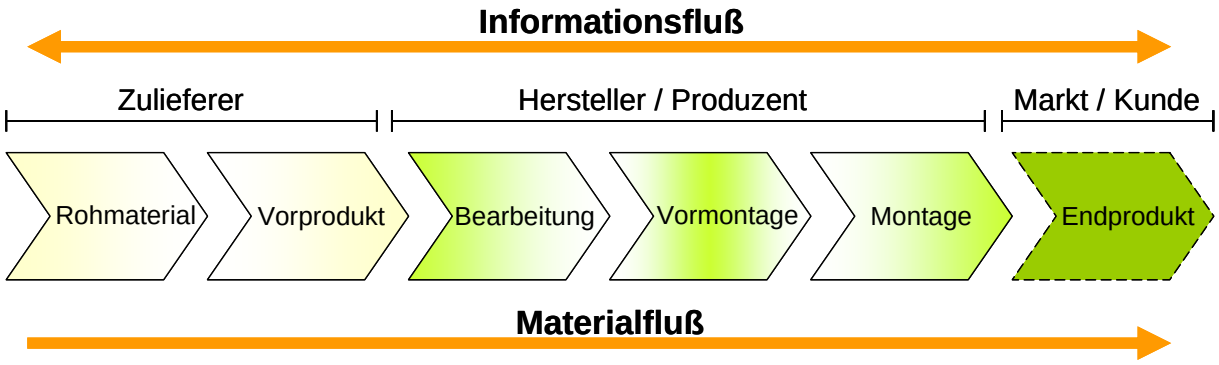


Abbildung 9: Logistikkette als Lieferanten-Kunden-Beziehung [3]

Die Auslegung der Logistikkette als eine Abfolge von Lieferanten-Kunden-Beziehungen verdeutlicht, daß für die **Gesamtleistungsfähigkeit** der Logistikkette sowohl der Fokussierung auf den Endkunden als auch der „internen Kunden" höchste Bedeutung beigemessen werden muß.[4] Im Gegensatz zu tayloristischen Ansätzen erlauben die wechselseitigen Abhängigkeiten der einzelnen Teilprozesse und die Vielstufigkeit der Wertschöpfung keine Begrenzung logistischer Betrachtungen auf einzelne Abschnitte. Vielmehr muß die Logistikkette als **integriertes Ganzes** unter Berücksichtigung von internen Wechselwirkungen und deren externen Auswirkungen strukturiert und gesteuert werden. Dieses Systemdenken trägt dazu bei, bei logistischen Entscheidungen durch Berücksichtigung von Ressourcen- und Prozeßinterdependenzen suboptimale Insellösungen zu vermeiden und optimale Gesamtlösungen anzustreben.[5] **Transparenz** über Mengen, Zeiten und den aktuellen Stand der einzelnen Arbeitsschritte über alle Bereiche hinweg wird dafür zur unumgänglichen Voraussetzung.
Eine entscheidende Bedeutung kommt in diesem Zusammenhang dem **Informationsfluß** zu, der die Materialflüsse zeitlich vorauslaufend plant, begleitend regelt und nachgelagert prüft und bestätigt.[6] Letztendlich ist die Einbindung und Kooperation der Mitarbeiter nicht zu unterschätzen, die mit ihrer Praxiserfahrung einen Beitrag zur Weiterentwicklung und ständigen Verbesserung der Abläufe innerhalb der Logistikkette leisten können.

[1] GABLER LEXIKON LOGISTIK: Management logistischer Netzwerke und Flüsse, 1998, S.307
[2] WILDEMANN, H.: Logistik Prozeßmanagement, 1997, S. 7
[3] Quelle: WILDEMANN 1997, mod.
[4] GABLER LEXIKON LOGISTIK: Management logistischer Netzwerke und Flüsse, 1998, S.307
[5] PFOHL, H.: Logistiksysteme, 1995; S.29
[6] WILDEMANN, H.: Logistik Prozeßmanagement, 1997, S. 8

3.1.2 Supply Chain Management

3.1.2.1 Allgemeines

Der Begriff Supply Chain Management (SCM) erfreut sich derzeit einer zunehmenden Verbreitung in Theorie und Praxis. Dieser Trend spiegelt sich zum einen in einer stark angestiegenen Anzahl entsprechender Veröffentlichungen und Vorträgen wider, zum anderen formieren sich Universitäten und verschiedene Institutionen, die sich schwerpunktmäßig mit dieser Thematik befassen. In den letzten Jahren hat sich SCM als ein erfolgreiches **Managementkonzept** etabliert und ist mittlerweile fester Bestandteil der Logistik. Obwohl die Grundgedanken der SCM-Philosophie bereits 1958 von FORRESTER[1] diskutiert wurden, erfuhr SCM seinen Auftrieb erst durch die rasante Entwicklung der modernen **Informations- und Kommunikationstechnologie** (IuK), welche eine effiziente Umsetzung dieses Konzeptes erst ermöglichte (vgl. Kap. 3.1.4, S. 62).
Aufbauend auf den Erkenntnissen des Logistikmanagements entwickelte sich ab Anfang der 90er Jahre in der Unternehmenspraxis die Erkenntnis, daß zukünftige Potentiale zur Erringung von Wettbewerbsvorteilen nicht allein in der Optimierung von Prozessen innerhalb eines Unternehmens, sondern zunehmend in der Verbesserung des Zusammenspiels aller an der Erstellung eines Produktes beteiligten Unternehmen liegen.[2] Einen wesentlichen Anteil an der Entwicklung von SCM Systemen hatten sowohl wirtschaftliche Aspekte, wie die Globalisierung der Märkte, die damit zusammenhängende Verstärkung des Wettbewerbs, sowie die daraus entwickelten Konzepte zur Konzentration auf Kernkompetenzen, als auch innerbetriebliche Optimierungen und Ausrichtungen auf Geschäftsprozesse.[3]
Einer der Vordenker war Michael PORTER, der mit dem Begriff „Value Chain“ bereits 1985 den Gedanken der **Integration von Unternehmensaktivitäten** entlang der gesamten Wertschöpfungskette aufgriff. In seinem Modell der Wertschöpfungskette werden die unterschiedlichen Organisationseinheiten eines Unternehmens in primäre und sekundäre Aktivitäten sowie in ihre Infrastruktur unterteilt. Dabei muß der Beitrag eines Flusses zur Wertschöpfung zuzuordnen sein, um sinnvolle managementrelevante Entscheidungen einleiten zu können.[4]
PORTER unterscheidet

- Primäre, direkt wertschöpfende Flüsse, die optimiert aber nicht eliminiert werden dürfen,
- Sekundäre Flüsse, deren Beitrag zur Wertschöpfung sorgfältig analysiert werden muß, (diese können optimiert und dürfen gegebenenfalls substituiert bzw. eliminiert werden),
- Flüsse ohne Wertschöpfung, die wegrationalisiert werden müssen.

---

[1] FORRESTER, J.W.: Industrial Dynamics: A Major Breakthrough for Decision Makers, in Harvard Business Review, 1958, S. 37-66 “[...] there will come general recognition of the advantage enjoyed by the pioneering management who have been the first to improve their understanding of the interrelationship between separate company functions and between the company and its markets, its industry, and the national economy”.

[2] SWOBODA, B.: Wertschöpfungspartnerschaften in der Konsumgüterindustrie. Ökonomische und ökologische Aspekte des ECR-Managements, in WiSt – Wirtschafts-wissenschaftliches Studium, Heft 9, 1996, S. 449-454

[3] POIRIER, C.: Advanced Supply Chain Management, 1999, S. 45

[4] PORTER, M.: Wettbewerbsvorteile, 1989, S. 62

Eine derartige Vorgehensweise erfordert eine Identifikation essentieller Unternehmensprozesse, ihrer Schnittstellen sowie die jeweilige prozeßspezifische Unterstützung durch Informationssysteme.

3.1.2.2 Begriffsdefinition Supply Chain Management

Supply Chain

Der Begriff „Supply Chain" definiert im engeren Sinne eine Liefer- oder Versorgungskette bzw. unternehmensübergreifend eine Wertschöpfungskette, entlang welcher Güter, Dienstleistungen, Informationen und Geld fließen (vgl. Abbildung 9, S. 38). Diese Flüsse können in Richtung der Lieferanten (upstream), in Richtung der Kunden (downstream) oder in beide Richtungen verlaufen.[1] Da ein Unternehmen in der Regel nicht nur einen Lieferanten und einen Abnehmer besitzt, stellen diese Supply Chains eher ein **Netzwerk** aus verschiedenen Unternehmen dar.

Supply Chain Management

Für *Supply Chain Management* hat sich bislang weder national noch international eine allgemein akzeptierte Definition des Begriffes durchsetzen können. Zu begründen ist dies insbesondere damit, daß SCM ein stark durch die unternehmerische Praxis gewachsener Begriff ist, der zunächst nur zögerlich in die wissenschaftliche Betrachtung aufgenommen wurde. Zudem ist die inhaltliche Vielfalt des Begriffes eine Folge davon, daß SCM mehrere, teilweise sogar alle Funktionsbereiche der Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette umfaßt.[2]
Nicht selten wird in der Literatur Supply Chain Management inhaltlich auf logistische Fragestellungen reduziert, wodurch sich SCM oft der Kritik des „alten Weins in neuen Schläuchen" ausgesetzt sieht.
Um die unterschiedlichen Interpretationen des Begriffes SCM zu charakterisieren, wird in der Literatur mittlerweile zwischen **zwei Dimensionen** unterschieden.[3]
Die erste Dimension bezieht sich auf die Integrationsrichtung und Integrationstiefe der Supply Chain, also die Anzahl der Unternehmen, die Gegenstand des SCM sind (**Kettenlänge**). Die Integrationstiefe bezeichnet die Anzahl der vor- bzw. nachgelagerten Wertschöpfungsstufen eines Unternehmens, die in die Integrationsbestrebungen einbezogen werden. Obwohl in der wissenschaftlichen Literatur eine ganzheitliche Sichtweise von der Rohstoffquelle bis zum Endverbraucher dominiert, wird in Praxisbeispielen meist nur ein Teil der gesamten Supply Chain betrachtet.
Die zweite Dimension betrifft den Umfang der eingeschlossenen Prozesse und Funktionen (**Prozeßumfang**). Während sich eine engere Sichtweise auf den Materialfluß sowie den entgegenlaufenden Informationsfluß beschränkt, berücksichtigt eine umfassendere Betrachtungsweise potentiell alle Wertschöpfungsprozesse einer

[1] WEBER, J. et al.: Supply Chain Management und Logistik, in WiSt –Wirtschaftswissenschaftliches Studium, Heft 5, 2000, S. 264-269
[2] COOPER, M. et al.: Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics, The International Journal of Logistics Management, Vol. 8, No. 1, 1997, S 1-13
[3] ebenda, WEBER, J. et al.; 2000, S. 264-265, MILLING, P., GROESSLER, A.; 2001, S. 3

unternehmensübergreifenden Integration.[1] Dabei wird eine prozeßorientierte Organisation des Unternehmens unterstellt, wobei sämtliche Prozesse auf den **Kunden ausgerichtet** sind („customer focus“).
Entsprechend der Anzahl unternehmerischer Funktionen hat deren Integration viele unterschiedliche Aspekte über Ziele und Aufgaben des SCM für den Unternehmenserfolg zur Folge.
Im Rahmen einer intensiven Literaturrecherche haben OTTO und KOTZAB (2002) sechs Perspektiven bezüglich SCM erarbeitet, die kurz skizziert werden sollen.[2]

- „**Strategie**“: SCM sorgt aus strategischer Sicht für die ergebnisoptimale Positionierung des Unternehmens in der Wertschöpfungskette. Es sichert die Fähigkeit, eigene Kompetenzen gewinnbringend mit denen anderer Unternehmen zu kombinieren.
- „**Organisation**“: Diese Betrachtungsweise versteht Supply Chain Management als die adäquate Gestaltung von Beziehungen zwischen den Unternehmen und ihrer Umwelt.
- „**Marketing**“: Unter dem Aspekt des Marketings präsentiert sich SCM als endverbraucherorientiertes Management segmentspezifischer Distributions-ketten.
- „**System Dynamics**“: In dieser Perspektive ist eine ideal ausgerichtete Supply Chain eine, die möglichst gänzlich geglättet ist, sich reaktiv eventuellen Schwankungen anpaßt und auf der für alle Beteiligten optimalen Bestellmenge basiert.
- „**Operations Research**“: Optimale Versorgungsketten werden als kosten- und serviceoptimierte Flußsysteme betrachtet.
- „**Logistik**“: Eine exzellente Supply Chain besteht aus Sicht der Logistik aus kompakten, integrierten, schnittstellenoptimierten und langfristig ausgelegten Prozeßschritten.

Diese unterschiedlichen Schwerpunkte von SCM schließen sich jedoch nicht gegenseitig aus, sondern können sich vielmehr angesichts der unterschiedlichen Entwicklungsstadien des Supply Chain Managements ergänzen. Am Anfang stehen grundsätzliche Fragen über Art und Umfang der Integration bzw. Zusammenarbeit zwischen Unternehmen vor- und nachgelagerter Wertschöpfungsstufen im Mittelpunkt, die sich unter dem Gesichtspunkt „Strategie“ und „Organisation“ einstufen lassen. Des Weiteren können beispielsweise die Optimierung von Schnittstellen („Logistik“) oder gemeinsame Produktentwicklungen („Marketing“) im Zentrum von Kooperationen stehen, woraus eventuell eine Überarbeitung von Unternehmensstrategien („Strategie“) resultieren können.
Zusammenfassend kann Supply Chain Management als die systematische Auswahl und aktive Gestaltung der bedeutendsten Beziehung zu Unternehmen vor- und nachgelagerter Wertschöpfungsstufen und sämtlicher damit verbundener Material-,

[1] vgl. COOPER, M. et al.: Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics, The International Journal of Logistics Management, Vol. 8, No. 1, 1997, S.2ff..
[2] OTTO, A., KOTZAB, H.: Ziel erreicht? Sechs Perspektiven zur Ermittlung des Erfolgsbeitrags des Supply Chain Management, in: Hahn, D., Kaufmann, L., Handbuch Industrielles Beschaffungsmanagement, 2002, S. 125-150

Informations- und Finanzflüsse bezeichnet werden, mit dem Ziel der Maximierung des Wertbeitrages.[1]
Die Verknüpfung der Partner einer Wertschöpfungskette im Sinne des Supply Chain Managements zielt auf die Reduktion von Durchlaufzeiten und in Beständen gebundenem Kapital sowie eine Verbesserung des Informationsflusses und die dadurch verbundene Vermeidung unwirtschaftlicher und unnötiger Leistungen. Gleichzeitig erfolgt mit diesen Überlegungen ein Rückgriff auf die Frage der „***Make or Buy***" Entscheidung. In diesem Kontext sind dann sowohl Entscheidungen über die eigene Fertigungstiefe und entsprechend die Zusammenarbeit mit Kunden und Lieferanten zu treffen, als auch über die Art und Anzahl der Partner.[2] Bei dieser Abwägung zwischen Eigenleistung (Make) und Outsourcing (Buy) entsteht zunächst zwangsläufig ein Widerspruch zu Empfehlungen, innerbetrieblich die Spezialisierung und damit die Zahl der entstehenden Schnittstellen zu reduzieren, da sich durch die Konzentration auf eigene Kernkompetenzen die Anzahl externer Schnittstellen erhöht.[3] Hier ist der Ansatzpunkt von SCM-Systemen, welche die technischen Möglichkeiten für die Koordination der Geschäftsprozesse bieten.

Das Definitions- und Interpretationsspektrum für SCM, das inzwischen in der Literatur von unzähligen Autoren angeboten wird, ist derart weitreichend und unterschiedlich, daß eine einheitliche Auslegung des Begriffes praktisch unmöglich ist.

Die vorliegende Arbeit orientiert sich an einer Form von SCM, in der die **kooperative Zusammenarbeit** von Unternehmen im Mittelpunkt steht und die unternehmens-übergreifende Integration von Prozessen als wesentlicher Bestandteil des Supply Chain Managements angesehen wird. Demgemäß wird für SCM die Definition des Council of Logistics Management (CLM) zugrunde gelegt, welche diese Kriterien ebenfalls herausstellt:

„*Supply Chain Management encompasses the planning and management of all activities involved in sourcing and procurement, conversion, and all Logistics Management activities. Importantly, it also includes coordination and collaboration with channel partners, which can be suppliers, intermediaries, third-party service providers, and customers.* ***In essence, Supply Chain Management integrates supply and demand management within across companies***."[4]

Ergänzend kann als Ziel dann formuliert werden: „***The goals of Supply Chain Management are to reduce uncertainty and risks in the supply chain, thereby positively affecting inventory levels, cycle time, processes, and, ultimately, end-customer service levels***."[5]

[1] COOPER, M., et al.: Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics, The International Journal of Logistics Management, Vol. 8, No. 1, 1997, S. 4
[2] WILDEMANN, H.: Logistik Prozeßmanagement, 1997, S. 216 ff.
[3] PFOHL H.: Logistiksysteme, 1995; S.187
[4] Council of Logistics Management: www.clm1.org; 2004
[5] CHASE, R. et al.: Production on Operations Management: Manufacturing and Services; 1998, S. 466

3.1.2.3 Ziele des Supply Chain Managements

Die bisherigen Ausführungen haben bereits übergeordnete Ziele des Supply Chain Managements vorgestellt und als Kernziel hat sich die Erschließung unternehmensübergreifender Erfolgspotentiale herauskristallisiert.[1] Der sich daraus ergebende Nutzen wird von WILDEMANN (2004) an folgendem Beispiel sehr bildhaft dargestellt:
„Die Weltrekordzeit im 100m Sprint liegt derzeit bei 9,79 Sekunden, die schnellste 4x100 m Staffel schaffte eine Zeit von 37,4 Sekunden. Der durchschnittliche Wert liegt damit bei 9,35 Sekunden. Die Ursache liegt im fliegenden Start begründet. Der nachfolgende Staffelläufer beschleunigt bereits vor Stabübergabe auf die Geschwindigkeit des Vorläufers.“[2]
Entsprechend kann im Rahmen des SCM eine verbesserte **Koordination** zu einer erheblichen Reduktion von Lagerbeständen und Durchlaufzeiten bei gleichzeitiger Erhöhung von Lieferbereitschaft und –flexibilität führen. Dieser Ansatz beschränkt sich nicht nur auf Produktionssteigerungen durch Koordination von Leistungen, Poolung von Ressourcen und Verständigung auf Standards für informatorische Schnittstellen, sondern auch auf die durchgehende **Rückkopplung** auf allen Stufen des Logistiksystems. Innovative Technologien und ganzheitliche Lösungen können dabei helfen, traditionell konkurrierende Zielbeziehungen zwischen Zeit, Kosten und Qualität zu reduzieren.[3]
Beispielsweise können durch SCM **Zeitvorteile** bei Neuentwicklungen durch die frühzeitige Einbindung der Lieferanten in den Entwicklungsprozeß erreicht werden, im Rahmen des Produktionsprozesses schaffen integrierte Informationssysteme eine Verkürzung von Durchlaufzeiten.[4]
Erhebliche **Kostenvorteile** lassen sich durch eine nachhaltige Reduktion der Bestandeskosten erzielen. Unsicherheiten durch fehlende Transparenz führen in der Regel in der gesamten Wertschöpfungskette zum unnötigen Aufbau von Lagerbeständen und somit gebundenem Kapital.[5] Bestände sollen also künftig durch Informationen und „Intelligenz“ ersetzt werden. Ein wichtiger Aspekt von SCM ist demnach die Verbesserung der Beherrschbarkeit und **Reduzierung von Unsicherheiten und Risiken** innerhalb von Versorgungsketten. Weitere Skalen- und Verbundeffekte können von den beteiligten Unternehmen einer Supply Chain im Bereich der Beschaffung, Fertigung und Distribution erschlossen werden.
Schließlich können in Folge der engen Zusammenarbeit der Partner in einer Supply Chain **Qualitätsvorteile** durch einheitliche Standards für Produkte und Prozesse sowie adäquater Maßnahmen zur Schaffung und Sicherstellung dieser Standards erreicht werden.[6]

---

1 GÖPFERT, I.: Einführung, Abgrenzung und Weiterentwicklung des Supply Chain Managements, in: BUSCH, A., DANGELMAIER, W., Integriertes Supply Chain Management, 2002, S. 33

2 WILDEMANN, H.: Unternehmensübergreifende Logistik – Supply Chain Management, in: KOETHER, R., Taschenbuch der Logistik, 2004, S. 201

3 MILLING, P., GROESSLER, A.: Management von Material- und Informationsflüssen, in Supply Chains: System-Dynamics basierte Analysen; 2001, S. 6

4 WEBER, J. et al.: Supply Chain Management und Logistik, in WiSt –Wirtschaftswissenschaftliches Studium, Heft 5, 2000, S. 266

5 COOPER, M., et al.: Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics, The International Journal of Logistics Management, Vol. 8, No. 1, 1997, S. 12

6 STÖLZLE, W., HOFFMANN, A.: Herausforderungen an ein globales Supply Chain Management, 2004, S. 968

Eine Schlüsselposition eines erfolgreichen Supply Chain Managements kommt somit der Informationstechnologie zu, die sicherstellen muß, daß die benötigten Informationen möglichst zeitnah (real time) an alle entsprechenden Stellen weitergeleitet wird.[1]
Zusammenfassend ist die generelle Erzielung von **Effizienzvorteilen** entlang der gesamten Wertschöpfungskette das Ziel von Supply Chain Management. Diese liegen insbesondere im Bereich der Identifizierung und Eliminierung redundanter Prozesse sowie der Reduktionen von Bestandskosten als Folge eines gezielten Austausches von Bedarfs- und Bestandsinformationen zwischen den Supply Chain Akteuren, die dazu beitragen, alternativ notwendige Sicherheitsbestände zur Abpufferung intransparenter Bedarfsverläufe und Bestandsniveaus abzubauen.[2]

[1] STEVEN, M., KRÜGER, R.: Informationssysteme für das Supply Chain Management, in BUSCH, A., DANGELMAIER, W., Integriertes Supply Chain Management, 2002, S. 172
[2] STÖLZLE, W., HOFFMANN, A.: Herausforderungen an ein globales Supply Chain Management, 2004, S. 969

3.1.2.4 Implementierung von SCM

Vorraussetzungen

Die Philosophie von Supply Chain Management beruht auf einem Systemansatz, der eine Wertschöpfungskette als integrierte Einheit betrachtet, anstatt einer Ansammlung fragmentierter Marktpartner, die jeweils eigenständig, funktional agieren. Der erste Ansatz von SCM ist also ein **Wechsel der Blickrichtung**, weg von Vorteilen und Prioritäten einzelner Partner, hin zu einem Gesamtoptimum bezogen auf das Endprodukt und somit auf den Endkunden.
Grundvoraussetzung für das Gelingen einer Kooperation ist das **gegenseitige Vertrauen** der einzelnen Unternehmen, um den Geschäftspartner Einblicke in die eigenen Prozesse nehmen zu lassen. Erst daraus kann sich eine Mentalität für eine gemeinsame Win-Win-Situation entwickeln, die offen ist für Vorschläge von internen und externen Mitarbeitern, eine Orientierung hin zu Prozessen und wertschöpfenden Aufgaben.[1] MENTZER et al. (2001) haben in einer umfangreichen Literaturanalyse Voraussetzungen und Auswirkungen einer Implementierung von SCM zusammengetragen und definieren die Bereitschaft als erste Stufe zur Umsetzung dieser Philosophie als Supply Chain Orientierung (SCO): [2]

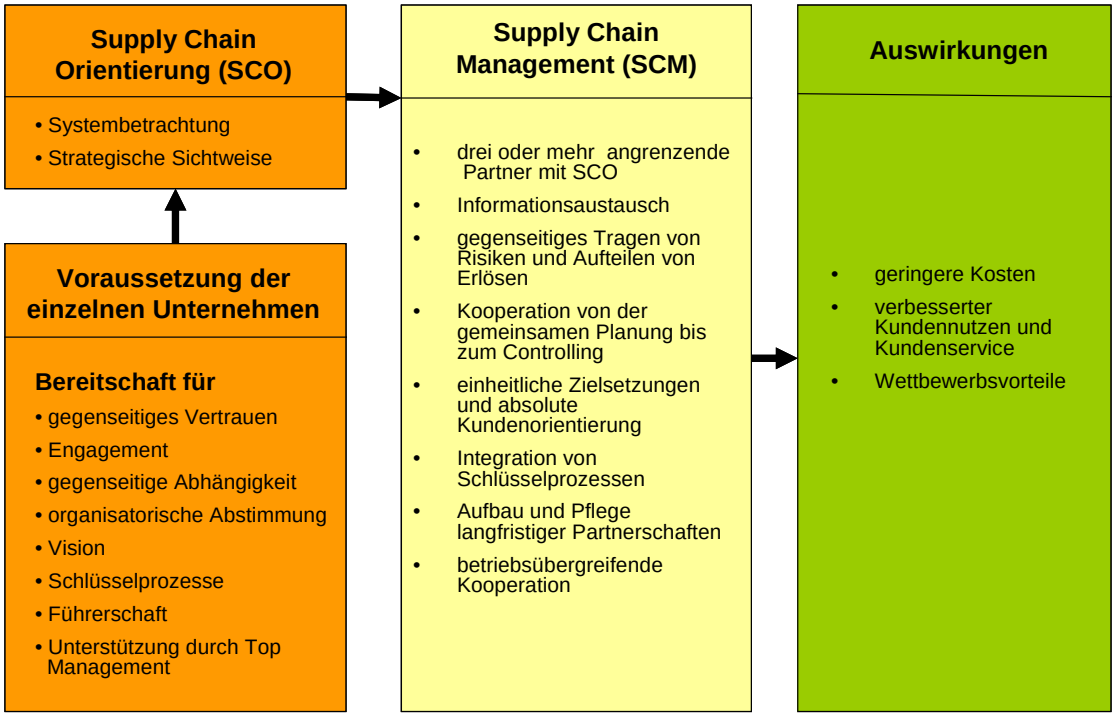


Abbildung 10: Voraussetzungen und Auswirkungen von Supply Chain Management [3]

[1] SCHÖNSLEBEN, P., HIEBER, R.: Gestaltung von effizienten Wertschöpfungspartnerschaften, in: BUSCH, A., DANGELMAIER, W., Integriertes Supply Chain Management, 2002, S. 61
[2] MENTZER, J. et al.: Defining Supply Chain Management, Journal of Business Logistics, Vol. 8, No. 1, 2001, S.10
[3] Quelle: MENTZER, J. et al. (2001)

Implementierung

Aufgrund der **langfristigen Implikation** des Supply Chain Managements sollte es frühzeitig in den Strategiefindungsprozeß der einzelnen Marktpartner einbezogen und mit der Wettbewerbsstrategie abgestimmt werden. Die Implementierung von SCM bedingt die Prozeßintegration entlang der gesamten Supply Chain von der Beschaffung zur Produktion und zur Distribution.[1] STEVENS (1989) formuliert ein logisches und weitgehend akzeptiertes Modell der Supply Chain Integration, welches in vier Stufen den Übergang von einer unkoordinierten Zusammenarbeit zum synchronisierten Materialfluß skizziert:[2]

Supply Chain Integrationsstufe	Merkmale	Unsicherheitsindex			
		Fertigung	Beschaf-fung	Control-ling	Bedarf
Ausgangslage 1.	Kurzfristige Planung, reaktive Maßnahmen, hohe Lagerbestände, Anfälligkeit gegenüber Marktveränderungen	4	4	4	4
Funktionale Integration 2.	Kosten- statt Leistungsorientierung, innerbetriebliche Fokussierung, reaktive Kundenorientierung, erste interne Effizienzsteigerungen	2	4	3	4
Interne Integration 3.	Integration aller Produktionsschritte, übergreifende Planung vom Kunden bis zum Lieferanten, weitgehende Nutzung von EDV Schnittstellen, weiterhin reaktive Kundenorientierung	1	2	2	4
Externe Integration 4.	Integration aller Lieferanten, absolute Kundenorientierung, synchronisierte Materialflüsse, Einbindung aller Unternehmensbereiche	1	1	1	1

4 große Unsicherheiten
1 geringe Unsicherheiten

Abbildung 11: Vierstufiges Modell Implementierung SCM [3]

Mit zunehmender Integrationstiefe werden insbesondere Informationsflüsse wirksamer synchronisiert, was eine nachhaltige Reduktion von Unsicherheitsfaktoren entlang der gesamten Kette bewirkt und dadurch eine bedarfsgerechtere Planung ermöglicht (vgl. Abbildung 11). Parallel zu der verbesserten Informationsbasis verläuft der Übergang von einer funktional ausgerichteten Sichtweise hin zu einem **prozeßorientierten Ansatz**.[4] Moderne Informationstechnologie und e-Business Lösungen automatisieren mittlerweile die Geschäftsabläufe der integrierten Unternehmen. Für die operative Planung und Steuerung von Supply Chain

[1] COOPER, M., et al.: Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics, The International Journal of Logistics Management, Vol. 8, No. 1, 1997, S. 3
[2] GEARY, S. et al.:Uncertainty and the seamless Supply Chain, Supply Chain Management Review, 2002, S. 56 f.
[3] Quelle: GEARY et al. 2002
[4] MENTZER, J. et al.: Defining Supply Chain Management, Journal of Business Logistics, Vol. 8, No. 1, 2001, S.15

Aktivitäten kommen zunehmend auch spezifische Software Systeme, wie beispielsweise Advanced Planning Option (APO) oder Enterprise Ressource Planning (ERP), zum Einsatz.[1]
Eine wichtige Funktion im Sinne einer zielgerichteten und effizienten Planung und Steuerung übernimmt das **Supply Chain Controlling**, um die Ursache-Wirkungs-Beziehungen in einem logistischen Netzwerk analysieren zu können. Dafür sind aussagekräftige und unternehmensübergreifende **Kennzahlen** zur Leistungsfähigkeit einzelner Prozesse bzw. deren Transparenz erforderlich, um das Management bei Führungs- und Entscheidungsaufgaben unterstützen zu können.[2]
Im Rahmen eines Projektes in der Automobilindustrie mit 32 beteiligten Unternehmen identifizierte die *Logistics System Dynamics Group* (LSDG)[3] signifikante Problemfelder, welche zu spezifischen Unsicherheiten in den einzelnen Unternehmensbereichen beitragen, sowie deren Auswirkungen auf die gesamte Supply Chain. Einige repräsentative Beispiele für derartige Ursache-Wirkungsbeziehungen sind in nachstehender Abbildung 12 dargestellt.[4]

Ausgangspunkt der Unsicherheit	Grund der Unsicherheit	Auswirkungen in der Supply Chain				
		Daten-verheimlichung	Datendefizite	Fehlerhafte Daten	Übermäßige Verzögerungen	Übermäßige Abweichungen
Produktion	Keine Kennzahlen zur Leistungsfähigkeit		●			
	Mehr reaktive als proaktive Wartungsarbeiten					●
	Zufällige Anordnung der Produktionsstätte				●	●
	Interferenzen zwischen Wertströmen				●	●
Beschaffung	Kurzfristige Änderungen der Kundenbedürfnisse			●		●
	Überhöhte Lieferzeiten der Zulieferer				●	
	Ungünstige Lieferantenbeziehungen	●		●		
	Keine Leistungsbewertung der Lieferanten		●			
Bedarf	Keine Einsicht in Lagerbestand der Kunden		●			
	Ungünstige Kundenbeziehungen	●				
	Große, unregelmäßige Auslieferungen an Kunden				●	
	Kontinuierliche Produktänderungen verursachen hohen Grad an Wertverlust					●
Controlling	Dürftige Revision der Lagerbestände		●			
	Fehlende Synchronisation und begrenzter Einblick in angrenzende Prozeßschritte	●		●		
	Fehlerhafte Durchlaufzeiten der Zulieferer in Steuerungssystemen			●		
	Unregelmäßige Planungsvorgänge			●	●	

Abbildung 12: Ursache von Unsicherheiten und deren Auswirkungen in der gesamten Supply Chain [5]

[1] BINNER, H.: Unternehmensübergreifendes Logistikmanagement, 2002, S. 166 ff.
[2] WEBER, J. et al.: Supply Chain Controlling, in: BUSCH, A., DANGELMAIER, W., Integriertes Supply Chain Management, 2002, S. 147 ff.
[3] Die *Logistics System Dynamics Group* gehört zur Cardiff Business School der Universität von Wales
[4] GEARY, S. et al.: Uncertainty and the seamless Supply Chain, Supply Chain Management Review, 2002, S. 57 f.
[5] Quelle: GEARY et al., 2002

Deutlich zeichnet sich eine **Intransparenz** in allen Unternehmensbereichen in Folge einer unzureichenden Datenbasis ab. Die Gründe erstrecken sich dabei von einer bewußten Verschleierung von Daten aus Furcht einer zu weitgehenden Preisgabe gegenüber Kunden bzw. Lieferanten, bis zu der grundlegenden Unkenntnis über eigene Kennzahlen. Besonders schwer fällt der Einstieg in eine Kooperation bei einer Branche, die traditionell stark von konfrontativen Jahresgesprächen geprägt ist.[1]
Des Weiteren wird teilweise durch die straffe Vorgabe von Liege-, Rüst-, und Transportzeiten die **zeitliche Dynamik** von Produktionsprozessen nur unzureichend berücksichtigt.[2] Überhöhte Abweichungen von Lieferzeiten wirken sich dagegen in der gesamten Versorgungskette aus und verursachen in Verbindung mit einem verzerrten Informationsaustausch (Informationsasymmetrie) höhere Ausschläge des sogenannten Bullwhip Effektes (vgl. Kap. 3.1.3, S. 60).
Ein strategisch ausgerichtetes Controlling soll schließlich die auch als **Erfolgspotential** bezeichneten Stärken einer Supply Chain langfristig erkennen und aufbauen.[3]

[1] THONEMANN, U et al.: Supply Chain Champions. Was sie tun und wie Sie einer werden, 2003, S.34 f.
[2] ebenda, S. 54
[3] BINNER H.: Unternehmensübergreifendes Logistikmanagement, 2002, S. 253 ff.

Auswirkungen

Als Folge des Integrationsprozesses steht die Weiterentwicklung von bisher traditionellen bzw. eher antagonistischen Beziehungen zu einem kooperativen Zusammenschluß von Wertschöpfungspartnern.[1] [2] Besonders einschneidend ist dabei beispielsweise die Veränderung im Bereich Einkauf und Verkauf von zwei Unternehmen, welche in traditionellen Beziehungen in der Regel auf dem Markt aufeinandertreffen. Die notwendigen Veränderungen durch diesen Wandel der Geschäftsverhältnisse lassen sich anhand verschiedener Kriterien einordnen, wie in Tabelle 4 zusammengefaßt.

Tabelle 4: Vergleich traditioneller und partnerschaftlicher Ansätze [3]

Element	Traditionell	Partnerschaftlich
Lagerhaltungspolitik	unabhängige Optimierung	gemeinsame Reduktion der Bestände entlang der Kette
Gesamtkostenbetrachtung	Minimierung der Unternehmenskosten	kettenweite Kosteneffizienz
Zeithorizont	variabel, eher kurzfristig	langfristig
Häufigkeit der Kommunikation	sporadisch	kontinuierlich (real time)
Bedeutung des Informationsaustausches	begrenzt auf die aktuellen Transaktionen	So umfangreich, wie für gemeinsame Planung und Steuerung notwendig
gemeinsame Planung	transaktionsorientiert	kontinuierlich
Kompatibilität der Unternehmensphilosophien	nicht relevant	kompatibel innerhalb der wichtigsten Beziehungen
Breite der Lieferantenbasis	groß, um Wettbewerb zu erhöhen und Risiken zu reduzieren	gering, um Koordination zu verbessern
Führungsanspruch im Absatzkanal	nicht notwendig	notwendig, um gemeinsame Fokussierung zu erreichen
Bedeutung von Risiko- und Erlösteilung	jeder für sich	Risiko und Erlösteilung über längere Zeiträume
Qualitätskontrolle	Prüfungen	keine Eingangsprüfungen
Geschwindigkeit der Produktion sowie von Material- und Informationsflüssen	Lagerhausorientiert (Sicherheitsbestände), unterbrochene Materialflüsse, die auf einzelne Beziehungen begrenzt sind	Distributionszentrum orientiert, verbundene Flüsse, JIT, Quick response in der gesamten Kette
Informationstechnische Systeme	unabhängig	kompatibel, Schlüssel zur Kommunikation

Durch den Zusammenschluß werden Unternehmensabläufe zu **Supply Chain Prozessen**, die inner- und überbetriebliche Grenzen sowohl *upstream* als auch *downstream* durchdringen und bezogen auf die jeweiligen Kundenanforderungen für alle Akteure transparent abgebildet werden. Mittels leistungsfähiger Informationssysteme können schließlich die einzelnen Produktionssysteme der

[1] CHRISTOPHER M.: Logistics and Supply Chain Management. 1998, S. 246; und
[2] COOPER, M., ELLRAM, L.: Characteristics of Supply Chain Management and the Implications for Purchasing and Logistics Strategy, 1993, S. 10
[3] Quelle: CHRISTOPER 1998, COOPER 1993, mod.

beteiligten Unternehmen weitgehend synchronisiert werden.[1] Diese Integration zu einem Supply Chain Netzwerk (vgl. Abbildung 11, S. 51) wirkt sich schrittweise in den einzelnen Unternehmensbereichen durch eine deutliche Reduktion von Unsicherheiten aus, was eine Erhöhung der Supply Chain Effektivität bewirkt (vgl. Abbildung 13).

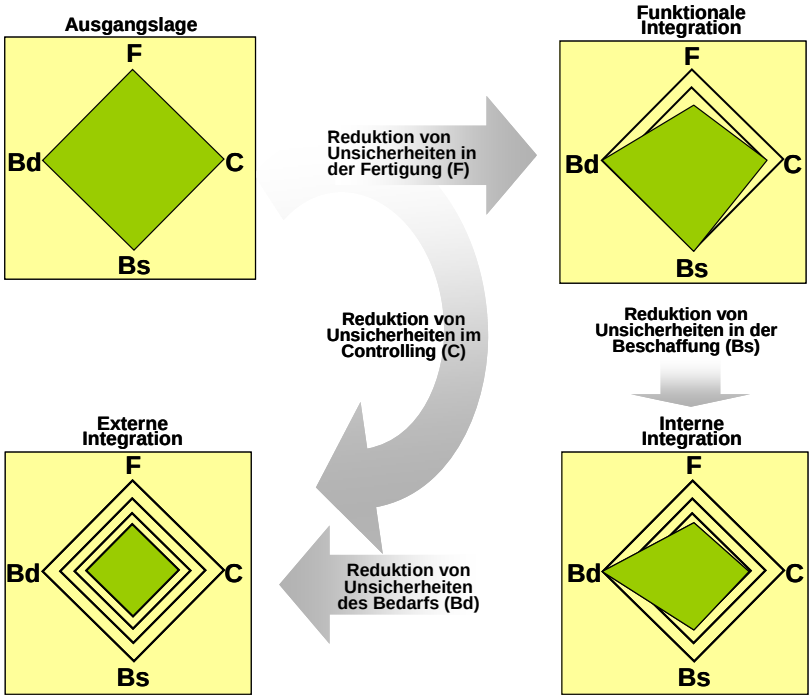


Abbildung 13: Schrittweise Reduktion von Unsicherheiten durch Implementierung von SCM [2]

Die Auswirkungen von SCM werden durch vielversprechende Resultate aus der Praxis dokumentiert. In diesem Zusammenhang wird mehrfach das Beispiel der Motorradproduktion von Harley Davidson zitiert, in dem die Durchlaufzeit von 360 auf 23 Tage reduzierte werden konnte.[3] In der Literatur werden ferner als weitere Größenordnungen genannt:[4]

- Reduktion der Sicherheitsbestände um 20 bis 50%
- Erhöhung der Liefertreue um 40%
- Steigerung der Kapazitätsauslastung um 10%
- Verkürzung der Durchlaufzeiten um 50%
- Verringerung des Steuerungsaufwandes um 15%
- Gewinnsteigerung entlang der gesamten Wertschöpfungskette um bis zu 30% bei einer
- Kostenreduzierung um 20%

[1] COOPER, M., et al.: Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics, The International Journal of Logistics Management, Volume 8, Nummer 1, 1997, S. 7

[2] Quelle: GEARY et al., 2002

[3] TOWILL, D.: Time compression and Supply Chain Management – A Guided Tour, in Supply Chain Management – An International Journal, Volume 1, Nummer 1; 1996, S. 15-27

[4] GÖPFERT, I.: Einführung, Abgrenzung und Weiterentwicklung des Supply Chain Managements, in: BUSCH, A., DANGELMAIER, W., Integriertes Supply Chain Management, 2002, S. 35 f.; und WILDEMANN, H.: Unternehmensübergreifende Logistik – Supply Chain Management, in: KOETHER, R., Taschenbuch der Logistik, 2004, S. 207 f.

3.1.2.5 Steuerung von Supply Chains

Der Steuerung und Kontrolle von komplexen und dynamischen Wertschöpfungsketten wird allgemein eine Schlüsselposition beigemessen. Zahlreiche Untersuchungen bestätigen, daß der Erfolg von SCM insbesondere in einer konstruktiven **Führungsrolle** begründet ist, welche die kooperative Einstellung zwischen den beteiligten Firmen initiiert und festigt.[1]
Wird die Supply Chain von einem (mächtigen) Unternehmen beherrscht, so übernimmt dieses oftmals die Koordination. Handelt es sich dagegen um ein Netzwerk gleichberechtigter Unternehmen, liegt die Forderung nach einem Dienstleister nahe, der die Rolle eines **neutralen Koordinators** übernimmt.
Viele Dienstleister haben im Laufe der Zeit ihr Angebot erweitert und bieten neben klassischen Logistikaufgaben wie Transport und Lagerung zusätzliche Leistungen wie Kundenbetreuung, Order Processing oder Implementierung und Betrieb von Informations- und Kommunikationssystemen (z.B. track and trace) an. Die Dienstleistungskonzepte sogenannter ***Third Party Logistics Provider*** (3PL) sind jedoch derzeit auf ausgewählte Teile der Supply Chain fokussiert und stellen keine über die gesamte Kette optimierten Lösungen zur Verfügung.[2] Dieser Herausforderung stellt sich das Konzept des ***Fourth Party Logistics Provider*** (4PL). Als neutraler Netzwerkintegrator übernimmt er „die übergreifende Steuerung der im Netzwerk verteilten technologischen und personellen Ressourcen. Er bildet unter Einbeziehung der Ressourcen, Technologien und des Know Hows anderer, komplementärer Dienstleister, wie 3PL oder Software Anbieter, das Management der Geschäftsprozesse ab und entwickelt Gesamtlösungen für das Management komplexer Netzwerke.“[3] (vgl. Abbildung 14)

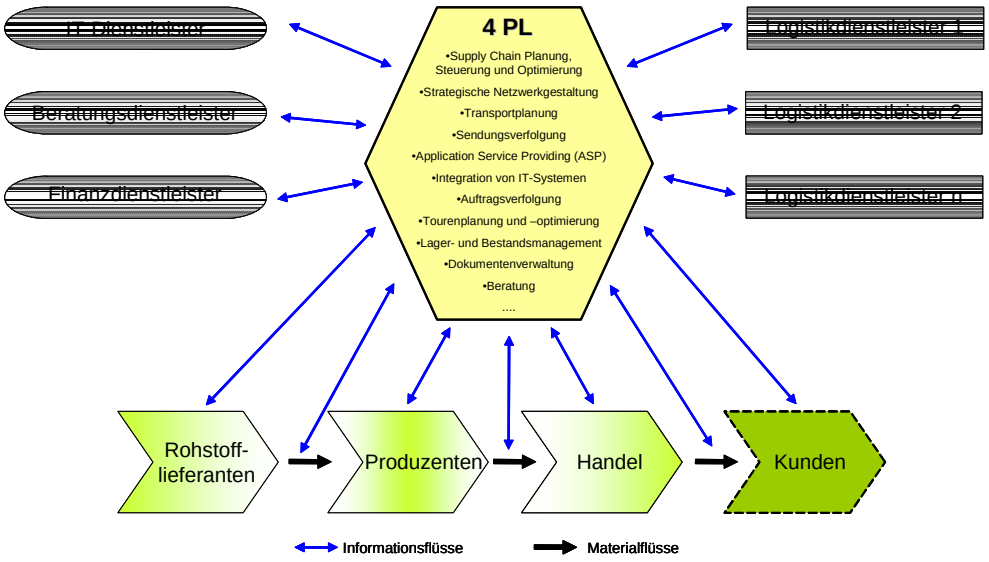


Abbildung 14: Vernetzung von Supply Chain Partnern mit Dienstleistern durch einen 4PL Anbieter [4]

[1] MENTZER, J. et al.: Defining Supply Chain Management, Journal of Business Logistics, Vol. 8, No. 1, 2001, S.20
[2] BAUMGARTEN, H., DARKOW, I.: Konzepte der Supply-Chain Steuerung, in: BUSCH, A., DANGELMAIER, W., Integriertes Supply Chain Management, 2002, S. 103 f.
[3] ebenda
[4] Quelle: BAUMGARTEN, H., DARKOW, I., 2002, mod.

Der 4PL agiert als Partner für ein Unternehmensnetzwerk oder eine gesamte Branche und steht somit zwischen den Auftraggebern aus Handel bzw. Industrie auf der einen und Dienstleistern auf der anderen Seite. In der Regel besitzt ein 4 PL Anbieter keine eigenen Ressourcen wie beispielsweise LKW´s oder Lagerhäuser, sondern investiert indessen in seine Kompetenzfelder Informationstechnologie, Beratung und Business Reengineering.[1] Obgleich naheliegend, wird die Entwicklung vom 3 PL zum 4 PL allgemein nachteilig gesehen. Befürchtet wird eine mögliche Bevorzugung der eigenen Ressourcen zur Fixkostendegression, welche jedoch nicht zwingend ein Optimum für die gesamte Supply Chain darstellen muß.[2] Hauptaufgabe des 4PL ist das Sammeln möglichst fundierter Kenntnisse über den Markt von IT-Lösungen und diesbezüglich Fähigkeiten bei deren Implementierung, Betrieb und Betreuung zu entwickeln. Aufgrund der häufig notwendigen kundenspezifischen Investitionen haben derartige Dienstleistungsverträge in der Regel lange Laufzeiten bis zu 10 Jahren.[3] Der ansteigende Trend zum **Outsourcing** des gesamten IT- und Transaktionsbereichs ist ein deutlicher Ausdruck der Überforderung vieler Unternehmen mit dieser Problemstellung.[4]

3.1.2.6 Abgrenzung Logistik - Supply Chain Management

Ausgehend von der bisher skizzierten historischen Entwicklung der Logistik läßt sich das Supply Chain Management als vorerst letzte Phase einordnen. Da beide Begriffe insbesondere durch die Praxis geprägt sind, werden sie vielfach synonym verwendet, ohne daß eine eindeutige Abgrenzung vorgenommen wird. Des weiteren wird in der Literatur zwischen einer Anglo-Amerikanischen und kontinental Europäischen Auslegung und Entwicklung der Begriffe unterschieden.[5]
In der wissenschaftlichen Lehre wird **Logistik** als die Planung, Steuerung und Überwachung von Güterflußsystemen beschrieben, welche jedoch weitgehend unabhängig von institutionellen Fragestellungen agiert.[6] Die physische Logistik befaßt sich demnach mit den traditionellen Prozessen Transport, Umschlag und Lagerung (TUL). Gemäß der Definition des Council of Logistics Management (vgl. Kap. 3.1.1.2, S. 40) werden dabei die Güterströme von der Rohstoffbeschaffung bis zum Endkunden und die damit verbundenen Prozesse berücksichtigt. Bei dieser integrierten Logistik reichen die Aufgaben über institutionelle Unternehmensgrenzen hinaus, wodurch sich durch Logistikdienstleister eine Kooperation mit Lieferanten und Abnehmern einstellt (vgl. Abbildung 15).

[1] NEHER, A.: Vision oder Mythos? Fourth Party Logistics Provider (4PL), Logistik Heute, 9/2001, S. 52f.
[2] BAUMGARTEN, H., DARKOW, I.: Konzepte der Supply-Chain Steuerung, in BUSCH, A., DANGELMAIER, W., Integriertes Supply Chain Management, 2002, S. 105
[3] GERICKE, J.: Etappen bis zum 5PL, Logistik Heute, 4/2003, S. 37
[4] BAUMGARTEN, H.: Auf halbem Weg, 4PL in der Praxis, Logistik Heute, 11/2001, S. 36
[5] DELFMANN, W., ALBERS, S.: Supply Chain Management in the Global Context, 2000, S. 10
[6] ANONYMUS: Supply Chain Management, 2004

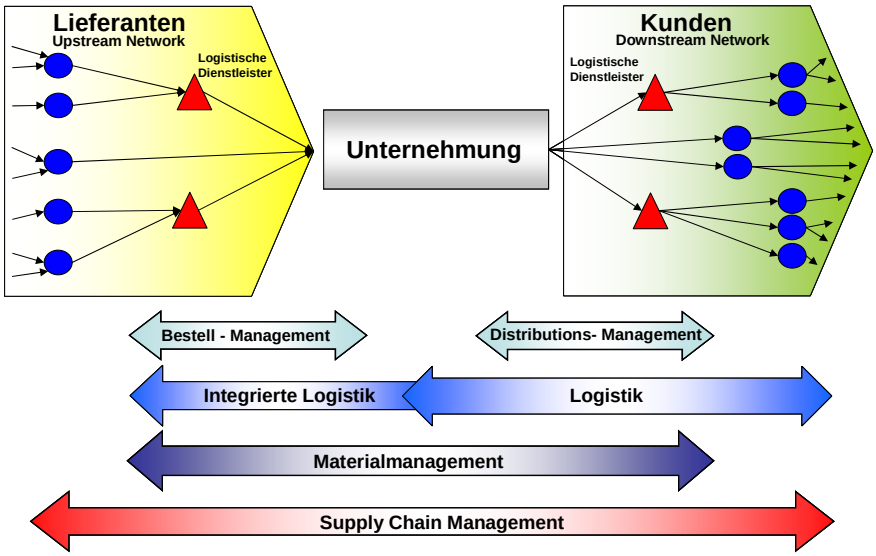


Abbildung 15: Komponenten einer Supply Chain [1]

Die im Rahmen der Erweiterung der klassischen Logistik (TUL) zum **Logistikmanagement** hinzugekommene Flußorientierung bringt eine Annäherung an die Auffassung des Supply Chain Managements mit sich (vgl. Kap. 3.1.1.1, S. 37). Eine Abgrenzung ist auch nicht mehr unproblematisch, da auch das Logistikmanagement in Gestalt des Systemdenkens einen Integrationsanspruch innerhalb des betrachteten Logistiksystems reklamiert.[2] Allerdings prägen drei Merkmale den Ansatz des **Supply Chain Managements** im Besonderen:[3]

- Die interorganisationale Perspektive und Integration der Güter-, Informations- und Geldflüsse über mehrere Wertschöpfungsstufen hinweg
- Die konsequente Ausrichtung auf die Bedürfnisse der Endkunden
- Der Ansatz der Prozeßorientierung.

Zusammenfassend soll eine Gegenüberstellung der Betrachtungsschwerpunkte die unterschiedlichen Eigenschaften verdeutlichen:[4] [5] [6] [7]

- Logistik beschäftigt sich vor allem mit operativen Gesichtspunkten, während SCM stärker auch die strategische Ebene einbezieht
- Logistik beschäftigt sich vor allem mit innerbetrieblichen Flüssen und mit jenen von und zu den unmittelbaren Geschäftspartnern. SCM bezieht weitere Organisationen, bis hin zur Integration aller Geschäftsprozesse entlang der Supply Chain, in die Betrachtung ein.

---

[1] Quelle: SLACK, 1998, mod.
[2] DELFMANN, W., ALBERS, S.: Supply Chain Management in the Global Context, 2000, S. 10
[3] GÖPFERT, I.: Einführung, Abgrenzung und Weiterentwicklung des Supply Chain Managements, in: BUSCH, A., DANGELMAIER, W., Integriertes Supply Chain Management, 2002, S. 32
[4] KNOLMAYER, G., WALSER, K.: Informationen zum Supply Chain Management im Internet; Wirtschaftsinformatik 42, 2000, S. 359-370
[5] COOPER M., et al.: Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics, The International Journal of Logistics Management, Volume 8, Nummer 1, 1998, S. 1
[6] MENTZER, J. et al.: Defining Supply Chain Management, Journal of Business Logistics, Vol. 8, No. 1, 2001, S.24 ff.
[7] BINNER, H.: Unternehmensübergreifendes Logistikmanagement, 2002, S. 43 ff.

- Während bei der Logistik der Schwerpunkt der Betrachtungen auf dem Materialfluß liegt, haben Neuentwicklungen im Bereich der Informationstechnologie dazu geführt, daß im SCM vor allem auch Möglichkeiten der gemeinsamen Gestaltung von Informationssystemen betrachtet werden. Der Fokus liegt auf einer deutlichen Senkung der Lagerbestände und einem Entgegenwirken des Bullwhip Effektes.
- Im Vergleich zu Logistikkonzepten strebt SCM einen deutlich längerfristigeren Zeitraum der Zusammenarbeit der beteiligten Unternehmen an.

3.1.3 Der Bullwhip Effekt

Auf Märkten für Produkte mit kurzen Lebenszyklen bzw. starken Nachfrageschwankungen oder sonstigen Störungen weisen Logistikketten eine eigene Besonderheit auf. Diesen Supply Chains ist eine Dynamik inhärent, die darauf basiert, daß die jeweiligen Stufen als **rückgekoppelte Systeme** mit zeitverzögerten Abläufen interpretiert werden können, die hauptsächlich aus Bedarfsmeldefristen, Lieferabwicklungszeiten und Transportzeiten hervorgerufen werden.[1] Saisoneffekte, Prognosefehler, kumulierte Sammelbestellungen und die Bildung von möglichst großen Losen aus Kostengründen flankieren diese Bestandsproblematik. Zusätzlich treten innerhalb der Kette periodische Schwankungen des Bedarfs auf, welche häufig als Nachfrageänderung mißverstanden werden.
Als Resultat werden Nachfrageschwankungen in der Kette rückwärts zum Vorlieferanten (*upstream*) verstärkt. Diese Steigerung der Variabilität wird als **Bullwhip Effekt** oder *Peitschenschlag-Effekt* bezeichnet.[2] Dessen Auswirkungen sind um so größer, je mehr Stufen die Supply Chain besitzt und je schlechter die Aktivitäten zwischen den Unternehmen koordiniert werden.
Bereits in den 60er Jahren wurde dieses Phänomen am Massachusetts Institute of Technologie (MIT) von FORRESTER (1958) in seinen viel beachteten Büchern *System Dynamics* und *Industrial Dynamics* beschrieben. In einem vierstufigen Distributionssystem untersuchte er mit Hilfe eines EDV-gestützten Modells das Anpassungsverhalten auf eine sprunghafte Erhöhung der Kundenaufträge. Demnach führte eine 10 prozentige Zunahme der Bestellungen des Endkunden zu einer 40 prozentigen Zunahme des Produktionsausstoßes am Ende der Versorgungskette.[3] [4]
Das am MIT entwickelte Strategiespiel „*Beer Distribution Game*“ (kurz: *Beer Game*) vermag als klar abgegrenzte und gegenüber der Realität vereinfachte Lernumgebung die Probleme, die bei der Steuerung von relativ einfachen Systemen auftreten können, eindrucksvoll vor Augen zu führen. Eine modifizierte Version, das „*Wood Supply Game*“, vermittelt die Auswirkungen des Bullwhip Effektes für die Forst- und Holzbranche.[5]
Die schematisierte Darstellung in Abbildung 16 zeigt eine mehrstufige Supply Chain mit dem Bedarfsverlauf des Kunden und der Reaktionszeit der einzelnen Stufen bei einer zunächst recht stabilen und ausgewogenen Nachfragemenge des Endkunden. Die Bestellmengen des Einzelhandels weisen dagegen bereits stärkere Schwankungen auf, ermöglichen ihm in der Regel jedoch noch eine auftragsbezogene (***pull***) Distribution. Fehlende Transparenz führt entlang der Kette zu erhöhten Unsicherheiten (vgl. Abbildung 12, S. 52 f.), wodurch sich die Bestellmengen immer weiter aufschaukeln und schließlich beim Produzenten dramatische Ausschläge verursachen. Wie Abbildung 16 verdeutlicht, entspricht das

---

[1] GÖPFERT, , I.: Einführung, Abgrenzung und Weiterentwicklung des Supply Chain Managements, in: BUSCH, A., DANGELMAIER, W., Integriertes Supply Chain Management, 2002, S. 33f.
[2] ALICKE, K., et al.: Unternehmensübergreifendes Supply Chain Management realisiert multi-tier collaboration, in: BUSCH, A., DANGELMAIER, W., Integriertes Supply Chain Management, 2002, S. 473
[3] FORRESTER, J.W.: Industrial Dynamics: A Major Breakthrough for Decision Makers, in Harvard Business Review, 1958, S. 37-66
[4] KLAUS, P., KRIEGER, W.: in GABLER LEXIKON LOGISTIK, 1998, S. 135
[5] FJELD, D.: The *Wood Suppy Game* as an educational application for simulating industrial dynamics in the forest sector, in: Supply Chain Management for Paper and Timber Industries, 2001, S. 241 ff.

Bestellverhalten des Großhandels beim Produzenten in keiner Weise mehr der Nachfrage des Kunden an den Einzelhandel. Ab dem Großhändler basiert die Versorgungskette auf einer auftragsneutralen (***push***) Distribution, wodurch sich Bestell- bzw. Produktionsentscheidungen auf langfristige Voraussagen stützen, die sich an den Bestellungen der vorgelagerten Stufen orientieren. Der Übergang von der pull zur push Produktion/Distribution wird als *Order Penetration Point* (OPP) bezeichnet.[1]

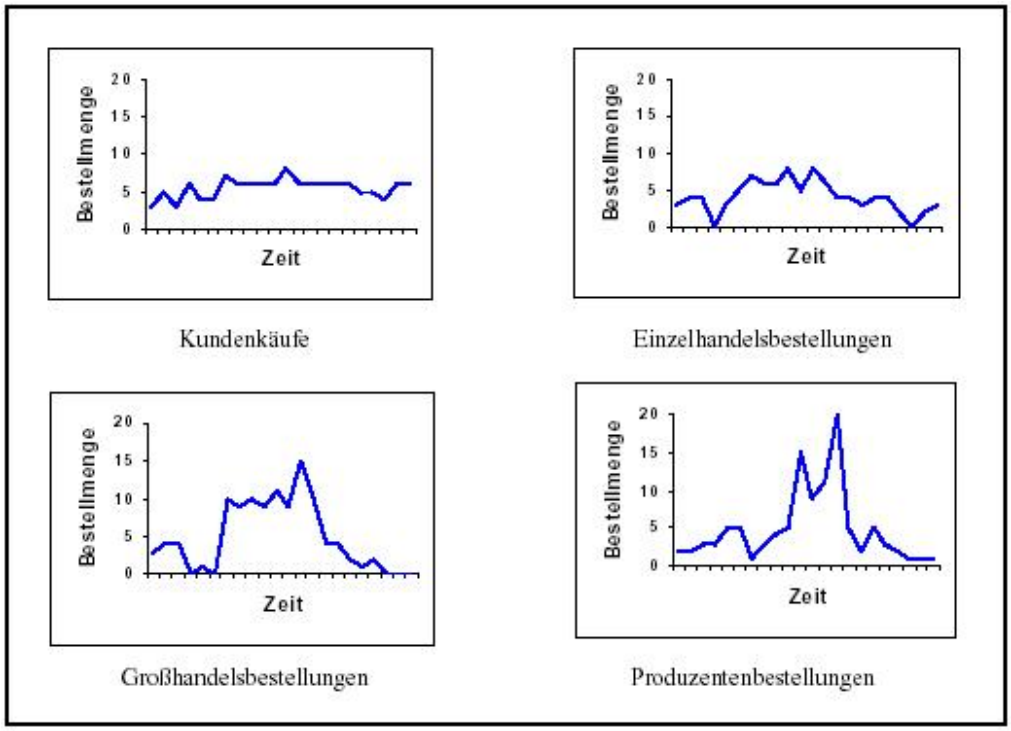


Abbildung 16: Der Bullwhip Effekt in einer vierstufigen Supply Chain [2]

Der Bullwhip Effekt resultiert aus den komplexen und dynamischen **Abhängigkeiten** in der Supply Chain. Eine bedeutende Ursache liegt in der unzureichenden Transparenz und der mangelnden Koordination zwischen den einzelnen Stufen. Demgemäß ist der einzelne Akteur verstärkt bemüht, sein **eigenes Optimum** zu erreichen, ohne die Auswirkungen auf die gesamte Kette zu berücksichtigen.[3]
Die Folge sind insbesondere ungleichmäßige Kapazitätsauslastungen und der Aufbau von hohen Lagerbeständen, welche erhöhte Kosten verursachen, die letztlich von dem Endkunden zu tragen sind bzw. die Wettbewerbsfähigkeit der gesamten Supply Chain beeinflussen. Ferner kann eine Überversorgung zu zusätzlichen Entsorgungskosten für nicht absetzbare Ware und zu entgangenen Erlösen durch Rabatte, Qualitätsverluste oder technische Veralterung führen.
Eine derartige, nach dem *push*-Prinzip gesteuerte, Supply Chain führt zu langsamen Reaktionszeiten bzw. langen Durchlaufzeiten. Die Konsequenz sind Perioden von überhöhten Lagerbeständen gefolgt von Perioden akuter Knappheit.

[1] ALICKE, K., et al.: Unternehmensübergreifendes Supply Chain Management realisiert multi-tier collaboration, in: BUSCH, A., DANGELMAIER, W., Integriertes Supply Chain Management, 2002, S. 474
[2] Quelle: BUER, 2003
[3] ebenda

3.1.4 Die Entwicklung zum Wissensmanagement und die Bedeutung moderner IuK Technologie

„*Ich denke, es gibt einen weltweiten Bedarf an vielleicht fünf Computern*“ – so die Überlegungen des CEO Thomas Watson von IBM aus dem Jahre 1943. Doch insbesondere die Entwicklung von schweren Großrechnern zu leichteren Geräten bis hin zur Entstehung von *Personal Computern* (PC) in den frühen 70er Jahren und extrem leistungsfähigen mobilen *Notebooks* der gegenwärtigen Generation, hat zu einer enormen Verbreitung von Computern geführt. Heute arbeitet jeder zweite Beschäftigte in Deutschland an einem Computer.[1]
Ab 1969 sind erste Anfänge zu verzeichnen, Computer auch über längere Distanzen miteinander zu vernetzen und womit das Zeitalter des Internets eingeläutet wurde, welches schließlich 1991 als World Wide Web-Dienst (www) freigegeben wurde. Diese rasanten Entwicklungen, bezogen auf technischen Fortschritt sowie dessen Ausbreitung, führen dabei in fast allen Lebensbereichen zu teilweise fundamentalen Veränderungen. In der Wirtschaft sind ihre deutlichsten Merkmale die Unabhängigkeit der Wertschöpfungsprozesse vom Standort und der globale Trend zur **Vernetzung** der dezentralen Produktionseinheiten.
Der seit einigen Jahren propagierte Übergang der Industrie- zur **Informationsgesellschaft** führt somit zu einer neuen Wirtschafts- und Gesellschaftsform, „in der die Gewinnung, Speicherung, Verarbeitung und Nutzung von Informationen und Wissen einschließlich wachsender Möglichkeiten der interaktiven Kommunikation eine entscheidende Rolle spielen“.[2] Parallel dazu ist auch die Entwicklung einer Verhaltensrevolution („Revolution im Denken“) zu beobachten, die sich vor allem auf Partnerschaften und Netzwerke fokussiert. Die Ära hierarchischer Großunternehmen sowie die von Monopolen ist damit besiegelt.[3]
Die zunehmende Bedeutung der IuK-Technologie zeichnet sich ebenfalls in einer deutlichen Veränderung der Beschäftigung in den einzelnen Wirtschaftssektoren ab (vgl. Abbildung 17).

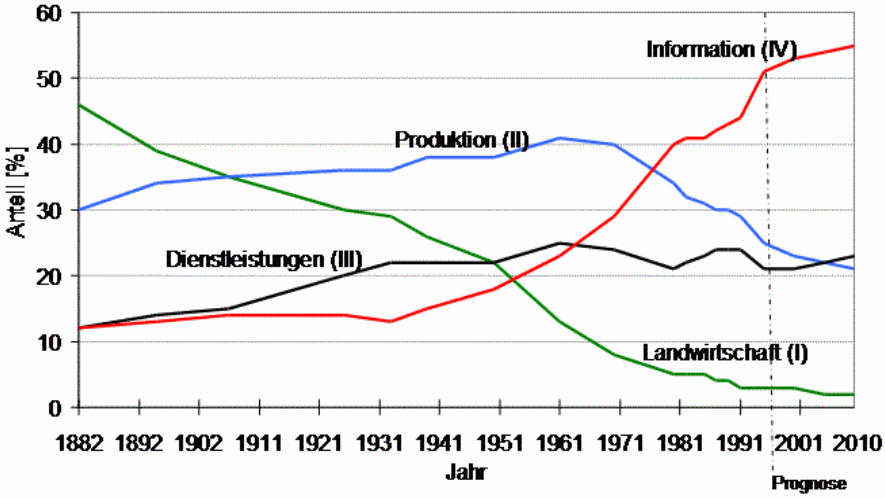


Abbildung 17: Das Vier-Sektoren-Modell: Verteilung der Beschäftigung 1882-2010 [4]

[1] Statistisches Bundesamt Deutschland, 2003
[2] BMBF: Rahmenkonzept „Produktion 2000“, 1995, S. 9
[3] PILLER, F.: Quantitative Beschäftigungswirkungen der Informationsrevolution, 1997, S. 3
[4] Quelle: DOSTAL, 1995

Neben der kontinuierlichen Abnahme im primären Sektor ist die Beschäftigung auch im sekundären Sektor ab den 70er Jahren deutlich rückläufig. Einerseits werden viele Arbeitsplätze durch Steigerung der Produktivität und Effizienz wegrationalisiert, andererseits zahlreiche neue Stellen im Bereich der IuK-Technologie geschaffen, die vorwiegend auch mit erhöhten Ansprüchen an die Qualifikation des Personals verbunden sind.
Die technischen Möglichkeiten, einer theoretisch durchgängigen Transparenz von Daten mit Echtzeit-Rückkoppelung, waren schließlich auch die **treibende Kraft** für die Konzeption moderner Logistiksysteme sowie des Supply Chain Managements und schließlich deren Implementierung in die Praxis.[1] Durch die Entwicklung neuer innovativer Prozesse und Produkte basiert die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen im Wesentlichen auf der Reduktion von Koordinations- und Transaktionskosten. Damit rückt das Management sowohl von physischen als auch informationstechnischen **Schnittstellen** in den Mittelpunkt der Betrachtung.
Mit der Vision einer Verknüpfung von Unternehmen mittels standardisierter Datenformate begann bereits in den 70er Jahren die Einführung von **EDI** Systemen (Electronic Data Interchange) zum elektronischen Datenaustausch. Der Einsatz von EDI bewirkt einen verläßlicheren und schnelleren Informationsfluß, wodurch sich Kosten, Fehleranfälligkeit und schließlich der Zeitaufwand für Geschäftsprozesse nachdrücklich reduzieren läßt. Im Mittelpunkt stehen dabei strukturierte Daten, wie Aufträge, Lieferscheine, Rechnungen oder Lagerbestände, welche zwischen Unternehmen elektronisch **ausgetauscht** und **automatisch weiterverarbeitet** werden.[2] Generell verursacht ein ineffizienter Dokumentenaustausch gemäß amerikanischen Studien Kosten in Höhe von etwa 7% des Welthandels, was ca. 400 Mrd. US-Dollar entspricht.[3] Die nachstehende Abbildung 18 verdeutlicht den Unterschied zwischen traditionellem und elektronischen Datenaustausch.

Traditioneller Datenaustausch	Elektronischer Datenaustausch
➢ personalintensiv - viele manuelle Tätigkeiten - hoher Verwaltungsaufwand ➢ zeitintensiv - unternehmensinterne Laufzeiten - Dokumentenversand ➢ fehleranfällig - manuelle Erfassung - Medienbrüche	➢ papierlos - standardisierte Austauschformate ➢ elektronische Kommunikation - Datenaktualität z.T. in Echtzeit ➢ direkte Datenübergabe - keine Medienbrüche ➢ automatisiert - keine manuellen Eingriffe

Abbildung 18: Vergleich traditioneller und elektronischer Datenaustausch [4]

Durch die offensichtlichen Vorteile von EDI wird dessen Anwendung seitens marktstarker Kunden vorausgesetzt. In vielen Fällen ermöglicht ein beschleunigter Informationsfluß auch die Realisierung neuer Wege der Beschaffung und Distribution, wie beispielsweise der Implementierung von Just-in-time-Konzepten

[1] SCHMIDT, W., SCHULZ-SPAETHELF, J.: in GABLER LEXIKON LOGISTIK: Management logistischer Netzwerke und Flüsse, Wiesbaden, 1998, S. 190
[2] ebenda
[3] SALTER, R.: Electronic commerce for the New Zealand forest industry, 1997
[4] Quelle: BUER 2003, mod.

(JIT), welche eine zeitnahe Übermittlung von Lagerinformationen für eine zeitpunktgenaue Steuerung des Materialflusses bedingen.[1]
In der Praxis entstand, angetrieben vom Eifer unzählbarer Akteure, für jedes Unternehmen eine **individuelle Lösung**, die jedoch nicht kompatibel ist mit einer ebenfalls individuellen Lösung eines anderen. Daraus resultiert die hohe **Heterogenität** an IT-Systemen, die sich basierend auf gewachsenen Strukturen der Unternehmen bis heute entwickelt haben. Typischer Weise kommen EDI Systeme bei regelmäßigen Geschäftsbeziehungen und einem häufigen Austausch von Daten und Informationen zum Einsatz.
Das Zusammentreffen von Internet, preiswerter Hard- und Software sowie dem Wettbewerbsdruck auf Unternehmen trug wesentlich zur Lockerung dieser starren Strukturen und zum allgemeinen Durchbruch des **e-Business** (Electronic Business) bei. Internetbasierte EDI-Lösungen ermöglichen beispielsweise kleineren Unternehmen, die sich bisher gegen Investitionen spezieller Softwarelösungen gewehrt haben, die Möglichkeit, sich mittels eines einfachen Browsers in einen Server ihrer Abnehmer (bzw. Lieferanten) einzuloggen und unter Abfrage von Zugangsdaten online einzelne Geschäftsprozesse zu bearbeiten und auszudrucken. Während der **Rationalisierungsvorteil** hier hauptsächlich seitens der Abnehmer liegt, bieten neue Konvertierungsverfahren die Möglichkeit, diese Daten wiederum in die eigenen Geschäftsprozesse zu integrieren.
Als Folge der Bemühungen um einen **einheitlichen Datenstandard** sind mit dem flexiblen XML-Format (eXtensible Markup Language) derzeit große Erwartungen verbunden. XML macht die Anwender unabhängig von spezifischen Datenformaten und ermöglicht auf Basis der Browsertechnologie den Austausch und die Weiterverarbeitung strukturierter Geschäftsdaten über das Internet. [2] [3]
Den höchsten Entwicklungsstatus im Bereich logistischer Informationssysteme wird derzeit dem Produkt R/3 von **SAP** beigemessen. Anfang der 90er Jahre wurde es auf der Basis eines umfassenden Unternehmensmodells neu konzipiert und ermöglicht es den Anwendern, ein Maximum an Geschäftsprozessen integriert zu betrachten und zu steuern.[4] Neben den klassischen logistischen Bereichen können auch Aspekte des Service- und Qualitätsmanagements, der Personalwirtschaft und des Rechnungswesens abgebildet werden.[5] Da bereits die Konzeption der Software eine redundante Datenhaltung vermeidet, stehen alle Informationen gleichzeitig und in **Echtzeit** allen aktiven Anwendungen des Systems zur Verfügung.
Auch im Bereich der Erfassung von Objekten und der Dokumentation des Materialflusses nimmt der Anteil automatisierter Erkennungsverfahren mittels Barcodes und Transponder (RFID) in jüngster Zeit kontinuierlich zu.

[1] WEBER, J.; DEHLER, M.: Erfolgswirkungen einer logistischen Führungskonzeption, 2001; S. 9
[2] www.glossar.de/glossar/z_edi.htm ; 2004
[3] ANONYMUS: Konzepte, Lösungen und Entwicklungen – Wird das Internet EDI verdrängen? 2004
[4] SCHMIDT, W., SCHULZ-SPAETHELF, J.: in GABLER LEXIKON LOGISTIK: Management logistischer Netzwerke und Flüsse, Wiesbaden, 1998, S. 195
[5] ebenda

3.1.5 Zusammenfassung

Obwohl derzeit vielfach der Eindruck entstehen könnte, es handele sich bei den Begriffen *Logistik* und *Supply Chain Management* eher um neumodische Schlagworte und vergängliche Managementphilosophien, so liegen zumindest deren gedankliche Ursprünge bereits einige Jahrzehnte zurück.
Während Logistik Anfang der 70er Jahre noch eher als notwendiges Übel angesehen wurde, so erkannte man im folgenden Jahrzehnt darin bereits ernsthafte Rationalisierungsvorteile, die in den 90er Jahren als Wettbewerbsvorteile gegenüber den Mitbewerbern ausgelegt wurden. Heutzutage wird die Logistik als zentraler Gegenstand eines Unternehmensprozesses angesehen.[1]
Mit der Integration möglichst aller Unternehmen entlang einer Wertschöpfungskette in Verbindung einer verstärkten **Prozeßorientierung** gewinnt die umfassendere Sichtweise des *Supply Chain Managements* zunehmend an Bedeutung.
Diese Entwicklung ist eng verknüpft mit rasanten Fortschritten in der Informations- und Kommunikationstechnologie. Der papiergestützte Informationsaustausch wird zunehmend mittels EDI durch einen elektronischen substituiert. Diese Daten lassen sich **betriebsübergreifend** nutzen, wodurch personalintensive **Mehrfacherfassungen** mit inhärenten Fehlerquellen entfallen. Kundennachfragen können ohne Zeitverluste entlang der Wertschöpfungskette gezielt bis zu den Rohstofflieferanten weitergeleitet werden und verlaufen somit entgegengesetzt zum Materialfluß. Dadurch können Unsicherheiten bei den einzelnen Akteuren verringert werden, was eine nachhaltige Reduktion von Lagerbeständen ermöglicht und ferner dem Phänomen des Bullwhip Effekts entgegenwirkt.
Eine durchgängige Transparenz bewirkt gleichzeitig eine Erhöhung der **Reaktionsgeschwindigkeit** von einzelnen Unternehmen und führt insgesamt zu deutlich kürzeren Durchlaufzeiten in der gesamten Kette, was zahlreiche Praxisbeispiele eindrucksvoll dokumentieren. Die steigende Bedeutung des Produktionsfaktors „Information“ kommt für eine Substitution von höhere Kosten verursachenden anderen Produktionsfaktoren deutlich zum Ausdruck durch den Ausbau computergestützter logistischer **Informationssysteme**.[2]
Welch großes Potential noch von der mobilen Kommunikation zu erwarten ist, läßt sich nur erahnen angesichts des außerordentlich hohen Betrages knapp von 50 Mrd. Euro, für den im Jahr 2000 die deutschen Lizenzen für das neue UMTS-System (Universal Mobile Telecommunications System) ersteigert wurden. Mit der gegenwärtigen Einführung dieser neuen Technik sind Übertragungsraten möglich, die 200mal schneller sind als die bisherige GSM-Technologie.
Mit zunehmender **Komplexität** von Logistikketten werden im Rahmen von allgemeinen Make or Buy Entscheidungen vielfach Steuerungsaufgaben und teilweise einzelne Unternehmensbereiche an Logistikdienstleister übertragen. Darin spiegelt sich ebenfalls der allgemeine Trend hin zu einer Wissensgesellschaft wider, in der die Nutzung und der Umgang mit Informationen eine zentrale Rolle spielen. Diese Transparenz und Verfügbarkeit von Informationen hat letztendlich zu einer Verlagerung von Prioritäten in einzelnen Wertschöpfungsketten geführt, wie sie nachstehende Abbildung 19 verdeutlicht.

[1] KUMMER, S. :Supply-Chain Management und E-Logistik, 2001
[2] RENNER, P.: Globalisierung und Kundenorientierung – ein Widerspruch? Anforderungen an die Logistik im globalen Netzwerk, 2000

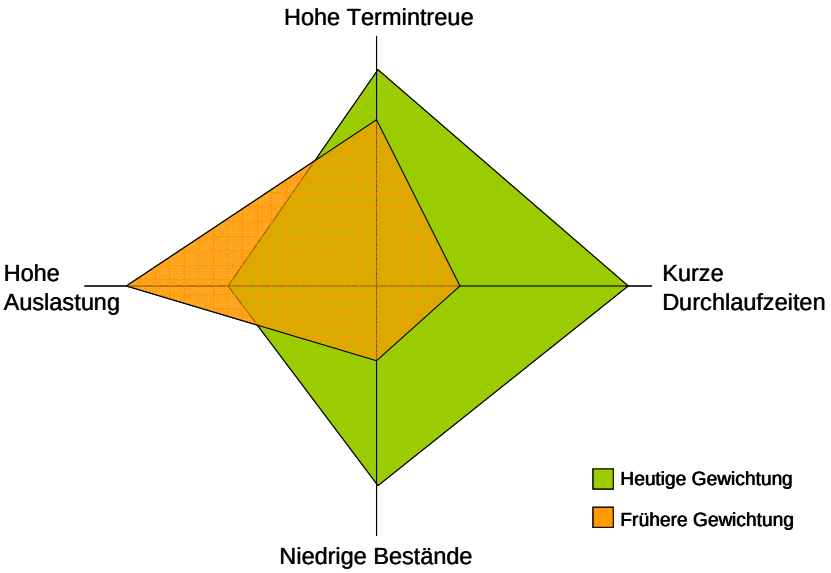


Abbildung 19: Magisches Ziel-Viereck der Logistik

Sehr deutlich ist die höhere Gewichtung von schnelleren Durchlaufzeiten sowie die Vermeidung von kapitalintensiven Lagerbeständen sichtbar, was in einigen Branchen eine verringerte Auslastung bewirkt. Gewandelte Ansprüche und neue Verkaufsformen (e-Commerce) erweitern die Kundenanforderungen um das Kriterium der Zeitqualität.[1] Die Gesamtqualität eines Produkts setzt sich demnach aus der Produktqualität und der **Zeitqualität** in Form einer pünktlichen Auslieferung zusammen.

Kurt Biedenkopf begründet vortrefflich die Bedeutung von Informationen mit seiner Definition:[2]

„Die Fähigkeit, mit Informationen umzugehen, sie zu strukturieren, durch richtige Fragestellungen erst fruchtbar werden zu lassen und auf diese Weise kreativ einzusetzen, gehört zu den knappsten Ressourcen in unserer Gesellschaft, die letzten Endes für unseren Wohlstand, unsere weitere Entwicklung und unsere Position auf dem Weltmarkt ausschlaggebend ist.“

[1] RENNER, P.: Globalisierung und Kundenorientierung – ein Widerspruch? Anforderungen an die Logistik im globalen Netzwerk, 2000

[2] BIEDENKOPF, K.: Symposium des Bundesverbandes deutscher Banken und der technischen Universität Dresden, 2000

3.2 Status Quo und Strukturwandel der deutschen Forst- und Holzwirtschaft

3.2.1 Allgemeine Kenngrößen

Deutschland ist ein Waldland, das seit langer Zeit vom Menschen genutzt und seit mehr als 250 Jahren durch eine geregelte Forstwirtschaft gemäß dem Grundsatz der Nachhaltigkeit bewirtschaftet wird. Im europäischen Vergleich ist Deutschland gleichzeitig eines der waldreichsten und bevölkerungsreichsten Länder. Die aktuellen Ergebnisse der zweiten Bundeswaldinventur (BWI II) belegen, daß rund 1,1 Mio. Hektar (= 31% der Landesfläche) mit Wald bestockt sind und Deutschland damit nahezu im europäischen Durchschnitt liegt. Mit rund 7 Einwohnern pro Hektar Wald ist Deutschland im Vergleich zu anderen waldreichen Ländern wie Österreich (47%) mit 2 oder Finnland (72%) mit lediglich 0,2 Einwohnern je Hektar dicht besiedelt.[1]
Obwohl beispielsweise die Waldfläche Finnlands mit 23 Mio. Hektar mehr als doppelt so groß ist wie die Deutschlands, ist der Vorrat, bedingt durch die höheren Zuwächse, in Deutschland mit 3,4 Mrd. m³ der **höchste in Europa**.[2] Dies entspricht einem Durchschnittsvorrat von 320 m³ pro Hektar.
Nach den Daten der BWI II liegt der jährliche Gesamtzuwachs in Deutschland auf einem Rekordniveau von 120 Mio. m³, der sich in etwa 80 Mio. m³ Derbholz und 40 Mio. m³ Waldrestholz aufteilt.[3] Kalamitätsbedingt schwankt der derzeitige Holzeinschlag zwischen 40 und 50.000 Mio. m³, wodurch das Einschlagspotential an Derbholz demnach nur knapp zur Hälfte ausgeschöpft wird.[4] Mit diesen Holzvorräten bildet die Forstwirtschaft die wichtigste Rohstoffbasis für die nachgelagerten Wirtschaftsbereiche. Im Gegensatz zur skandinavischen und österreichischen Holzindustrie, die ihren Rohstoffbedarf zu wesentlichen Teilen durch Importe abdecken müssen, kann die deutsche Holzindustrie sowie die Papier- und Zellstoffindustrie im Inland nachhaltig weiter mit Holz aus deutschen Wäldern wachsen.[5]
Aufgrund der teilweise sehr **kleinen Besitzstrukturen** (vgl. Abbildung 21, S. 69) wird die Anzahl an Waldbesitzen in Deutschland auf ca. 1,3 Millionen geschätzt, die durch den Holzverkauf jährlich rund 1,8 Mrd. Euro erwirtschaften.[6] In der heimischen Holz- und Papierwirtschaft wird mit 560.000 Beschäftigten ein Umsatz von 80,9 Mrd. Euro erwirtschaftet.[7] Das arbeitsmarktpolitische und wirtschaftliche Gewicht der Forst- und Holzwirtschaft wird jedoch bei dieser sektorspezifischen Betrachtungsweise deutlich unterschätzt, weil die hier produzierten Rohstoffe und Halbfertigwaren nicht berücksichtigt werden, welche für die nachgelagerten Bereiche wesentliche Vorleistungen darstellen. Im Zuge einer EU-weiten Neuabgrenzung werden neben den genannten Industriezweigen zusätzlich die Papier- und Pappeverarbeitung sowie –verpackung und das Druckerei- und Verlagswesen diesem Bereich, dem sogenannten „***Cluster Forst und Holz***“, zugeordnet.[8]

[1] BMVEL: Die zweite Bundeswaldinventur – Das Wichtigste in Kürze, 2004, S. 17
[2] ebenda, S. 39
[3] GABRIEL, O.: Holzvorräte auf Rekordniveau. Forst & Technik, 11/2004, S. 28
[4] ZMP: Forst und Holz. Marktbilanz 2004, S. 23
[5] GABRIEL, O.: Holzvorräte auf Rekordniveau. Forst & Technik, 11/2004, S. 28
[6] HOLZABSATZFONDS: Die deutsche Forstwirtschaft. Zahlen und Fakten, 2004, S. 6
[7] ebenda
[8] DIETER, M., THOROE, C.: Forst- und Holzwirtschaft in der Bundesrepublik nach neuer Sektorenabgrenzung, Forstwissenschaftliches Centralbaltt Nr. 122, 2003, S. 138

Innerhalb dieses Clusters waren 1997 knapp eine Million Menschen in etwa 90.000 Betrieben erwerbstätig und erwirtschafteten einen Umsatz in Höhe von etwa 100 Mrd. Euro.[1] Am Beispiel der „*Clusterstudie Forst & Holz NRW*" widerlegt SCHULTE (2003) Zahlen bisheriger Statistiken, die der Wertschöpfung der Holzwirtschaft gemessen am Bruttosozialprodukt eine relativ bescheidene Rolle beimessen. Durch die neue Sektorenabgrenzung konnte er für das Bundesland Nordrhein-Westfalen beweisen, daß der Cluster Forst und Holz sowohl bezüglich des Umsatzes als auch der Zahl an Beschäftigten gleichauf ist mit der umsatzstärksten Branche, dem Maschinenbau.[2]
Insofern sind die Forst- und Holzwirtschaft in Deutschland und Europa Wirtschaftszweige mit gesamtwirtschaftlicher Bedeutung und bieten als **Zukunftsbranchen** Wachstumspotentiale.
Betrachtet man den Pro-Kopf-Verbrauch an Holz, so liegt Deutschland mit einem Konsum von 1,14 m³ Rohholzäquivalente pro Kopf weit unter den Möglichkeiten der nachhaltig verfügbaren Ressourcen und noch unter dem europäischen Durchschnitt von 1,19 m³ Rohholzäquivalente pro Kopf.[3]
Mit der gerade verabschiedeten Charta für Holz wurde das ehrgeizige Ziel formuliert, den Pro-Kopf-Verbrauch von Holz und Holzprodukten in den nächsten zehn Jahren um 20 Prozent zu steigern. Dies bedeutet eine Erhöhung von 96 auf 115 Mio. m³.[4]

[1] DIETER, M., THOROE, C.: Forst- und Holzwirtschaft in der Bundesrepublik nach neuer Sektorenabgrenzung, Forstwissenschaftliches Centralbaltt Nr. 122, 2003, S. 138 ff.
[2] SCHULTE, A.: Nordrhein-Westfalen zieht Bilanz für Forst und Holz. Holz-Zentralblatt Nr. 74, 2003, S. 1018 f.
[3] BFH: Holzbilanzen für die EU und ihre Mitgliedsländer, 2001
[4] GENFORS, W.: Wirtschaftswachstum durch Waldnutzung. AFZ-Der Wald 14/2004, S. 740

3.2.2 Forstwirtschaft

3.2.2.1 Besitzverhältnisse und Nutzungspotentiale

Der deutsche Waldbesitz zeichnet sich durch eine hohe Strukturvielfalt, im Besonderen hinsichtlich Größe und Eigentümerinteressen, aus. Neben der klassischen Einteilung in Staats-, Privat- und Kommunalwald weist der Agrarbericht der Bundesregierung zusätzlich noch die Kategorien Bundes- und Treuhandwald aus (vgl. Abbildung 20).

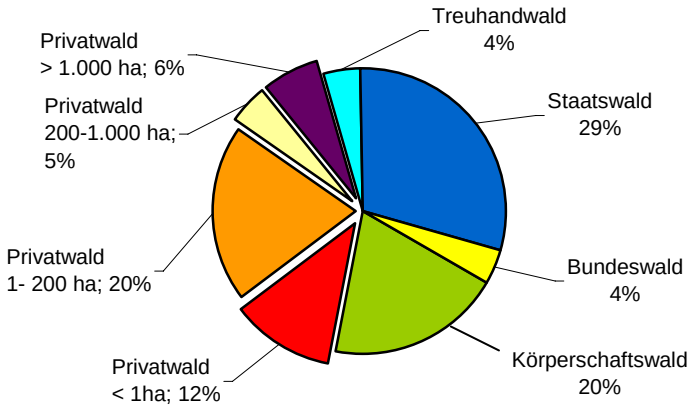


Abbildung 20: Besitzverteilung von Waldflächen [1]

Insbesondere hebt sich der mit 32% hohe Anteil an Privatwald unterhalb der Größenklassen von 200 ha ab. Somit könnte theoretisch die Bedeutung des Kleinprivatwaldes dem Staatswald gleichgesetzt werden, allerdings schmälert insbesondere dessen **Kleinstrukturiertheit** das Verkaufsvolumen am Holzmarkt. Während sich der Staatswald mit einem Anteil von 29% im Wesentlichen auf die Verwaltungen bzw. Forstbetriebe von 13 Bundesländer aufgliedert, dominiert in Deutschland der Privatwald mit 43% Flächenanteil. Dessen diffizile Verteilung verdeutlicht nachstehende Abbildung 21.

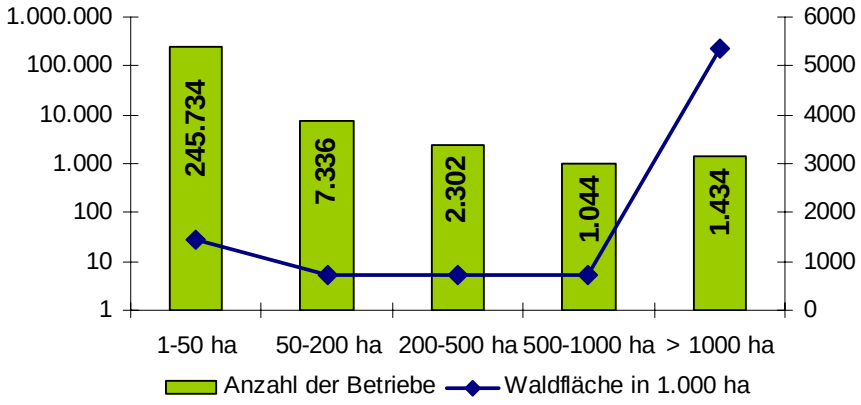


Abbildung 21: Struktur des Privatwaldes in Deutschland [1]

[1] Quelle: Agrarbericht der Bundesregierung, 2003, S. 38

Das hervorstechende Merkmal dieser Statistik ist, daß die geringe Anzahl an Großprivatwaldbesitzern mit über 1.000 ha nahezu die dreifache Fläche aufweist wie die sehr große Zahl an Kleinprivatwaldbesitzern. Die Waldfläche dieser kleinen „Betriebe“ beträgt knapp 20% der Gesamtfläche und ist hinsichtlich der Frage der **Mobilisierung zusätzlicher Vorräte** von zentraler Bedeutung. Gemessen an der Gesamtfläche liegt der Anteil der Klassen zwischen 50 und 1.000 ha jeweils bei rund 7%. Die Produktionsbedingungen der deutschen Forstwirtschaft sind somit wesentlich durch diese **heterogene Besitzstruktur** geprägt

Expertenschätzungen gehen davon aus, daß die Zahl an Waldbesitzern deutlich über einer Million liegt, da viele Kleinstbetriebe unterhalb der statistischen Abschneidegrenze liegen bzw. landwirtschaftliche Betriebe mit Waldbesitz oftmals nicht miteinbezogen werden. Da für diese Betriebe konkrete Aussagen zu jährlichen Vermarktungsmengen von Rohholz kaum möglich sind, werden in der offiziellen Statistik lediglich Zahlen für den Staats-, Privat- und Körperschaftswald erfaßt.

Betrachtet man den Holzeinschlag der vergangenen 20 Jahre, so ist mit der Sturmkatastrophe im Jahr 1990 und der Wiedervereinigung Deutschlands eine deutliche Zunahme der Vermarktungsmengen insbesondere im Staats- und Privatwald feststellbar. Unter Berücksichtigung kalamitätsbedingter Einschläge haben sich derzeit die Vermarktungsmengen im Staatswald bei etwa 17 Mio. m³, im Privatwald bei ca. 12 Mio. m³ und 9 Mio. im Körperschaftswald eingependelt.[2] Deutlich überwiegt dabei das Nadelholz mit dem Leitsortiment Fichte, Tanne, Douglasie mit einem Anteil von knapp 55% und der Kiefer, Lärche, Strobe mit knapp 22%.[3] Die bedeutendste Laubbaumart stellt die Buche mit rund 18% Anteil an der Gesamtmenge dar.[4]

[1] Quelle: Statistisches Jahrbuch, 2003, Tab 8.3, Seite 148

[2] ZMP: Forst und Holz. Marktbilanz 2004, Median der Einschlagsmengen zwischen 1990 und 2003, S. 23

[3] ZMP: Forst und Holz. Marktbilanz 2004, Median des Einschlags nach Holzartengruppen zwischen1990 und 2003, S. 24

[4] ebenda

3.2.2.2 Wirtschaftliche Rahmenbedingungen und Formen der Rundholzvermarktung

Entsprechend der Situation in anderen Branchen sieht sich auch die deutsche Forstwirtschaft gegenwärtig einschneidenden Veränderungen ausgesetzt, verursacht insbesondere durch die Auswirkungen der Globalisierung, einer arbeitsteiligen Wirtschaftsweise und der zunehmenden Mechanisierung.
Kontinuierlich ansteigende Energiekosten wirken sich teilweise nur unverhältnismäßig auf die Transportkosten aus. Dadurch stehen zahlreiche Branchen insbesondere bei Rohstoffen und Halbfertigwaren in einem direkten globalen Wettbewerb. Rohholz wird nicht mehr ausschließlich vor Ort auf dem regionalen Markt eingekauft, sondern in großen Mengen überregional und auf dem Weltmarkt erworben.
Die Erlöse aus der Vermarktung des Rundholzes stellen für die deutsche Forstwirtschaft die **bedeutendste Einnahmequelle**. Während die Lohnkosten in den vergangenen 40 Jahren kontinuierlich anstiegen, folgten die Holzpreise anfänglich noch diesem Trend, entwickelten sich aber ab dem Jahr 1980 stark gegenläufig und konsolidieren sich derzeit etwa auf einem Niveau von 1975 (vgl. Abbildung 22).

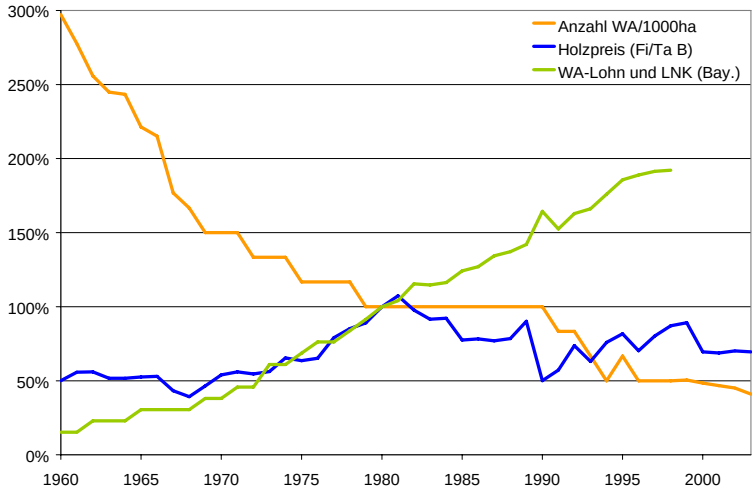


Abbildung 22: Entwicklung von Holzpreisen, Lohnkosten und Waldarbeitern (100% = 1980) [1]

Der Zwang zur Rationalisierung führte auf dem Gebiet der Holzernte, der betriebsintern größten Kostenstelle, gegen Ende der 1950er Jahre mit der Einführung der Ein-Mann-Motorsäge zu einer beträchtlichen Steigerung der technischen Arbeitsproduktivität. Die Zahl der Waldarbeiter konnte dadurch innerhalb eines Jahrzehntes von 1960 bis 1970 halbiert werden. Seit 1982 klafft die Preis-Kosten-Schere allerdings deutlich auseinender. Konnten 1981 mit dem Verkaufserlös von einem Festmeter Rundholz noch 1,2 Waldarbeiterstunden bezahlt werden, so waren es 1993 lediglich 0,3 Stunden.[2]
Ausgelöst durch die Sturmkatastrophe im Jahr 1990, wurde in einer zweiten Rationalisierungswelle die motormanuelle Holzernte zunehmend durch eine

[1] Quellen: Jahrbuch Statistisches Bundesamt, Jahresberichte Bay. Staatsforstverwaltung (darin wird ab dem Jahr 1999 der WA-Lohn nicht mehr aufgeführt)
[2] WARKOTSCH, W.: Der Wald als Arbeitsplatz der Zukunft, 1997, S.57

mechanisierte Aufarbeitung substituiert (vgl. Kap. 3.2.2.3 a), S. 74). Der Aufwand produktiver Stunden je Festmeter geerntetem Holz ist von acht Stunden (1960) auf knapp eine Stunde (1999) gesunken.[1] Die Senkung der Fixkostenbelastung von Forstbetrieben wurde in erster Linie durch den Abbau betriebseigener Regiearbeitskräfte realisiert und durch die Erhöhung der Fremdarbeitsquote sowie die gesteigerte Produktivität kompensiert.
Parallel verlaufende **Strukturveränderungen** in der holzbe- und verarbeitenden Industrie (vgl. Kap. 3.2.3, S. 81) lösten bei Forstbetrieben teilweise tiefgreifende Reorganisationsmaßnahmen mit ständig zunehmender Dynamik aus.
Das hervorstechende Merkmal ist die Abkehr vom Verkäufermarkt (***push-Prinzip***), bei dem sowohl Angebotsmenge und Zeitpunkt als auch in besonderem Umfang der Rundholzpreis vom Forstbetrieb bestimmt wird.
In dem inzwischen fest etablierten **Käufermarkt**, welcher sich konsequent an den Anforderungen der Kunden orientiert, wird dagegen ein möglichst bedarfsgerechter Materialfluß gemäß des **pull-Prinzips** angestrebt. Kriterien wie Termintreue, minimale Durchlaufzeiten, erhöhte Flexibilität und niedrige Lagerbestände gewinnen dabei zunehmend an Bedeutung.[2] Dies bedingt wiederum eine deutliche Intensivierung der Koordination und Kommunikation zwischen den beteiligten Partnern, wodurch die Disziplin der **Logistik** innerhalb der Versorgungskette Holz eine zentrale Stellung einnimmt. Obligatorisch ist im e-Commerce-Zeitalter der Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechnologie (IuK).
Im Rahmen strategischer und organisatorischer Überlegungen ersetzen vermehrt Zusammenschlüsse zwischen großen Forstbetrieben bzw. forstlichen Dienstleistern und der weiterverarbeitenden Industrien bisher übliche Geschäftsbeziehungen. Als Beispiele für derartige Fusionen sind die Kooperationen zwischen *Klenk* und *Thurn und Taxis* oder dem Hause *Mayr-Mellnhof* und den *Österreichischen Bundesforsten* anzuführen.[3] Derartige **Integrationsmodelle** gewähren der Industrie einen gewissen Zugriff auf Flächen bzw. den Rohstoff Holz in Form eines stehenden Lagers, das sich bedarfsgemäß mobilisieren läßt. Im Gegenzug ermöglicht diese eher langfristig ausgelegte Geschäftsbeziehung dem Forstbetrieb eine beständige Absatzmöglichkeit, die geringfügiger den üblichen Preisschwankungen des Marktes unterworfen ist.
In Deutschland wird derzeit noch der maßgebliche Anteil an Rundholz zwischen eigenständigen Betrieben vermarktet: dem Forstbetrieb auf der einen Seite, die Industrie bzw. der Handel auf der anderen.
Bis heute haben sich in Deutschland drei wesentliche Verkaufsformen ausgebildet:
Die traditionelle Variante stellt nach wie vor der **Verkauf an der Waldstraße** dar, wobei der Forstbetrieb den gesamten Prozeß der Holzernte übernimmt und dessen Kosten trägt. Die Aufarbeitung und Rückung übernehmen entweder eigene Regiearbeitskräfte und/oder forstliche Dienstleister.
Eine erweiterte Form ist der **Verkauf Frei-Werk**. Dabei wird neben der Ernte zusätzlich die Koordination und Anlieferung des Holzes zum Kunden durch den Lieferanten übernommen. In der Regel wird für diesen Komplettservice ein forstlicher Dienstleister beauftragt.
Bei beiden Vermarktungsformen obliegen die operationellen und organisatorischen Tätigkeiten der Holzernte maßgeblich der Verantwortung der Forstbetriebe. Dagegen übernimmt beim **Stockverkauf** diese Funktion weitgehend der Abnehmer, der das

[1] LANDESFORSTVERWALTUNG BADEN-WÜRTEMBERG: Jahresberichte 1960-1999
[2] HEINIMANN, R.: Logistik der Holzproduktion – Stand und Entwicklungsperspektiven, Forstwissenschaftliches Centralblatt Nr. 118, 1999, S.25
[3] ANONYMUS: Fusionen auch in der Forstwirtschaft; Holzkurier Heft 23, 2000, S.19

stehende Holz erwirbt und ebenfalls Ernte und Abtransport finanziert. Als Käufer fungiert in der Regel direkt die Holzindustrie oder ein Dienstleister.
Zur Verrechnung des gelieferten Holzes bzw. der geleisteten Dienstleistungen wird der Einzelstamm nach Länge und Durchmesser vermessen und in Abhängigkeit der Qualität einzelnen Güteklassen zugeordnet. Prinzipiell wird dabei nach Waldmaß und Werksmaß unterschieden.
Das **Waldmaß** wird durch eine händische Vermessung des Einzelstammes bzw. eines Polters im Wald erhoben. Im Falle der mechanisierten Holzernte wird das Harvestermaß ebenfalls dem Waldmaß zugeordnet. Während die Vermessung durch den Harvester automatisch im Zuge der Aufarbeitung - quasi kostenfrei - erfolgt, ist die manuelle Erhebung sehr zeit- und kostenintensiv.[1] [2] Deshalb wird vielfach lediglich nur noch die Stückzahl erfaßt bzw. das Volumen eines Polters geschätzt.
Bei der Anlieferung im Sägewerk wird der einzelne Stamm elektronisch von der sogenannten Werkseingangsvermessung vermessen. Bei Massensortimenten stellt dieses **Werksmaß** in der Regel auch das **Verkaufsmaß** dar, so daß Erhebungen im Wald lediglich als Kontrollmaß verwendbar sind. Derzeit sind in Deutschland 75 geeichte Rundholzvermessungsanlagen dokumentiert,[3] Expertenschätzungen gehen davon aus, daß etwa 60% der Stammholzverkaufsmenge im Werk vermessen wird.[4] Dagegen wird bei Langholz, das vielfach noch von kleineren Werken ohne eigene Vermessungsanlagen verarbeitet wird, das Waldmaß oft als Basis der Abrechung genutzt. Bei Industrieholz wird ebenfalls das im Wald erhobene Raummaß zur Verrechnung verwendet bzw. das im Werk ermittelte Trockengewicht.

[1] DUFFNER, W.: Gestaltung des Forstbetriebes im Jahre 2000, AFZ-Der Wald 47/1988, S. 1280
[2] HECKER, M. et al.: Wertschöpfungspotentiale und ihre Realisierung entlang von Holzernte- und Logistikketten, Forst und Holz 53/1998, S. 654 f.
[3] Rundholzvermessungsanlagen mit Forstlicher Sortierüberprüfung (FSÜ), Stand: 15.3.2004, www.werksvermessung.de
[4] VDS, Jahresbericht 2003/2004, S. 45 f.

3.2.2.3 Technologietrends und deren Auswirkungen

a) Holzernte

Wie bereits einleitend in Kapitel 3.2.2.2 (S. 71) dargestellt, erforderten veränderte Rahmenbedingungen nachhaltige Rationalisierungsmaßnahmen der Forstwirtschaft. Für den Bereich der Holzernte ermöglichte die mechanisierte Aufarbeitung durch Vollernter, sogenannte Harvester, im Vergleich zur motormanuellen Aufarbeitung von Schwachholz eine **Produktivitätssteigerung um den Faktor 10**.[1]
Eine Vorreiterrolle bezüglich der Entwicklung dieser Erntemaschinen und dem Einsatz in der Praxis ist insbesondere finnischen und schwedischen Unternehmen zuzuschreiben. Während erste Prototypen bereits Anfang der 70er Jahre vorgestellt wurden, fanden bereits Mitte der 80er Jahre umfangreiche Praxiseinsätze in Skandinavien statt.[2] Mit der Sturmwurfaufarbeitung im Jahre 1990 etablierte sich die Harvestertechnik schließlich auch in Deutschland, die in den folgenden Jahren einen explosionsartigen Anstieg verzeichnen konnte, wie es nachstehende Abbildung 23 verdeutlicht.

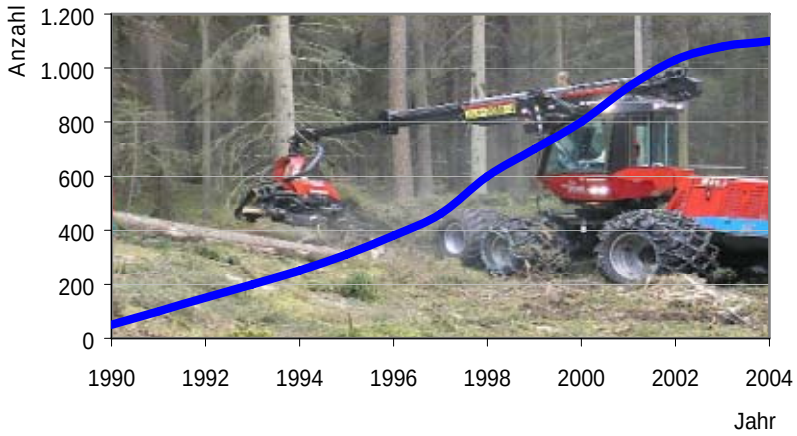


Abbildung 23: Anzahl von Harvester in Deutschland [3]

Mit der Einführung von Raupenharvestern, aufgebaut auf herkömmlichen Baumaschinen, wurde durch die hohe Standsicherheit auch der Zugang in Hanglagen möglich. Mittels tiltbarer Oberwagen läßt sich die Kabine in eine waagrechte Position nivellieren, so daß Neigungen bis zu 60% befahren werden können. Durch die großen Hubkräfte der Maschinen ist ferner die pflegliche Aufarbeitung von Starkholz über Naturverjüngung bei Kranreichweiten bis zu 15 Metern möglich. Kombimaschinen wie der Harwarder, eine Verknüpfung von Harvester und Forwarder, sind inzwischen in der Lage, erfolgreich bestimmte Nischen zu besetzen.[4]
Ausgehend von Entwicklungen in der Sägeindustrie (vgl. Kap. 3.2.3.2, S. 83) verstärkte sich mit zunehmend mechanisierter Aufarbeitung der Trend zur **Kurzholzmethode** („*cut to length*"), der Aushaltung von sogenannten Fixlängen bzw. PZ (***P**rofil**z**erspaner*)-Abschnitten (3–5 m) bis zum Sägerundholzzopf und von

[1] WARKOTSCH, W.: Der Wald als Arbeitsplatz der Zukunft, 1997, S.58
[2] OHRNER, G.: Der Siegeszug der Harvester, LWF aktuell Nr. 26, 2000, S. 5
[3] Quellen: MAHLER & PFEIL (1998), WARKOTSCH (1999), DÜRRSTEIN (2000), NICK (2004)
[4] VON BODELSCHWINGH, E, PAUSCH, R.: Der Valmet 801 Combi – Erster Praxis Einsatz in Deutschland, AFZ-Der Wald 17/2004, S. 858 ff.

Industrieholz (IS) in 2 m Längen. Das klassische Langholz nach Heilbronner Sortierung (8-21m) wird in erster Linie bei motormanuellen Ernteverfahren ausgehalten, da sich insbesondere bei der Rückung das **Stück-Masse-Gesetz** vorteilhaft auswirkt. Prinzipiell kann auch Langholz maschinell aufgearbeitet werden, was jedoch in der Regel Produktivitätseinbußen und erhöhte Schäden am verbleibenden Bestand zur Folge hat.[1]
Ein wesentlicher Vorteil der Harvesteraufarbeitung ist, daß die Abschnitte getrennt nach Sortimenten an der Rückegasse konzentriert abgelegt werden. Dagegen kommen bei motormanueller Holzernte gewöhnlich seilgestützte Verfahren zum Einsatz, um das Holz zunächst aus der Fläche an die Gasse zu ziehen (*Vorliefern*) und schließlich an die Waldstraße zu transportieren (*Rücken*).[2] In Sinne eines günstigeren Stück-Masse-Verhältnisses werden bei der Rückung von Schwachholzsortimenten oft Mehrfachlängen von PZ-Abschnitten ausgehalten, was analog zur Langholzaufarbeitung durch den Harvester höhere Schäden am verbleibenden Bestand verursacht.[3]
Mit der Kurzholzmethode etablierte sich gleichzeitig die Rückung durch Tragschlepper, sogenannte Forwarder, als **Standardarbeitsverfahren**.
Dieses zeichnet sich insbesondere dadurch aus, daß das vom Harvester aufgearbeitete Holz mittels Kran auf den Rungenkorb des Forwarders geladen und im Vergleich zu Seilverfahren nicht mehr hinter der Maschine nachgezogen wird. Diese vereinfachte Form der Manipulation ermöglicht ein pflegliches Laden der Abschnitte auch unter beengten Platzverhältnissen im Bestand sowie das gezielte Aufsetzen zu Poltern an der Waldstraße.
Obwohl national wie international Anbaugeräte für Schlepper, wie etwa Seilwinden, Rückewagen oder Seilanlagen, nach wie vor ein wichtiges Marktsegment darstellen, ist der generelle **Übergang zu Spezialmaschinen** unübersehbar. Mit Steigerung der Leistungsfähigkeit sowie der Ausweitung der Harvestertechnologie auch auf Starkholzsortimente nahm das Eigengewicht der Maschinen in den vergangenen Jahren deutlich zu. Die Oberklasse von Radharvestern liegt inzwischen oberhalb von 20 t, die in Deutschland eingesetzten Forwarder erreichen derzeit Leergewichte bis zu 17 t. Sowohl technische Verbesserungen, wie fortschrittliche Reifentechnologien, der Einsatz von Bändern und hydrostatische Antriebe, als auch Erkenntnisse aus wissenschaftlichen Untersuchungen ermöglichen bei fachgerechtem Einsatz jedoch eine für Boden und Bestand pflegliche Holzernte.
Gemäß dem Motto „*kein Fuß auf den Boden, keine Hand an das Holz*“ konnte im Zuge der Mechanisierung die **Ergonomie** bei der Waldarbeit nachhaltig verbessert werden, was sich auch in dem deutlichen Rückgang an Arbeitsunfällen bei der Holzernte niederschlägt.[4] Während der Motorsägenführer direkt Witterung und Temperatur sowie Abgasen und Vibrationen ausgesetzt ist und in unmittelbarer Nähe der Gefahrenquellen arbeitet, befindet sich der Arbeitsplatz eines Harvesterfahrers in einer sicheren, klimatisierten Kabine. Gleichzeitig findet damit auch eine Verlagerung von der physischen Belastung des Waldarbeiters zu der mentalen Beanspruchung des Maschinenführers infolge von teilweise langen Arbeitszeiten, Terminstreß und monotoner Tätigkeit statt.[5] [6] Durch die fortschreitende Technisierung steigen ferner

[1] WEIXLER H., et al.: Produktivität und Pfleglichkeit eines Langkran-Harvesters. 1997, S. 27 f.
[2] LÖFFLER, H.: Forstliche Verfahrenstechnik (Holzernte), 1991, S. 209 ff.
[3] PAUSCH, R.: Ein Systemansatz zu Arbeitsvolumen und Kosten, 2002, S. 134 f.
[4] BAYERISCHE STAATSFORSTVERWALTUNG: Jahresberichte und Statistikbände 1980 bis 2003
[5] WARKOTSCH, W.: Der Wald als Arbeitsplatz der Zukunft, 1997, S.58 f.
[6] BAUMEISTER, B.: Ergonomie in Harvestern. 2003, S. 21 ff.

die Ansprüche an die **Qualifikation der Fahrer** kontinuierlich an. Neben forstlichen und holztechnologischen Aspekten treten vermehrt Kenntnisse aus Bereichen des Maschinenbaus, der Hydraulik, Elektronik und EDV in den Vordergrund. Da die Aufarbeitungsgeschwindigkeiten von leistungsfähigen Harvesteraggregaten das menschliche Reaktionsvermögen deutlich überfordern, wird die Steuerung teilweise durch **Automatikfunktionen** übernommen, welche bezüglich der Aushaltung von Abschnitten auf im System hinterlegte Kriterien zurückgreifen (vgl. Kap. 3.2.2.3 c), S. 78).[1]

b) Holztransport

Die Nutzung von Holz bedingt neben dem Geländetransport im Wald auch den Ferntransport des Rohholzes zur weiterverarbeitenden Industrie. Dienten früher einfache Hilfsmittel wie die Trift und Flößerei, der Schlitten oder Viehfuhrwerke dazu, das Holz aus dem Wald zu schaffen, so wurden sie später nach und nach durch die Eisenbahn und schließlich den LKW ersetzt, der sich bis heute als das **Standardtransportmittel** bewährt hat.
Charakteristisch für den Transport von Rohholz ist die vielfältige und reichlich Laderaum beanspruchende Fracht, welche über unterschiedliche Entfernungen auf Straßen verschiedenen Ausbaugrades - von einfachen Erdwegen bis zu geteerten Autobahnen - transportiert werden muß. Die Transportmengen können bei einheitlichen Sortimenten aufgrund des Wassergehaltes im Holz erheblich variieren. Abgelagertes und/oder entrindetes Holz kann in deutlich größeren Mengen transportiert werden als frisch gefälltes oder naßgelagertes Rundholz. In Deutschland stellt die Straßenverkehrsordnung (StVO) einen restriktiven Faktor dar, die das zulässige Gesamtgewicht für LKW´s derzeit auf **40 t begrenzt**. Im europäischen Vergleich stellt diese Reglementierung inzwischen die **Untergrenze** dar. In Österreich sind seit 2004 unter gewissen Voraussetzungen Tonnagen bis zu 44 t gestattet, in den Nordischen Ländern wurde bereits Anfang der 90er Jahre das zulässige Gesamtgewicht von 52 t auf 60 t angehoben[2], wodurch sich in etwa eine **Verdoppelung** der Ladekapazität gegenüber deutschen Verhältnissen einstellt.
Der Übergang zu der leistungsfähigen Profilzerspaner-Technik in der Sägeindustrie sowie die Etablierung der Kurzholzmethode im Forstbereich hatte ebenfalls Auswirkungen auf den Rundholztransport. Dominierten einst ausschließlich *Langholzfahrzeuge* das Bild auf den Rundholzplätzen, so sind es heute in erster Linie **Kurzholzzüge** (Abbildung 24), die für den Transport eingesetzt werden. Typisch für einen Kurzholz LKW ist der am Heck der Zugmaschine integrierte Ladekran sowie ein zwei- oder dreiachsiger Rungenanhänger. Je nach Fahrzeugkonfiguration lassen sich Abschnitte zwischen zwei und fünf Meter Länge transportieren.

Abbildung 24: Kurzholzzug [3]

[1] BERGMANN, A.: Kundenorientierte Rohholzbereitstellung bei vollmechanisierter Holzernte, 1997, S. 46 ff.
[2] ANDERSSON,G., CARLSSON, D.: Efficient haulage, in techniques for profitable and sustainable forestry, Report no. 2. The Research Institute of Sweden, 1997
[3] Quelle: Screenshot www.huttner.de

Beide Fahrzeugtypen sind von der Bauform so unterschiedlich, daß mit einem Kurzholzzug kein klassisches Langholz und mit einem typischen Langholzfahrzeug mit Nachläufer (Abbildung 25 a), b)) kein Kurzholz transportiert werden kann. Allerdings läßt sich der Nachläufer eines Langholz LKW in kurzer Zeit durch eine sogenannte Einhängebrücke austauschen, wodurch das Fahrzeug nun als *Sattelzug* (Abbildung 25 c)) auch für den Transport von Kurzholz einsetzbar ist.

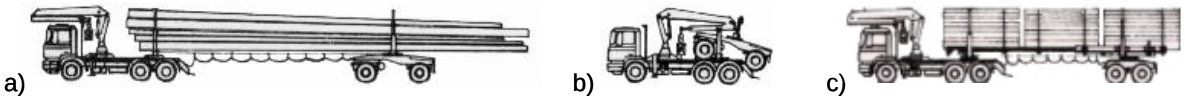


Abbildung 25: Flexible Nutzung von Langholzfahrzeugen [1]

Der Flexibilitätsvorteil dieser Lösung wird allerdings durch ein hohes **Leergewicht** der Fahrzeuge teuer erkauft, da der Transport von schwerem Langholz eine massivere Grundkonstruktion sowie einen leistungsstarken Kran erfordert. Somit pendelt sich das Gewicht von Langholzfahrzeugen zwischen 18 und 22 t ein[2], während neuartige Kurzholzzüge in Leichtbauweise bereits ab 14,5 t auf dem Markt verfügbar sind.[3] Rein rechnerisch ergibt sich daraus eine rund 4 t höhere **Nutzlast**, welche ein wesentliches Kriterium für die Transportleistung und somit auch für die Kosten darstellt.
Bedingt durch ihre Bauform und Aufbauten sind Rundholz-LKWs eher **Spezialfahrzeuge**, die sich für alternative Transporte wenig eignen. Lediglich in Ausnahmefällen werden Rohre oder Schnittholz transportiert. Des weiteren muß der Fahrer zusätzlich die mitunter anspruchsvolle und je nach Witterung unangenehme Kranarbeit beherrschen.
Seit einigen Jahren kommen sogenannte **Trailerverfahren** zum Einsatz, die mit kranlosen Zugmaschinen ohne Allradantrieb auf **standardisierte Fahrzeugtechnik** zurückgreifen, um dadurch eine weitere Optimierung der Nutzlast sowie der Fahrzeugkosten zu erzielen. Einer Zugmaschine werden dabei mindestens zwei Sattelauflieger, sogenannte Trailer, zugeordnet. Das Leergewicht eines derartigen Gespannes liegt je nach Konfiguration zwischen 14 und 16 t, wodurch sich eine Nutzlast zwischen 24 und 26 t ergibt.[4]
Bei diesem Verfahren wird ein leerer Auflieger im Wald abgestellt und im Austausch ein beladener Trailer aufgesattelt und abtransportiert. Die Beladung vor Ort erfolgt entweder direkt durch den **Forwarder** oder durch einen Kurzholzzug. Bei der zweiten Variante unterscheidet man zwischen der **Parallelverladung**, bei der der Sattelzug parallel zum ladenden Kurzholzzug steht, und dem **Shuttle-Verfahren**, bei dem das Holz zunächst auf den Kurzholzzug geladen wird, der damit einen bereitstehenden Trailer anfährt und die Ladung auf diesen umlädt.
Mit ansteigender Transportentfernung rücken neben dem LKW zunehmend auch **alternative Verkehrsträger** in den Vordergrund. In Deutschland hat sich beim Rundholztransport neben dem *Schiff* die *Bahn* als wichtiger Marktpartner etabliert. Im Rahmen strategischer und ökonomischer Überlegungen wurde allerdings die Zahl

[1] Quelle: Screenshot www.huttner.de, mod.
[2] KRIEGHOFF, T.: Heute eingesetzte Fahrzeugtechnik zum Rundholztransport im Straßenverkehr, 2003
[3] Telefonische Mitteilung Niklas HUTTNER, 25.03.2004
[4] VON BODELSCHWINGH, E.: Rationalisierungsmöglichkeiten beim Rundholztransport durch das System „ValmeTrailer, Abschlußbericht, 2004, S. 5.

der Verladebahnhöfe in den vergangen Jahren deutlich reduziert, so daß gegenwärtig bundesweit knapp 400 Bahnhöfe für die Rundholzverladung zur Verfügung stehen.[1] In diesem Zusammenhang stellen die Kosten der **Vorfracht**, des Transports vom Wald zum Verladebahnhof, ein wichtiges Kriterium für die Wirtschaftlichkeit dieser kombinierten Transportverfahren dar. Bedingt durch diesen **Transportbruch** wird der Holztransport mit Ganzzügen erst ab Entfernungen von über 250 km rentabel.[2]
In Branchen mit Massengütern ist der Transportkostenanteil gemessen am Umsatz generell relativ hoch, bei der Sägeindustrie beträgt er 8-10%, für Industrieholz müssen je nach Sortiment 20-30% angesetzt werden.[3] [4] Zudem wurde im Jahr 2005 in Deutschland eine streckenabhängige **Maut** für LKWs eingeführt, welche bei einem durchschnittlichen Kostensatz von 0,15 €/km und einer Fahrleistung von 100.000 Autobahnkilometern Mehrkosten zwischen 10.000 und 17.000 € pro Jahr verursacht.[5] Für den Rundholztransport bedeutet die Einführung dieser Schwerlastabgabe eine **Kostenerhöhung** um 10 bis 20%.[6] [7]

c) Datenverarbeitung

Analog zu anderen Brachen hält auch in der deutschen Forstwirtschaft seit Anfang der 80er Jahre die elektronische Datenverarbeitung Einzug. Eines der ersten praxistauglichen mobilen Datenerfassungsgeräte (MDE) stellte das EG 10 der Firma Latschbacher dar, welches eigens für die Aufnahme von Rundholz im Wald konzipiert wurde. Neben der Erfassung von Einzelstämmen ist ferner eine einfache Datenweiterverarbeitung sowie die Ausgabe auf einen Drucker möglich. Im weiteren Verlauf wurden spezielle Softwarelösungen für den PC entwickelt, welche sich durch einzelne Module den individuellen Anforderungen der Kunden anpassen lassen. Durch die Übernahme der Daten aus den MDE-Geräten lassen sich betriebsinterne **Medienbrüche** sowie **Mehrfacherfassungen** vermeiden.
Zur Verarbeitung flächenbezogener Daten kommen bei größeren Forstbetrieben **Geografische Informationssysteme** (GIS) zum Einsatz. Durch Verschneidung mit einer Datenbank lassen sich entsprechende Informationen als *Overlay* abbilden und mit Kartenmaterial bzw. Luftbildern hinterlegen (Abbildung 26 a)). Anfänglich vornehmlich für Forsteinrichtungszwecke genutzt, gewinnt detailliertes Informationsmaterial zur Planung und Steuerung von Holzerntemaßnahmen gegenwärtig stark an Bedeutung.[8]
Ab Mitte der 90er Jahre basiert die Weiterentwicklung der Harvestertechnologie wesentlich auf einer computerunterstützten Steuerung der Maschinen.[9] Präzise Vermessungssysteme im Aggregat ermöglichen in Kombination mit rechnergestützten Schaftformprognosen bereits im Wald eine **wertoptimierte Aushaltung** der Abschnitte. Das System greift dabei auf hinterlegte

1 STINNES LOGISTICS: Holzverladebahnhöfe in Deutschland, 2004
2 VORHER, W.: Zellstoffwerke in Deutschland, AFZ-Der Wald 26/2000, S. 1390 f
3 FUNK, M.: Strategien des Forstbetriebes zur wertschöpfungssteigernden Prozeßoptimierung in der Holzbereitstellung; 1999
4 ANONYMUS: Deutscher Forstwirtschaftsrat und Deutscher Holzwirtschaftsrat fordern bessere Rahmenbedingungen, Pressemitteilung DFWR, 2000.
5 KÖSTERS, C.: Betriebliche Kostenwirkungen der LKW Maut, 2003, S. 6
6 EBERHARDINGER, A.: Schleifholzanlieferung in der Papierindustrie, 2004, S. 56
7 SCHITTER, S.: Logistik bei Holz Binder unter dem Einfluß des Road Pricing, 2003
8 VON ITZENPLITZ, C.: Logistik – der Schlüssel zum Erfolg, AFZ-Der Wald 17/2004, S. 1390 f.
9 BERGMANN, A.: Kundenorientierte Rohholzbereitstellung bei vollmechanisierter Holzernte, 1997, S. 53 f.

Aushaltungskriterien zurück und gleicht diese mit einer Preismatrix der einzelnen Sortimente ab, um eine möglichst optimale Einteilung für den einzelnen Baum zu erreichen.[1] Der Maschinenführer erhält über ein Display sämtliche Informationen zu dem aktuellen Abschnitt und teilt diesen entsprechend seiner Qualität in Güteklassen ein (Abbildung 26 b)).

a) b)

Abbildung 26: Bordcomputer eines Harvesters a) Kartenmodus [2] b) Produktionsmodus [3]

Neben den Produktionsdaten eines Hiebes lassen sich über den Bordcomputer des Harvesters eine Vielzahl von Maschinendaten, wie etwa Unterbrechungen, Fahrstrecken, Treibstoffverbrauch, etc., erfassen. Bereits im Jahr 1987 erkannte man am schwedischen Forschungsinstitut *Skogforsk* den Bedarf eines einheitlichen **Datenstandards** und entwickelte in Zusammenarbeit mit den Maschinenherstellern das Format *StanForD*, welches seit 2002 auch in das universelle XML-Format (vgl. Kap. 3.1.4, S. 62) (*StanForD-XML*) konvertiert werden kann.[4]
Dadurch können mit den verschiedenen Auswertungsprogrammen der einzelnen Hersteller die Produktionsdaten maschinenunabhängig eingelesen und in Listenform als detailliertes **Harvestermaß** ausgegeben werden (vgl. Abbildung 89, Anhang 4, S. 200).
Bereits 1997 stattete der Forstmaschinenhersteller PONSSE einen Großteil der Harvester für den finnischen Markt mit einem in den Bordrechner integrierten **GPS**-Empfänger (Global Positioning System) aus, wodurch parallel Daten der geernteten Sortimente und die Fahrstrecken der Maschine aufgezeichnet werden (Abbildung 26 a)). Somit kann der Maschinenführer auch in ihm unbekannten Waldgebieten selbständig arbeiten und problemlos Hiebsgrenzen einhalten bzw. Folgeflächen auffinden.
In dem Holzbeschaffungs-Lenkungssystem „EPO“ des finnischen Konzerns ENSO sind die Einheiten Harvester, Forwarder und LKW über Bordcomputer und mobiler Datenübertragung via GSM mit der Zentrale verbunden.[5] Die Holzerntemaschinen arbeiten den per **e-mail** erhaltenen Arbeitsauftrag ab und senden am Ende der Arbeitsschicht die Informationen über aufgearbeitete Holzmengen und mittels GPS verorteten Holzpolter an den Disponenten. In einem **Optimierungsprogramm** werden die einzelnen Posten unter Berücksichtigung benötigter Holzmengen und

[1] ebenda: S. 64 ff.
[2] Screenshot Logistiksoftware „GeoMail“, Quelle: BAUER, VON BODELSCHWINGH, 2003
[3] Screenshot Vermessungssystem „Timbermatic 300“, Quelle: www.timberjack.com
[4] ARLINGER, J.: StanForD, Quelle: www.skogsforsk.se
[5] SAVOLA, J., JOKINEN, O.: Eine finnische Lösung für die Holzernte; AFZ-Der Wald 13/1995, S.687

Annahmezeiten der Entladestellen zu Transportaufträgen verarbeitet. Durch das Überschreiten **organisationsinterner Grenzen** entstehen ausgedehnte Tagesrouten, wodurch der Anteil an Leerfahrten deutlich reduziert wird.[1] Jeden Morgen werden die Frachtaufträge elektronisch an die LKWs versandt, die GPS-gesteuert die Holzlagerorte anfahren. Nach Beendigung des Ladevorgangs übermittelt der Fahrer das geladene Sortiment und die geschätzte Ankunftszeit im Werk. Auf dem zentralen Server des Disponenten wird die abgefahrene Menge dokumentiert und automatisch von dem Restpolter im Wald abgezogen.
Obwohl auch für deutsche Verhältnisse technische Lösungen für eine Vernetzung der einzelnen Partner der Holzerntekette zu inzwischen erschwinglichen Preisen vorhanden sind, wurden sie bisher **nicht** in nennenswertem Ausmaß **umgesetzt**.[2] Das Werksmaß hat sich bereits seit langer Zeit als Basis für die Abrechnung von Sägerundholz etabliert, dennoch wird die Weitergabe dieser Daten in elektronischer Form und die direkte Übernahme in die Software der Lieferanten de facto kaum praktiziert.[3] Eine Trendwende konnte auch durch den anläßlich der *Interforst* in München 2002 vorgestellten Datenstandard **ELDAT** bislang nicht erreicht werden.[4]
Sowohl die kleinen Strukturen und die **fehlende Integration** von Forst- und Holzwirtschaft als auch insbesondere die mangelnde Bereitschaft zu Veränderungen sind als hemmende Faktoren für Innovationen anzuführen.[5]

[1] DALKOVSKI, K.: Machbarkeitsstudie einer Transportkooperation in der schwedischen Forstwirtschaft mittels Befragungen und Literaturstudie, S. 101 f.
[2] MÖHLER, W.: Prozeßoptimierung in der Praxis, AFZ-Der Wald 11-12/2002, S.580 f.
[3] SOPPA, R.: ELDAT im Stau?, Forst & Technik 12/2004, S. 28
[4] VON BODELSCHWINGH, E.: Ein typisches Sinnbild für mangelnde Innovationsbereitschaft der gesamten Branche? Holz-Zentralblatt Nr. 38/2005, S. 470
[5] WARKOTSCH, W.: Reengineering der Rundholzlogistik, Vortrag Deutscher Sägewerkskongreß, 2001

3.2.3 Holzwirtschaft

3.2.3.1 Markt und Strukturdaten

Die inländische Holzwirtschaft ist als Weiterverarbeiter von Rundholz eine der bedeutendsten Marktpartner der deutschen Forstwirtschaft. Allgemein wird nach zwei Gruppierungen unterschieden, der holzbearbeitenden und der holzverarbeitenden Industrie.
Neben der Sägeindustrie gehört unter anderem die Holzwerkstoffindustrie der Gruppe der **holzbearbeitenden Industrie** an, die in der Regel Halbfertigwaren herstellt.[1] Zur **holzverarbeitenden Industrie** zählen insbesondere die Papier- und Zellstoffindustrie sowie die Möbelindustrie, deren Produkte direkt an den Endkunden ausgeliefert werden.
Auf den ersten Blick ist die Struktur der deutschen Holzindustrie wesentlich geprägt durch gewachsene Standorte im Westen und große integrierte Betriebe im Osten, die nach der Wiedervereinigung mit teilweise hohen Subventionen auf der „grünen Wiese" errichtet wurden. Die gesamte Branche ist seit mehreren Jahrzehnten einem kontinuierlichen **Strukturwandel** unterworfen, der durch die geographische Lage Deutschlands nach der politischen Wende und der wirtschaftlichen Entwicklung Europas eine zusätzliche Dynamik erfahren hat.[2] Generell wird unter Strukturwandel die Veränderung in der Anzahl und der Größe von Unternehmen verstanden, die in der Regel als Folge von **Konzentrationsprozessen** zu größeren Betriebseinheiten führt.[3] Exemplarisch sei an dieser Stelle die Übernahme des größten österreichischen Sägewerkes *Schweighofer* durch *Stora Enso* und die Veräußerung der deutschen *Haindl Papier GmbH* an den finnischen Konzern *UPM Kymmene* bei einem Kaufpreis von 3,85 Mrd. Euro genannt.[4] Primär ist dieser Trend jedoch nicht rohstoffbedingt, sondern erfolgt aufgrund gesamtwirtschaftlicher Bedingungen im Zuge der EU-Osterweiterung und den andauernden Globalisierungsbestrebungen.[5] Die unübersehbare Folge ist allerdings das Ausscheiden von Unternehmen und ein **verschärfter Wettbewerb** unter den Verbleibenden.[6]
Zusätzlich beschleunigt wird dieser Strukturwandel durch neue Fertigungsprozesse und Produktpaletten sowie veränderte Absatz- und Beschaffungsmärkte.[7] In zunehmenden Maße werden in einem Verdrängungswettbewerb Massivholzerzeugnisse der Sägeindustrie durch neue hochwertige Holzwerkstoffe substituiert. Waren dies in der ersten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts Holzfurniere, Sperrhölzer und Faserplatten, so dominieren heute Spanplatten, MDF- und OSB-Werkstoffe.[8]
Obwohl mitunter die einzelnen Industriezweige bei einem bestimmten Sortiment auch als Wettbewerber auf dem Markt aufeinandertreffen, ist speziell die Sägeindustrie mit dem Sägerestholz, einem Kuppelprodukt der Schnittholzerzeugung, ein wichtiger Zulieferer für die Papier- und Zellstoffindustrie sowie die Holzwerkstoffindustrie.

[1] KROTH, W., BARTELHEIMER, P.: Holzmarktlehre, 1993, S.51
[2] RETTENMEIER, J.: Mittel- und langfristige Entwicklungen der Holzindustrie als Herausforderung für gemeinsame Anpassungsprozesse mit der Forstwirtschaft, 2000
[3] THOROE, C.: Technischer Fortschritt als Triebkraft der Entwicklung, 2000
[4] ANONYMUS: Haindl Papier geht nach Finnland. Die Welt, 30.5.2001
[5] DEPPE, H.-J.: Zum Strukturwandel in der Holzindustrie, 2000
[6] LÜCKGE, F.J.: Internationale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Sägeindustrie, Forst und Holz, 12/1998, S. 374
[7] THOROE, C.: Technischer Fortschritt als Triebkraft der Entwicklung, 2000
[8] DEPPE, H.-J.: Zum Strukturwandel in der Holzindustrie, 2000

Gegenwärtig tritt in gewissen Regionen die allgemeine **Rohstoffkonkurrenz** sehr deutlich zwischen der Zellstoff- und Plattenindustrie zu Tage, eine weitere Verschärfung ist durch die derzeit stark ansteigende Zahl an Biomasse-Kraftwerken zu erwarten.[1] Im direkten Vergleich sinkt der Anteil der Holzkosten an den Produktionskosten in der Rangfolge Säge-, Holzwerkstoff-, Zellstoff-, Papierindustrie und bleibt neben den Kapital- und Energiekosten, Steuern und Personalkosten ein **wichtiger Standortfaktor**.[2]

[1] ROEDER, H.: Entwicklungen in der Forst- und Holzwirtschaft, 2003

[2] KELLER, B.: Bedarf und Ansprüche an die Rohstoffe für die Papierherstellung, AFZ-Der Wald 26/2000, S. 1384 f.

3.2.3.2 Sägeindustrie

Sägewerke gehören zu den am frühesten entstandenen holzwirtschaftlichen Betrieben, deren historische Entwicklung und Tradition noch heute charakterbestimmend sind.[1] Ein nicht unerheblicher Teil der Unternehmen ist familienbetrieblich bis mittelständisch geprägt, in letzter Zeit gewinnen jedoch gerade hochproduktive Großbetriebe an Bedeutung. Bei eher **sinkenden Erträgen**, Konzentrationen auf der Abnehmerseite, ständigem Innovationszwang sowie dem Druck zur Produktentwicklung und Weiterveredelung nimmt der Bedarf an Kapital stetig zu.[2] Letztendlich leitete der Siegeszug der **Profilzerspaner-Technik** in den 80er Jahren den radikalen Strukturwandel in der deutschen Sägeindustrie ein, wie es nachstehende Abbildung 27 verdeutlicht.

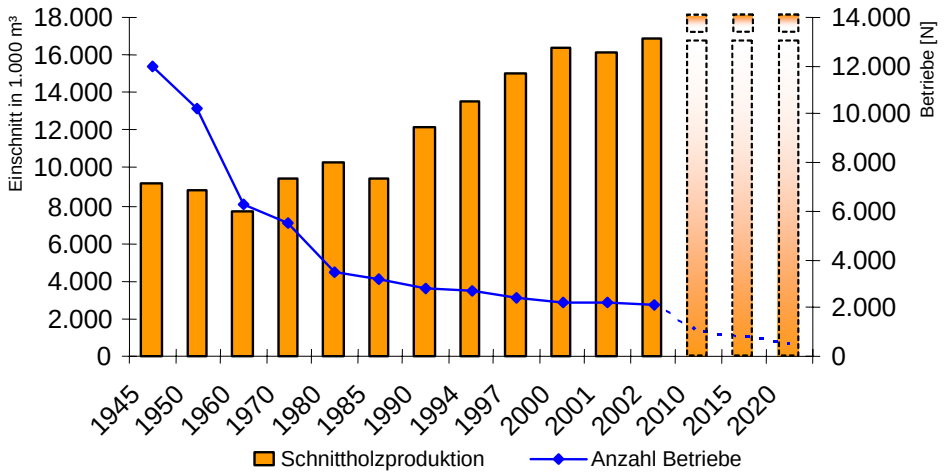


Abbildung 27: Strukturwandel in der Sägeindustrie [3]

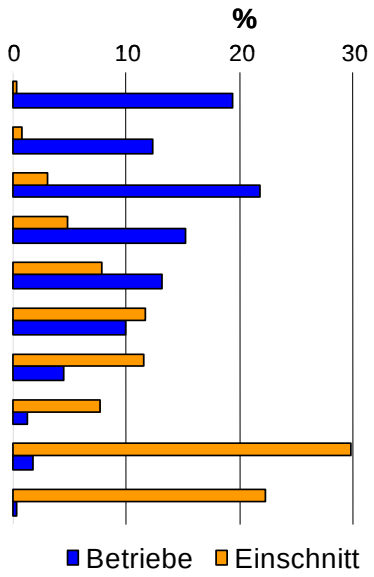
Gab es in Deutschland nach 1945 noch etwa 12.000 Sägewerke, so wurden im Jahr 2000 von der amtlichen Statistik lediglich 2.236 Betriebe erfaßt. Daß diese Zahl jedoch nicht den reellen Stand wiedergibt, konnte MANTAU (2003) im Rahmen einer sehr aufwendigen Erhebung belegen, in der für das gleiche Jahr 3.038 Betriebe, davon 2.775 Nadelholzsägewerke, dokumentiert sind.[4] Der Grund für die Differenz, sowohl bezüglich der Anzahl der Betriebe als auch der Produktionsmenge, beruht in der Erfassungsmethodik der Industriestatistik, die Kleinbetriebe unterhalb einer jährlichen Einschnittsmenge von 5.000 m³ nicht erfaßt. In Zukunft werden die Angaben der amtlichen Erhebung sich zunehmend der reellen Zahl annähern, da in erster Linie die kleinen und mittelständischen Betriebe von dem so genannten „Sägersterben“ betroffen sind. Wie dramatisch dieser Prozeß auch gegenwärtig noch anhält, läßt sich ebenfalls aus den Daten der Studie von MANTAU (2003) ableiten. So hatten von 754 Sägewerken, die sowohl im Jahr 2001 und 2003 im Rahmen einer Befragung erfaßt wurden, 117 Betriebe (= 16%) die Produktion in der Zwischenzeit

[1] BARTELHEIMER, P.: Holzmarktlehre. 1993, S. 52
[2] RETTENMEIER, J.: Mittel- und langfristige Entwicklungen der Holzindustrie als Herausforderung für gemeinsame Anpassungsprozesse mit der Forstwirtschaft, 2000
[3] QUELLEN: Statistikreihe VDS (2004), BRUCKER (2000), RETTENMEIER (2000), KNAUF, FRÜHWALD(2004)
[4] MANTAU, U. et al.: Standorte der Holzwirtschaft, 2003, S. 54 ff.

eingestellt.[1] In erster Linie waren kleinere Nadelholz verarbeitende Betriebe betroffen. Ausgestattet mit Gatter- und Bandsägentechnik produzieren diese Unternehmen aus stärkerem Rundholz hauptsächlich ungetrocknetes Listenbauholz und Blockware für lokale Märkte.[2] Sowohl bei den **Einschnittskosten** als auch den höheren Rundholzkosten für Starkholz können diese Betriebe bei der Massenware Schnittholz nicht mit modernen Spanerwerken konkurrieren.[3]
Tabelle 5 zeigt die gegenwärtige Verteilung der Betriebsgrößenklassen aller Sägewerke, bezogen auf den Einschnitt der Unternehmen (Nadel- und Laubholz).

Tabelle 5: Holzeinschnitt in Deutschland nach Größenklassen [4]

Gesamteinschnitt	Betriebe		Einschnitt	
[Fm]	N	[%]	[Fm]	[%]
< 500	591	19,5	116.483	0,4
500 - 1.000	378	12,4	240.483	0,7
1.000 - 2.499	666	21,9	976.573	3,0
2.500 - 4.999	465	15,3	1.570.287	4,8
5.000 - 9.999	398	13,1	2.601.460	7,9
10.000 - 19.999	301	9,9	3.832.101	11,7
20.000 - 49.999	139	4,6	3.782.000	11,6
50.000 - 99.999	37	1,2	2.509.500	7,7
100.000 - 499.999	54	1,8	9.782.000	29,9
> 500.000	9	0,3	7.330.000	22,4
Summe	3.038	100	32.740.887	100



Auffällig bei dieser Darstellung der einzelnen Größenklassen ist, daß rund 50% aller Betriebe einen jährlichen Einschnitt von weniger als 2.500 Fm aufweisen und zusammen mit einem Volumen von 1,3 Mio. Fm lediglich 4% der Gesamtmenge einschneiden. Im Gegensatz dazu entfallen mehr als **50% des Gesamteinschnitts** auf Betriebe mit einer Kapazität von über 100.000 Fm. Dies entspricht einem Anteil von 2% (!) aller Betriebe (63 Sägewerke). Die Zahl an Sägewerken der mittleren Größenklasse zwischen 10.000 und 50.000 Fm Jahreseinschnitt ist stark rückläufig, deren Kapazitäten durch moderne Profilzerspaner-Anlagen mit einem Einschnitt von über 100.000 Fm/Jahr ersetzt werden. Bei einem Gesamteinschnitt von 29 Mio. Fm Nadelrundholz werden rund 18 Mio. m³ Schnittholz produziert, was einer durchschnittlichen Ausbeute von 61% entspricht.[5]
Betrachtet man die regionale Verteilung der Sägewerke, so ist ein ausgeprägtes Süd-Nord-Gefälle festzustellen (Abbildung 28, S. 85). Der Anteil an Laubholzsägewerken schwankt im Mittel zwischen 10 und 20%, lediglich im Saarland überwiegt der Einschnitt von Laubholz mit 58%.

[1] ANONYMUS: Strukturentwicklung in der Sägeindustrie, 2004
[2] BAUER, J.: Die deutsche Sägewerksbranche – Wettbewerbsanalyse nach Porter, 2001, S.42
[3] ebenda
[4] QUELLE: MANTAU et al. (2003)
[5] MANTAU, U. et al.: Standorte der Holzwirtschaft, 2003, S. 54 ff.

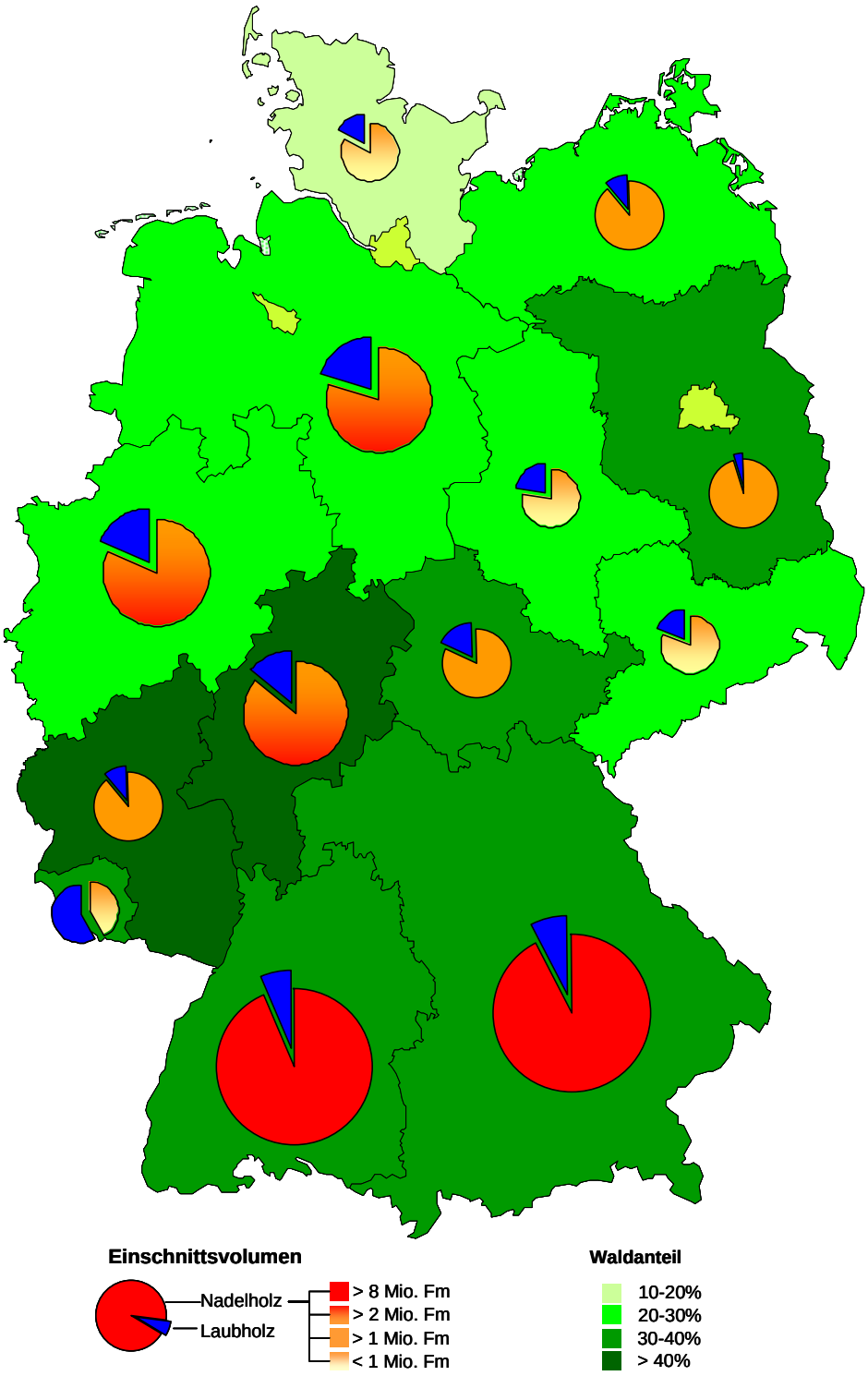


Abbildung 28: Einschnittsvolumen der Sägeindustrie und Waldanteil nach Bundesländern [1]

Mit 17,8 Mio. Fm wird derzeit **mehr als die Hälfte** der Gesamtmenge in den waldreichen Bundesländern Bayern und Baden-Württemberg eingeschnitten. Es folgen Nordrhein-Westfalen mit 3,2 Mio. Fm sowie Niedersachsen, Hessen und Thüringen mit jeweils rund 2 Mio. Fm. In Bayern ist mit 1.359 noch die mit Abstand

[1] QUELLEN: MANTAU et al. (2003), BMVEL (2004), HOLZABSATZFONDS (2004)

höchste Dichte an Sägewerken zu verzeichnen, allerdings sind hier in den nächsten Jahren massive Strukturveränderungen durch den gegenwärtigen Aufbau von Großbetrieben mit Einschnittskapazitäten zwischen 800.000 und 1,2 Mio. Fm zu erwarten. Einerseits handelt es sich dabei um **Kapazitätserweiterungen**, wie z.B. bei *Pröbstl* (Fuchstal), *Rettenmeier* (Willburgstetten) oder *Heggenstaller* (Unterbernbach), andererseits um **Neuinvestitionen** der Firmen *Binder* (Kösching) und *Klausner* (Landsberg). Rein rechnerisch ergibt sich für Bayern derzeitig ein durchschnittlicher Einschnitt von knapp 6.000 Fm pro Werk. Der allgemeine Trend der weiteren Entwicklung ist somit klar vorgegeben:
Einschnittskapazitäten jenseits der Millionen-Festmeter-Grenze werden an sogenannten „**integrierten Standorten**" im Verbund mit Weiterverarbeitern der Holzwerkstoffindustrie und infolgedessen klaren Standort- und Produktionskosten-vorteilen entstehen.[1] Die richtige betriebswirtschaftliche Strategie muß dennoch nicht alleinig im Größenwachstum liegen, vielmehr gelte es auch, verstärkt wieder den Faktor der **Marktnähe** zu berücksichtigen.[2] Gemessen an der Produktion ist die deutsche Sägeindustrie im europäischen Vergleich gegenwärtig der **zweitgrößte Schnittholzproduzent**.[3] Bei einem geschätzten europäischen Schnittholzüberschuß von etwa 2 Mio. m³ bis zum Jahr 2010 sowie der stagnierenden bzw. tendenziell rückläufigen inländischen Nachfrage gilt es insbesondere die Position auf den weltweiten Exportmärkten auszubauen.[4] [5] Diesbezüglich hat der Strukturwandel zu einer deutlichen Stärkung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Sägeindustrie geführt, die derzeit über die **technisch modernsten** Produktionsanlagen verfügt.[6]

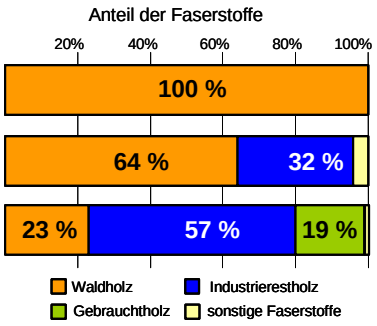
[1] PIRSON, L.: Klotzen - oder doch lieber Kleckern?, HZB Einkaufsführer 1999, S. 27
[2] BRUCKER, A.: Strukturwandel in der Sägeindustrie, 2000
[3] WACKER, H.: Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Sägeindustrie im europäischen Vergleich, 2004
[4] RETTENMEIER, J.: Mittel- und langfristige Entwicklungen der Holzindustrie als Herausforderung für gemeinsame Anpassungsprozesse mit der Forstwirtschaft, 2000
[5] VDS: Jahresbericht 2003/2004, S.3
[6] BRUCKER, A.: Strukturwandel in der Sägeindustrie, 2000

3.2.3.3 Holzwerkstoffindustrie

Während in Europa sowohl die Produktion als auch der Verbrauch von Holzwerkstoffen im letzten Jahrzehnt eher stagnierte, waren global gesehen jährliche Wachstumsraten von 2,6% zu verzeichnen.[1] Dabei hat hierzulande die Produktion des ältesten Holzwerkstoffes, dem klassischen Furnier-Sperrholz, abgenommen, die von neuen Produkten, wie MDF und OSB, ist dagegen überproportional angestiegen.[2] Aufgrund der praktisch vollautomatisierten Fertigung sowie hoher Investitionen in Kreislaufsysteme und Umweltschutz hat sich die Holzwerkstoffindustrie zu einem kapitalintensiven Sektor entwickelt.[3] Mit diesen neu entstandenen modernen Fabriken besitzt die mitteleuropäische Holzwerkstoffindustrie jedoch einen derartigen **produktionstechnologischen Vorsprung**, wie man ihn weltweit derzeit nicht mehr vorfindet.[4]
Betrachtet man den Rohstoffmix der Holzwerkstoffindustrie, so ergibt sich ein ähnlich differenziertes Bild wie bei der Holzschliff- und Zellstoffindustrie (vgl. Tabelle 7, S. 90). Während sich bei der Spanplatte der Anteil von Industrierestholz und insbesondere von Gebrauchtholz in den Vergangenheit kontinuierlich erhöht hat, ist bei den neuartigen Produkten MDF und OSB der Waldholzanteil deutlich höher; OSB-Werke verwenden ausschließlich Waldholz. Tabelle 6 zeigt basierend auf der Erhebung von MANTAU (2003) den Bedarf und die Bezugsquellen der anteiligen Rohstoffe für die drei Produktsegmente.

Tabelle 6: Bezugsquellen der Rohstoffe und Anteile der Faserstoffe in der Holzwerkstoffindustrie [5]

		Waldholz		Industrierestholz		Gebrauchtholz		Summe
		[t]	[%]	[t]	[%]	[t]	[%]	[t]
OSB	Inland	215.172	100	0	0	0	0	215.172
	Ausland	0	0	0	0	0	0	0
MDF	Inland	1.401.455	67	692.187	33	0	0	2.093.642
	Ausland	55.745	61	35.353	39	0	0	91.098
Spanplatte	Inland	1.235.931	25	2.874.296	57	930.115	18	5.040.342
	Ausland	24.936	6	249.208	64	112.659	29	386.803
Summe		**2.933.239**	**37**	**3.851.044**	**49**	**1.042.774**	**13**	**7.827.057**



In der Holzwerkstoffindustrie wird bei einem Gesamtrohstoffeinsatz von rund 7,9 Mio. t etwa die Hälfte durch Industrierestholz gedeckt, der Anteil von Waldholz entspricht 2,9 Mio. t (= 37%). Deutliche Unterschiede bestehen bezüglich der **Qualitätsanforderungen** der drei Plattenarten: Während für Spanplatten praktisch keine spezifischen Ansprüche an das Rundholz bestehen, ist insbesondere für die Herstellung von OSB-Produkten lediglich Holz mit einem möglichst hohen Frischegrad geeignet. Entsprechend zur Holzschliff- und Zellstoffindustrie ist auch bei der Holzwerkstoffindustrie der Rohstoffbezug aus dem Inland mit 94% die dominante Größe. Durch die beiden Sulfatzellstoff-Werke in den neuen

[1] RÖDER, H.: Entwicklungen in der Forst- und Holzwirtschaft, 2003
[2] KRUSE, H.: Neue Ansätze zur Prozeßführung in der Holzwerkstoffindustrie, 2000
[3] DEPPE, H.-J.: Zum Strukturwandel in der Holzindustrie, 2000
[4] RETTENMEIER, J.: Mittel- und langfristige Entwicklungen der Holzindustrie als Herausforderung für gemeinsame Anpassungsprozesse mit der Forstwirtschaft, 2000
[5] QUELLE: MANTAU et al. (2003)

Bundesländern (vgl. Kap. 3.2.3.4, S. 89 ff.) sowie der Entwicklung im Bereich der energetischen Nutzung von Biomasse entstand für die Holzwerkstoffindustrie in bestimmten Regionen eine **Rohstoffkonkurrenz** bezüglich Sägerestholz und Waldholz.
Analog dem Strukturwandel in der Sägeindustrie (vgl. Kap. 3.2.3.2, S. 83 ff.) ist auch dieser Industriezweig gekennzeichnet durch Schließungen bestehender Werke und der Eröffnung neuer Produktionsstätten, teilweise in direkter Nachbarschaft von Großsägewerken. Exemplarisch sei der Standort Wismar in Mecklenburg-Vorpommern genannt, an dem das MDF- und OSB-Werk der Firma *Egger* über ein Förderband direkt das Sägerestholz der Firma *Klausner Nordic Timber* (KNT) bezieht und ferner der Brettschichtholz-Hersteller *Hüttemann* ansässig ist.

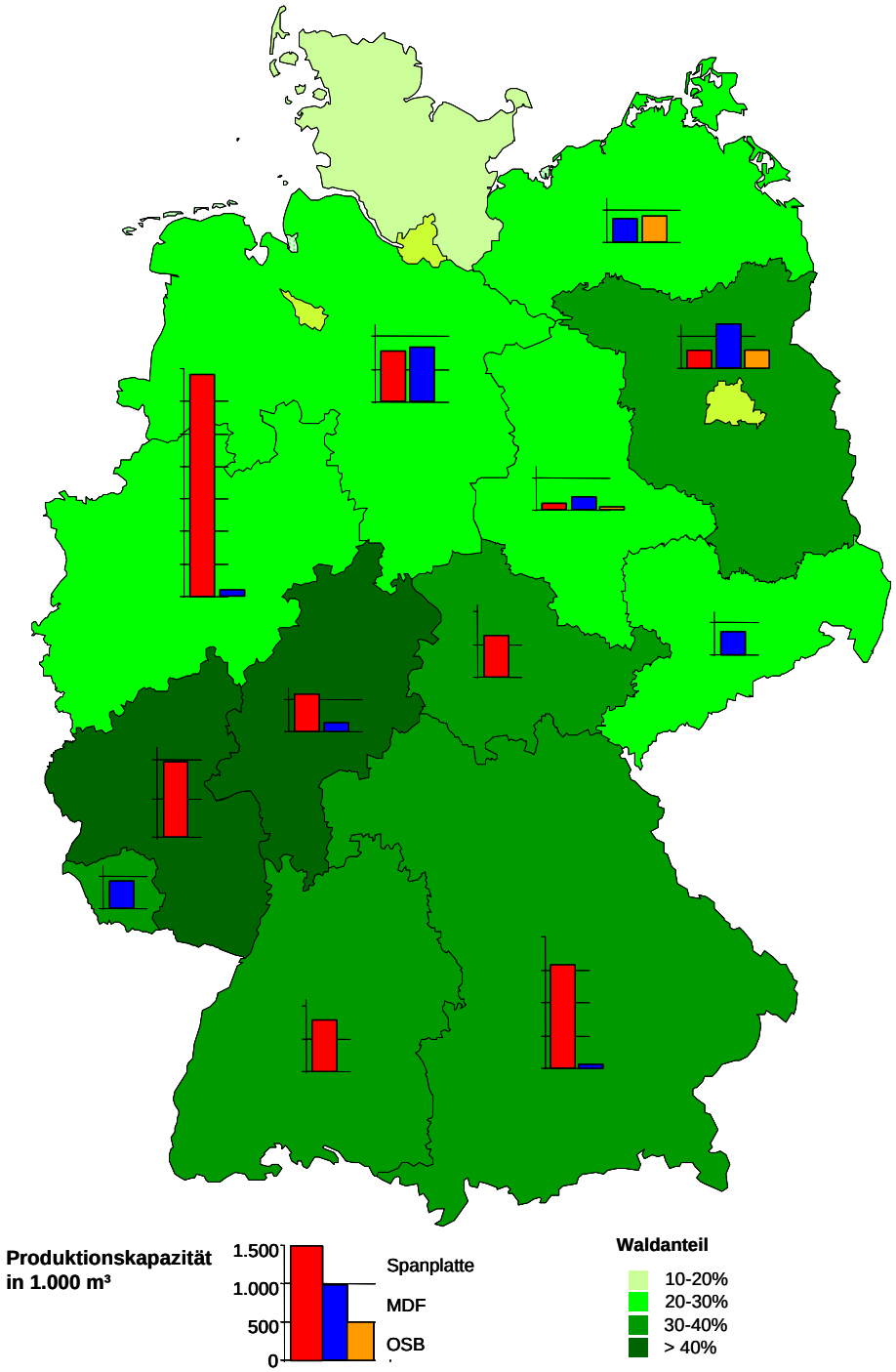


Abbildung 29: Produktionsstandorte der Holzwerkstoffindustrie in Deutschland

Betrachtet man die in Abbildung 29 dargestellte Verteilung der Standorte innerhalb der Bundesrepublik, so sind gewisse Parallelen zur Zellstoffindustrie erkennbar. Bei den traditionellen Erzeugnissen Holzschliff, Sulfitzellstoff und Spanplatten dominieren die Standorte im Westen des Landes. Speziell in Nordrhein Westfalen hat sich bezüglich der Standorte und Produktionskapazitäten jedoch ein deutlicher Schwerpunkt der Spanplattenindustrie entwickelt. Die Standorte der MDF-Industrie sind eher gleichmäßig von Südwest nach Nordost verteilt, die Werke der neueren OSB-Technologie liegen dagegen ausschließlich in den neuen Bundesländern.

3.2.3.4 Papier- und Zellstoffindustrie

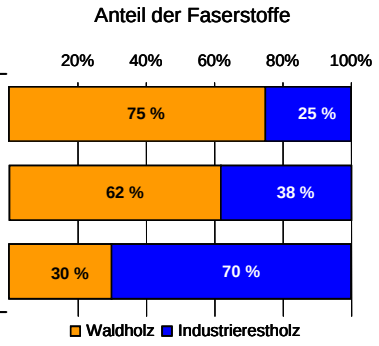
Ebenso wie die Sägeindustrie kann die Papier- und Zellstoffindustrie am Standort Deutschland auf eine lange Tradition zurückblicken. Sie ist heute innerhalb der Forst- und Holzwirtschaft der modernste und kapitalintensivste Wirtschaftszweig und zeichnet sich zuletzt als eine **starke Wachstumsbranche** aus. So konnten die deutschen Papierwerke in den letzten zehn Jahren eine durchschnittliche Produktionssteigerung von 3,73% erzielen, während das gesamtdeutsche Wachstum in dieser Zeit lediglich 1,47% betrug.[1] Mit einer Produktion von 19,3 Mio. t im Jahr 2003 ist Deutschland nach wie vor der mit Abstand **größte Papierproduzent** Europas und steht weltweit nach USA, China, Japan und Kanada an fünfter Stelle.[2] [3] Die globale Ausrichtung, modernste Produktionsstätten und der hohe Exportanteil (55,6%) verdeutlichen, daß die deutsche Papierindustrie für den internationalen Wettbewerb gerüstet ist. Der westeuropäische Raum ist mit einem Anteil von 67% traditionell der wichtigste Auslandsmarkt der deutschen Papierindustrie.[4] Für diesen Markt wird bis zum Jahr 2015 eine Steigerung der Papiernachfrage um 2,2% pro Jahr prognostiziert, weltweit sogar um 2,8%/a.[5]
Charakteristisch für die Papier- und Zellstoffindustrie ist ein für viele Rohstoffmärkte typischer zyklischer Konjunkturverlauf. Den daraus resultierenden ausgeprägten Absatzschwankungen wurde insbesondere zu Beginn der 90er Jahre durch Kapazitätserweiterungen, Fusionen und Firmenbeteiligungen begegnet, um konjunkturelle Auswirkungen abzudämpfen. In Zahlen der gesamtdeutschen Statistik ausgedrückt bedeutet dies eine Abnahme von 322 Betrieben mit 82.600 Beschäftigten (1990) auf derzeit 217 Unternehmen (193 Papier- und Pappe, 24 Holzschliff- und Zellstoff [6]) mit 44.500 Angestellten.[7] [8]
Bezüglich des Rohstoffeinsatzes ist durch die Substitution von Primärfasern aus Holz durch deinkte Altpapierfasern seit Beginn der 90er Jahre ein deutlich rückläufiger Holzanteil zu verzeichnen. Der Verbrauch an Nadelindustrieholz, dem einst wichtigsten **Durchforstungssortiment**, nahm in der Zeit von 1989 bis 2003 um durchschnittlich 2 Mio. Fm ab.[9] In Deutschland waren neben der Holzschliff- die Sulfitzellstoffindustrie

[1] Verband Deutscher Paperfabriken, Zahlenreihen, Jahresbericht 2002, S. 65-68
[2] VDP: Leistungsbericht 2004, S. 2
[3] KIBAT, K.: Umsatz hält nicht Schritt mit Mengenwachstum, Holz-Zentralblatt Nr. 98/2004, S. 1345
[4] ebenda, S. 22
[5] RÖDER, H.: Entwicklungen in der Forst- und Holzwirtschaft, 2003
[6] ohne Zellstoff Stendal GmbH (ZSG)
[7] VDP: Leistungsbericht 2004, Zahlenreihen, S. 63 f.
[8] MANATU, U. et al. : Standorte der Holzwirtschaft, 2003, S. 48 ff.
[9] ZMP: Forst und Holz. Marktbilanz 2004, Median der Einschlagsmengen zwischen 1990 und 2003, S. 157

lange Zeit nicht nur wichtigste Abnehmer von Industrieholz, sondern auch die maßgeblichen Produktionsverfahren. Seit Ende der 90er Jahre ist in Folge deutlich verbesserter Produktionstechnologien die Erzeugung von international wettbewerbsfähigerem Sulfatzellstoff möglich, was bislang die strengen Umweltauflagen in Deutschland verhinderten. Die erste erfolgreiche Umstellung vom Sulfit- zum Sulfatprozeß bewirkte am Standort Blankenstein eine **Verdoppelung** der Produktionskapazität.[1] [2] Gegenwärtig liegt der Holzanteil beim Rohstoffmix der deutschen Papier- und Zellstoffindustrie bei 7%, was einem Volumen von 7,4 Mio. Fm (4,43 Mio. Fm Waldholz, 2,94 Mio. Fm Industrierestholz) entspricht.[3] [4] Eine Übersicht des Bedarfs und der Deckung der einzelnen Produktionsverfahren liefert nachstehende Tabelle 7.

Tabelle 7: Bezugsquellen der Rohstoffe und Verteilung der Faseranteile in der Papierindustrie [5]

		Waldholz		Industrierestholz		Summe
		[t]	[%]	[t]	[%]	[t]
Holzschliff	Inland	1.005.478	75	337.200	25	1.342.678
	Ausland	32.822	100	0	0	32.822
Sulfitzellstoff	Inland	789.320	62	474.210	38	1.263.530
	Ausland	0	0	8.470	100	8.470
Sulfatzellstoff	Inland	163.800	28	420.000	72	583.800
	Ausland	16.200	100	0	0	16.200
Summe		**2.007.620**	**62**	**1.239.880**	**38**	**3.247.500**



Auffällig ist, daß die deutsche Holzschliff- und Zellstoffindustrie ihren Rohstoffbedarf fast ausschließlich aus dem Inland deckt; lediglich rund 2% werden aus dem Ausland bezogen. Gemessen an der Gesamtmenge wird durch den hohen Anteil von Primärfasern aus Waldholz etwa die Hälfte von der Holzschliffindustrie verbraucht. Konträr verhält sich der Waldholzanteil beim Sulfatverfahren, bei dem das Industrierestholz die bedeutendste Rohstoffquelle darstellt.
Für die gesamte Branche ist jedoch die inländische Forstwirtschaft bei der Beschaffung der Faserrohstoffe der **wichtigste Rohstofflieferant**, zumal auch das Industrierestholz wiederum ein Kuppelprodukt der Rohholzbearbeitung ist.
Betrachtet man analog zur Darstellung der Kapazitäten der Sägeindustrie (vgl. Abbildung 28, S. 85) die Verteilung der Holzschliff- und Zellstoffindustrie, so zeigt sich auf den ersten Blick eine gewisse regionale Konzentration der Produktionsstandorte.

[1] KELLER, B.: Bedarf und Ansprüche an die Rohstoffe für die Papierherstellung, AFZ-Der Wald 26/2000, S. 1385
[2] MANTAU, U.: Standorte der Holzwirtschaft, 2003, S. 35 ff.
[3] VDP: Leistungsbericht 2004, S. 24
[4] KIBAT, K.: Umsatz hält nicht Schritt mit Mengenwachstum, Holz-Zentralblatt Nr. 98/2004, S. 1345
[5] QUELLE: MANTAU et al. (2003)

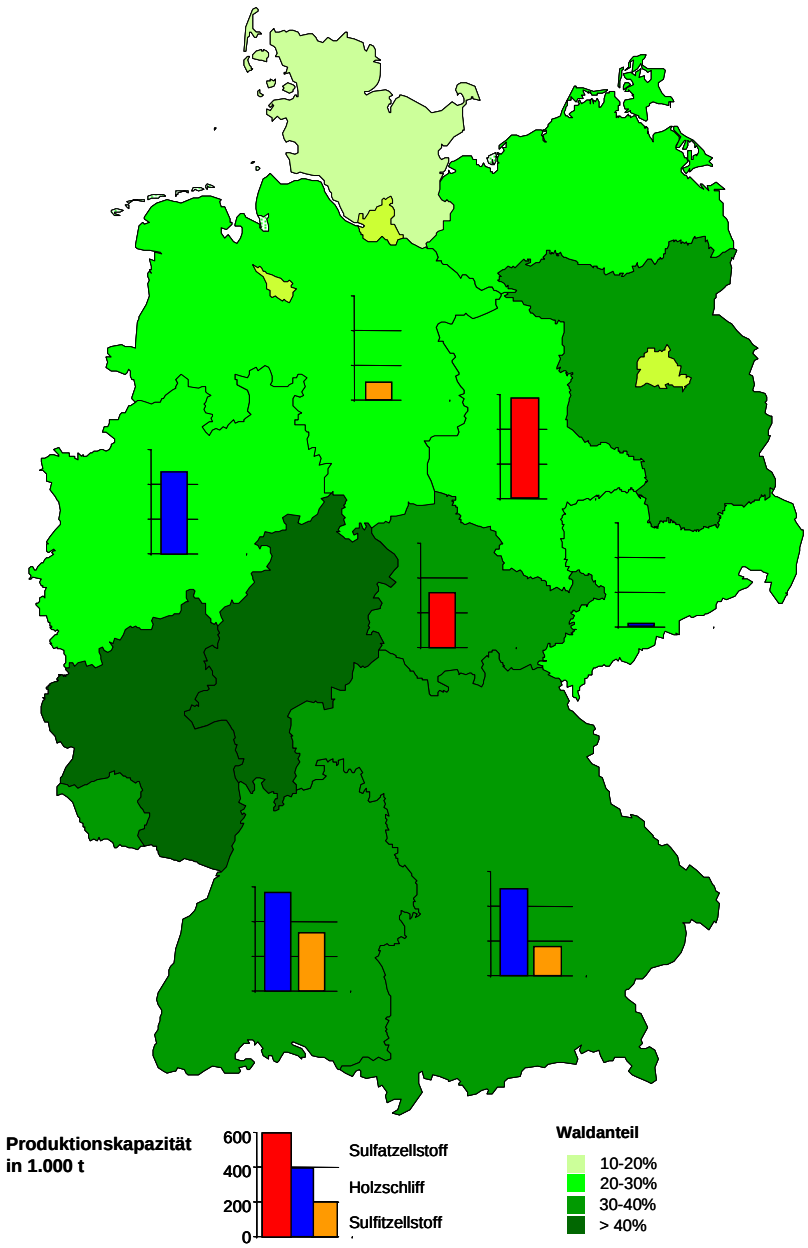


Abbildung 30: Kapazität der Holzschliff- und Zellstoffindustrie [1]

Ein direkter Zusammenhang zwischen den Standorten der Werke und dem Waldanteil des jeweiligen Bundeslandes scheint nicht gegeben. Die Mehrzahl der 25 Holzschliff- und Zellstoffwerke befindet sich jedoch in Süddeutschland (11 in Baden-Württemberg, 7 in Bayern). Während sich das Produktionsvolumen in Nordrhein-Westfalen auf drei Holzschliff-Werke verteilt, repräsentieren die Balkendiagramme in den restlichen Bundesländern jeweils die Kapazität eines Werkes. Hervorstechend sind dabei die beiden Sulfatzellstoff-Werke an den Standorten Blankenstein in Thüringen und Stendal in Sachsen-Anhalt. Letzteres hat mit seiner Inbetriebnahme Ende 2004 eine neue Dimension der Zellstoffproduktion in Deutschland eröffnet. Ausgelegt auf eine Kapazität von 552.000 t/a hat das Werk einen Holzbedarf von ca. **9.000 Fm pro Tag** (!).[2] So werden bei einer sechs-Tage-Woche neben zwei bis drei

[1] QUELLEN: MANTAU et al. (2003), BMVEL (2004), HOLZABSATZFONDS (2004)
[2] FUNK, M.: Zellstoffwerk Stendal, 2004

Ganzzügen täglich rund 250 LKW-Fuhren mit Rundholz angeliefert.[1] Des weiteren treffen pro Woche sechs Ganzzüge ein, die insgesamt 20.000 Srm Hackschnitzel anliefern.[2] Bedingt durch die Konzentration der Holzschliff- und Zellstoffindustrie ist inzwischen eine überregionale Rohstoffversorgung vielfach charakteristisch für diese Branche. In verschiedenen Studien wurden in Abhängigkeit der Region durchschnittliche Transportentfernungen zwischen 120 und 196 km nachgewiesen. [3] [4] [5] [6]
Neben der Herausforderung einer **kontinuierlichen Rohstoffbereitstellung** in benötigen Größenordnungen bestehen speziell beim Schleifholz hohe Ansprüche an die Qualität. Die Anforderungen an die **Holzfrische** verlangen eine aufwendige logistische Organisation, um einen möglichst schnellen Rohstoffffluß vom Wald zum Werk mit geringen Feuchtigkeitsverlusten zu gewährleisten und dadurch eine kostenintensive Naßlagerung weitgehend zu vermeiden.

3.2.4 Zusammenfassung

Wie die Ausführungen dieses Kapitels gezeigt haben, ist sowohl die Forstwirtschaft als auch die Holzindustrie einem zum Teil dramatischen **Strukturwandel** unterlegen, der gegenwärtig weiter anhält. Der einst auf europäische Märkte fokussierte Wettbewerb hat durch die EU-Osterweiterung sowie den globalen Warenaustausch eine neue **Dynamik** und **Intensität** erfahren. Um in diesem Wettbewerb zu bestehen, nimmt vor allem in der Holzindustrie der Zwang zur Schaffung **größerer Einheiten** mit innovativen und leistungsfähigen Produktionsverfahren zu. Sehr deutlich tritt dieser Wandel in der traditionsbehafteten Sägebranche zu Tage, in der mit der Einführung der Profilzerspaner-Technologie in den 80er Jahren Einschnittskapazitäten geschaffen wurden, welche die Leistung der bewährten Gattertechnik in etwa um das achtfache übertreffen.[7]
Speziell diese Entwicklung wird allgemein auch als Triebfeder für den Wandel in der Forstwirtschaft gesehen. Zum einen wurde mit Kurzholzabschnitten geringer Dimension ein gänzlich neues Sortiment nachgefragt, das im völligen Gegensatz zu bisherigen Vorgaben nach möglichst starkem Langholz stand. Zum anderen bedeutete der **große Rundholzbedarf** dieser Werke eine deutliche Ausweitung der bislang eher regional abgegrenzten Beschaffungsmärkte.
Bei einer Schnittholzausbeute zwischen 51 und 62% entstand mit dem Absatz des teilweise hochqualitativen Sägerestholzes an die Holzwerkstoff- und Zellstoffindustrie eine **bedeutende Einnahmequelle** für die Sägeindustrie und gleichzeitig ein Konkurrenzprodukt zum Industrieholz der Forstwirtschaft.
Diese Entwicklungen stehen in direktem Zusammenhang mit den stark rückläufigen Rundholzpreisen zu Beginn der 80er Jahre sowie kontinuierlich **ansteigenden Lohnkosten**.
Die Forstwirtschaft reagierte daraufhin mit einer verstärkten **Mechanisierung** der Holzernte, die damit in zunehmendem Umfang an Unternehmer und Dienstleister übertragen wird. Dabei verlieren die einzelnen Partner mit zunehmender

[1] FUNK, M.: persönliche Mitteilung am 22.07.2005
[2] KÖHLER, J.: Die Sägeindustrie versorgt ZS zu einem Drittel, AFZ-Der Wald 17/2004, S. 916
[3] MANTAU, U. et al.: Standorte der Holzwirtschaft, 2003, S. 46 ff.
[4] EBERHARDINGER, A.: Schleifholzanlieferung in der Papierindustrie, 2004, S. 45
[5] FRIEDL, K. et al.: Netzwerk Holz. 2004, S. 44 ff.
[6] WEGENER, G., ZIMMER, B.: Analyse der Transportketten von Holz, Holzwerkstoffen und Restholzsortimenten als Grundlage für produktbezogene Ökobilanzen. 2005, S. 21
[7] REIGER, G.: Potential der Großsägewerke nutzen, Holz-Zentralblatt Nr. 21/2000, S. 291

Spezialisierung nicht selten ihre eigentliche **Kernkompetenz** aus den Augen, so daß sich damit lediglich eine Teiloptimierung funktional abgegrenzter Arbeitsschritte einstellt. Bereits 1995 erkannte MAHLER, daß das traditionelle Schnittstellendenken nicht mehr zeitgemäß ist: „In heutigen und zukünftigen Verfahren muß die Bereitstellung des Holzes insgesamt optimiert werden, vielleicht sogar unter Einbeziehung der ersten Verarbeitungsstufe oder Teilen davon. Zu dieser Optimierung gehören nicht nur die Aufarbeitung im Wald, sondern auch der Transport des Holzes, die Vermessung und weitere Datenverarbeitung, die Regelung der Holzsortierung und die Bewältigung der damit zusammenhängenden logistischen Aufgaben."[1]
In Deutschland haben bis heute nur wenige innovative Privatforstbetriebe und größere Dienstleister die Einsicht erlangt, daß die **gegenseitige Abhängigkeit** zwischen Rohstofflieferant und Abnehmer am aussichtsreichsten durch eine engere und langfristig ausgelegte Kooperation gesichert werden kann. Erfolgreiche Umsetzungen sind im Ausland dagegen bereits seit längerer Zeit zu beobachten. Deren Zielsetzung stützt sich im Wesentlichen auf einen prozeßorientierten Ansatz, der sich durch einen deutlich höheren Grad an **Integration** funktionaler Aktivitäten auszeichnet.
Die zweite Bundeswaldinventur (BWI II) hat gezeigt, daß Deutschland mit seinen Vorräten und Zuwächsen im europäischen Vergleich mit die **höchsten Nutzungspotentiale** bietet und dadurch ein künftiges Wachstum der inländischen Holzindustrie zu sichern vermag. Die **Mobilisierung** und Bereitstellung dieser Vorräte gestaltet sich jedoch insbesondere im Kleinprivatwald aufgrund ungünstiger Strukturen und Besitzgrößen schwierig. Des Weiteren verschärfen etwa **hohe Energiepreise** und geringe Transportgewichte die Rahmenbedingungen, so daß die Bereitstellungskosten für Rundholz Frei-Werk im internationalen Vergleich hierzulande deutlich teurer ausfallen.
Am Beispiel der „*Clusterstudie Forst & Holz NRW*" konnte SCHULTE (2003) belegen, daß der Cluster Forst und Holz sowohl bezüglich des Umsatzes als auch der Anzahl der Beschäftigten gleichauf ist mit der umsatzstärksten Branche, dem Maschinenbau. Die zahlreichen Investitionen der Holzindustrie in neue Standorte und Produktionsanlagen unterstreichen das Potential und die **Zukunftsfähigkeit** der Branche in Deutschland. Deren Entwicklungschancen sind eng verknüpft mit der Fähigkeit der deutschen Forstwirtschaft, als leistungsfähiger Partner die **Rohstoffversorgung** der Werke zu sichern und an deren Erfolg zu partizipieren.[2]
Experten gehen in der Delphistudie „Trendanalyse Zukunft Holz" davon aus, daß die erfolgreichen Unternehmen der Holzindustrie im Jahr 2020 produzieren werden wie die Unternehmen der Automobilindustrie.[3]
Bei dem beträchtlichen Holzbedarf großer Produktionsanlagen wird aus Kapazitäts- und Kostengründen einer reibungslosen **Rundholzlogistik** eine herausragende Bedeutung beigemessen, um eine weitgehend **Just in time** basierte Rohstoffversorgung zu gewährleisten. Im Sinne eines effizienten **Schnittstellenmanagements** sind leistungsfähige Informations- und Kommunikationslösungen unumgänglich, um eine optimale Steuerung des Materialflusses zu erreichen.

---

[1] MAHLER, G.: Vermessung, Schnittstelle zwischen Forst- und Holzwirtschaft, Forst & Technik, 2/1995, S. 22.
[2] KELLER, B.: Bedarf und Ansprüche an die Rohstoffe für die Papierherstellung, AFZ-Der Wald 26/2000, S. 1384
[3] KNAUF, M., FRÜHWALD, A.: Trendanalyse Zukunft Holz. Delphistudie zur Entwicklung der deutschen Holzindustrie, 2004, S. 81

4. Situationsanalyse der Holzerntekette – Ist-Zustand

4.1 Die Holzerntekette als Untersuchungsgegenstand

Als *Holzerntekette* werden heute die Arbeitsprozesse und Materialflüsse bezeichnet, die zwischen der Hiebsplanung und der Anlieferung im Werk des jeweiligen Kunden ablaufen.[1] Als Synonym hat sich inzwischen ebenfalls der Begriff *Logistikkette* etabliert. In Anlehnung an Abbildung 9 (S. 43) lassen sich die einzelnen Teilarbeiten als Glieder der gesamten Erntekette darstellen (Abbildung 31).

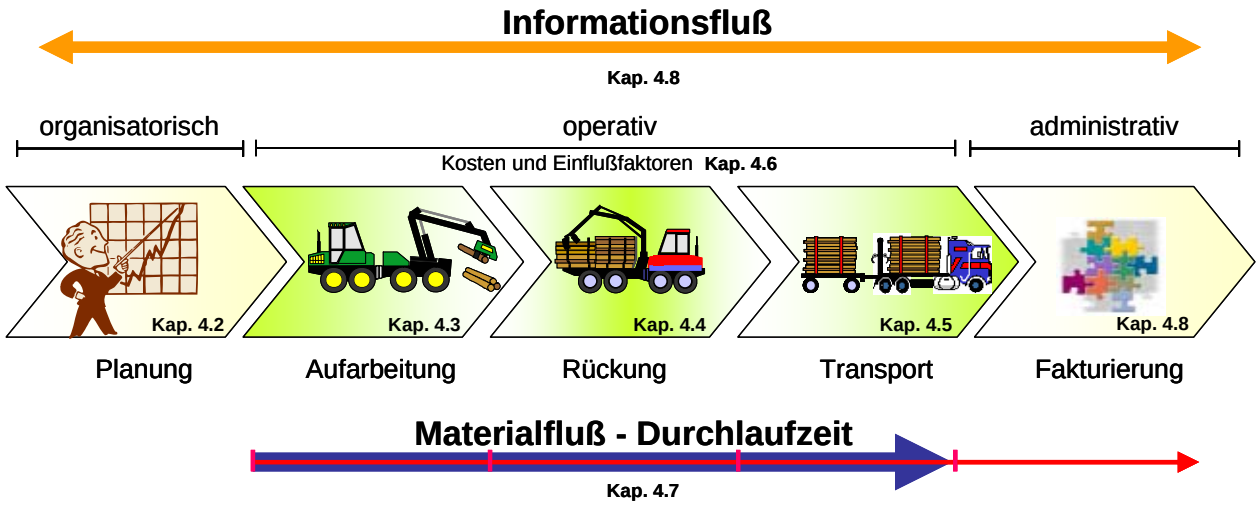


Abbildung 31 : Komponenten und Einflußfaktoren der Holzerntekette

Entsprechend der Numerierung in Abbildung 31 werden in den folgenden Unterkapiteln gegenwärtige Rahmenbedingungen, wesentliche Einflußfaktoren sowie Leistungen und Kosten für die einzelnen Teilprozesse bei der Rundholzbereitstellung mit **hochmechanisierten Ernteverfahren** eingehend analysiert. Diese Erkenntnisse bilden unter Berücksichtigung der theoretischen Grundlagen der Literaturrecherche aus Kapitel 3 die Basis für einen ganzheitlichen Ansatz, der anschließend in Kapitel 5 erarbeitet wird.

In der Holzerntekette nehmen die **operativen Prozesse** eine zentrale Stellung ein, die im engeren Sinne den eigentlichen Bereitstellungsprozeß bis ins Werk abbilden (Kap. 4.3 - 4.6). Voraussetzung für den effizienten Einsatz der Ernte- und Transportsysteme ist eine **sorgfältige Planung** der einzelnen Hiebsmaßnahme (Kap. 4.2). Dabei steigen mit zunehmendem Mechanisierungsgrad die Anforderungen an die Qualität der Vorplanung, um Einsatzbereiche, Produktivitäten und Kosten exakt bestimmen zu können. Im weiteren Verlauf sind die Planungsdaten und aktuelle Produktionsdaten entscheidend für einen möglichst zielgerichteten **Materialfluß**, der sich anhand der Dauer der **Durchlaufzeit** messen läßt (Kap. 4.7).
Bezogen auf den Bereitstellungsprozeß von Rundholz ist der Materialfluß mit der Anlieferung und Vermessung bzw. Wägung im Werk abgeschlossen. Berücksichtigt man ferner die administrativen Terminalarbeiten, so ist der Gesamtprozeß

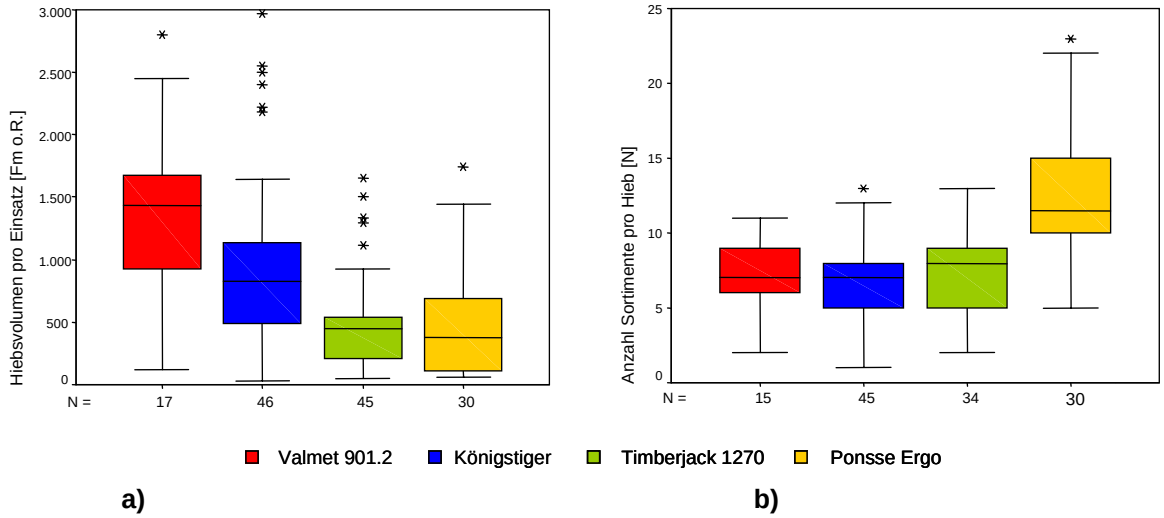
[1] WARKOTSCH, W., ZIESAK, M.: Die Holzerntekette – Probleme und Lösungsansätze. In Beiträge zur Walderschließung und forstlichen Arbeitswissenschaft, Band 8, 1998, S. 49 ff.

letztendlich erst mit der endgültigen Abrechnung mit den Dienstleistern und dem Lieferanten beendet.
Neben der Produktivität der Ernte- und Transportverfahren hängt die Dauer der Durchlaufzeiten in besonderem Maße von der Qualität der **Informationsflüsse** zwischen allen Beteiligten der gesamten Erntekette ab (Kap. 4.8).

4.2 Rahmenbedingungen und Planungsgrundlagen

Bei der Beurteilung operativer und administrativer Prozesse in der Logistikkette zwischen Wald und Werk sind die jeweiligen Rahmenbedingungen zu berücksichtigen, welche teilweise wesentliche Auswirkungen auf die Leistung bzw. Kosten der einzelnen Produktionsschritte haben.
Anhand der Forschungsprojekte *Harvester* (I.) und *WBV Logistikstudie* (VI.) mit einer Datengrundlage von **über 310.000 Fm** aufgearbeitetem Rundholz sind am Beispiel bayerischer Strukturen sowohl Aussagen für den Staatswald als auch den Kleinprivatwald möglich.

Bezüglich der **Hiebsgrößen** sind zwischen beiden Besitzformen deutliche Unterschiede zu beobachten. Das mittlere Hiebsvolumen im Staatswald, dargestellt am Beispiel hochmechanisierter Holzerntemaßnahmen mit staatseigenen Harvestern, liegt in einem Bereich zwischen 500 und 1.500 Fm und durchschnittlich bei 766 Fm pro Einsatz. Die hohe Streubreite der einzelnen Maschine verdeutlicht die Boxplot-Darstellung in Abbildung 32 a).



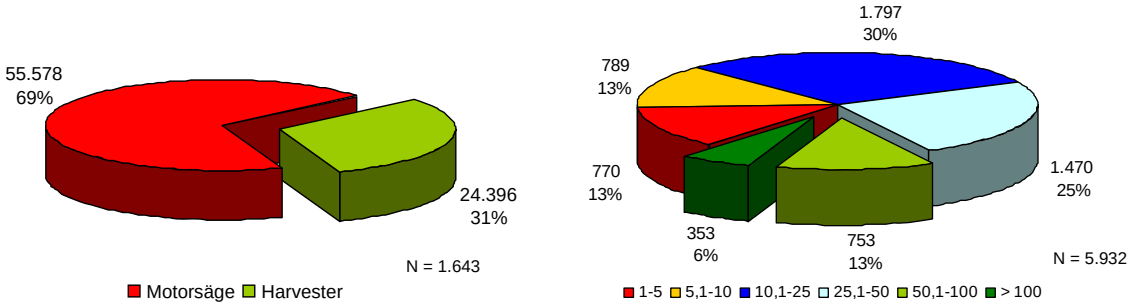
a) **b)**

Abbildung 32 : a) Hiebsvolumen pro Einsatz, b) Anzahl der Sortimente pro Hieb

Das jeweilige Hiebsvolumen verteilt sich dabei in der Regel auf **7 bis 8 Sortimente**, teilweise wurden Extremwerte von 22 Sortimenten registriert (Abbildung 32 b)). Kritische Bereiche, insbesondere für die nachfolgenden Prozesse, entstehen bei der Aushaltung zahlreicher Sortimente bei **geringen Hiebsvolumina**, was in der Regel Leistungsminderungen und somit Kostenerhöhungen zur Folge hat.

Ein deutlich differenzierteres Bild zeigt sich bezüglich der Erntemengen im **Kleinprivatwald**. Bei hochmechanisierter Aufarbeitung beträgt das durchschnittliche Hiebsvolumen 115 Fm, bei motormanuellen Verfahren sogar nur 39 Fm. Gemessen

an der gesamten Einschlagsmenge liegt der Anteil hochmechanisierter Ernteverfahren bei 31%. Ein vergleichbares Ergebnis zeigte sich bei den Untersuchungen von FRIEDL et al (2004), mit einem Anteil für hochmechanisierte bzw. vollmechanisierte Holzerntesysteme zwischen 16 und 29%.[1]



a) **b)**

Abbildung 33 : a) Verteilung der Einschlagsverfahren im Kleinprivatwald [Fm] bzw. [%]
b) Verteilung nach Hiebsgrößen im Kleinprivatwald [Fm] bzw. [%]

Ein maßgebliches Kriterium für eine effiziente Rundholzlogistik ist die Erreichbarkeit der Holzpolter durch den LKW. Wichtig ist hierfür der **Ausbauzustand** der Wege, welche eine Befahrung durch schwer beladene Lastwagen möglichst bei jeder Witterung zulassen sollte.
Im Rahmen des Projektes *WBV Logistikstudie (VZ)* wurden annähernd 2.000 Holzpolter aus dem Kleinprivatwald anhand einer vorgegebenen Kriterienliste bezüglich ihrer Erreichbarkeit für LKWs klassifiziert. Während rund zwei Drittel der Holzpolter als „sehr gut“ bzw. „gut“ erreichbar eingestuft wurden, kann gemäß den Vorgabekriterien annähernd ein Drittel des Holzes **lediglich bei Trockenheit** abgefahren werden (vgl. Abbildung 34).

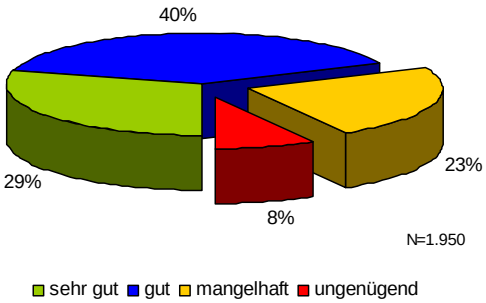


Abbildung 34 : Erreichbarkeit der Holzpolter für LKW im Kleinprivatwald

Die Charakteristik dieser Rahmenbedingungen spiegelt sich ebenfalls in den Ergebnissen qualitativ erhobener Daten wider, welche diese quantitativ eruierten Angaben bestätigen und um weitere Details ergänzen.
Im Rahmen von Experteninterviews (vgl. Kap. 2.4, S. 33) wurden insgesamt 21 Einsatzleiter bzw. Forstunternehmer anhand eines standardisierten Fragebogens (vgl. Anhang 3, S. 193) inquiriert, um aus deren Sicht ein Qualitätsurteil bezüglich **Planungsgrundlagen** bzw. der **Vorbereitung von Hiebsflächen** bei hochmechanisierten Holzernteverfahren zu erhalten. Neben Schwachstellen wurde insbesondere auch nach Stärken und Verbesserungsvorschlägen gefragt, die u.a. in

[1] FRIEDL, K. et al.: Netzwerk Holz. 2004, S. 29

der Konzeption des Soll-Zustandes (vgl. Kap. 5, S. 140) Berücksichtigung finden. In Anlehnung an die drei funktionalen Bereiche der Holzerntekette in Abbildung 31 (S. 94), lassen sich die genannten Defizite entsprechend gruppieren, wobei Überschneidungen vielfach augenscheinlich sind (vgl. Tabelle 8).

Tabelle 8 : Schwachstellen der Holzernteplanung; (N) = Zahl der Nennungen

organisatorisch	operativ	administrativ
• Hiebsflächen werden **zu wenig gebündelt**, um größere Einheiten zu schaffen (12) *[vgl. Abbildung 32 a) & Abbildung 33 a) **Ziel:** Minimum 800-1.000 Fm]*	• bei Durchforstungen sind Bäume mit **zu geringer Stückmasse** zu beernten (19) *[kritischer Bereich < 0,15 Fm/Baum]*	• ungenügender Umfang von **Planungsdaten** (20)
• Keine **langfristigen Planungshorizonte** (10) ***Ziel:** 3 Jahre*	• **Auszeichnung** der Erntebestände **vielfach mangelhaft** (18) *[2/3 schlecht bzw. mangelhaft]*	• fehlendes bzw. ungeeignetes **Kartenmaterial** (19)
• keine **Abfuhr aus laufenden Hieben** führt zu Engpässen an Lagerplatz und langen Durchlaufzeiten (9)	• Aushaltung **zu vieler Sortimente** (16) *[vgl. Abbildung 32b]*	• zu **lange Übermittlungsdauer** der Werksabmaße (18) *[z.T. 6-12 Monate]*
• verzögerte **Abfuhrfreigabe** (7)	• **Rückegassenabstand** nicht dem Ernteverfahren angepaßt (13)	• zu **lange Abrechnungszeit-räume** (18) *[z.T. 6-18 Monate]*
• **Frei-Werk-Lieferungen** werden in zu geringen Umfang realisiert (6) *[derzeit lediglich 5-10%]*	• **Gassenbreite** nicht ausreichend für Maschinensystem (10) *[Minimum 4m]*	• zu **kurzer Vorlauf** für Einsatz-planung (14) *[Minimum 4-6 Monate]*
	• **Lagerplätze** nicht dem Hiebs-volumen angepaßt (10)	• keine Nutzung von Produktions-daten der **Harvesterabmaße** (10)
	• **Rückeentfernungen** zu weit (9) *[z.T. > 1.000 m, ideal ≤ 400 m]*	• umständliche und wenig transparente **Ausschreibungs-verfahren** (8)
	• **technische Befahrbarkeit** wird überschätzt (9)	• keine Nutzung und Bereitstellung von **digitalem Datenmaterial** (7)
	• **Erreichbarkeit** der Lagerplätze für LKW speziell im Privatwald ungenügend (7) *[vgl. Abbildung 34]*	• **inkompatible EDV-Systeme** (5)
	• **negative Kardinalpunkte** werden nicht ausgespart bzw. umgangen (6) *[Sümpfe,Steillagen,Blocküberlagerungen]*	• keine Nutzung von **Logistik-Software** (3)
	• **Zufällen** von Bäumen außerhalb der Kranzone führt zu erhöhten Kosten und Schäden (5)	
	• Anlage vermeidbarer **Sackgassen** (4)	

Gemessen an der Zahl der Nennungen besteht insbesondere im Vorfeld einer Hiebsmaßnahme ein wesentliches Defizit im Bereich **grundlegender Planungsdaten**. Im Sinne einer effektiven Einsatzplanung und Hiebsdurchführung sind aus Unternehmersicht vom Auftraggeber folgende Kennzahlen bereitzustellen:

- Hiebsvolumen [Fm]
- Baumartenverteilung [%]
- Eingriffstärke [Fm/ha]
- Flächengröße [ha]
- Rückegassenabstand [m]
- Industrieholzanteil [%]
- Hangneigung [%]
- BHD bzw. mittleres Baumvolumen des ausscheidenden Bestandes [cm] bzw. [Fm]
- Anzahl der Sortimente [N]
- Rückeentfernung [m]
- Anteil Zufällen [%]
- Gelände- / Bodenverhältnisse

Zu ergänzen sind diese Daten durch detailliertes Kartenmaterial, in welchem die einzelnen Maßnahmenflächen, Rückegassen, Lagerplätze sowie Besitzgrenzen exakt eingezeichnet sind (vgl. Abbildung 26 b), S. 79).
Unabhängig von einander wurde von den Interviewpartnern die **Qualität der Planungsdaten** in zwei Drittel der Fälle als schlecht bzw. mangelhaft eingestuft. Lediglich ein Drittel der eingereichten Planungsdaten beinhaltet die wichtigsten Kennzahlen eines Hiebs, was nach Angaben der Unternehmer wesentlich vom Engagement des jeweiligen Revierleiters bzw. Privatwaldbetreuers abhängt. Entsprechend den Planungsdaten fällt vielfach auch **die Qualität der Vorbereitung** der Hiebsflächen aus.[1] Speziell bei Durchforstungen werden des öfteren Bäume zu schwacher Dimension zur Entnahme ausgezeichnet; Baumvolumina unterhalb von 0,15 Fm verursachen dabei signifikante Leistungsabfälle (vgl. Kap. 4.3.2, S. 100).
Im Sinne einer angemessenen Verrechnung der fixen Kosten für das **Umsetzen der Maschinen** sollte weiterhin die Bündelung von Hiebsflächen verbessert werden. Bei Umsetzvorgängen mit Tieflader, für den je nach Bauart und Größe Kosten zwischen 70 und 90 €/Std. zu veranschlagen sind, ist im Falle von Radharvestern ein Hiebsvolumen von mindestens 800 bis 1.000 Fm bzw. 1.500 Fm für Kettenmaschinen anzustreben.
Nachhaltige Defizite bestehen insbesondere in einem **einheitlichen Auszeichnen** der Bestände; neben der Verwendung zu vieler Farben und teilweise widersinniger Farbwahl (z.B. weiß im Winter) erschweren zudem unterschiedliche Markierungen (Punkte, waagrechte, senkrechte und schräge Striche) und mitunter auch das Kennzeichnen von Zukunftsbäumen eine eindeutige Kennzeichnung der zu entnehmenden Bäume.
Generell sollten die Abstände der Rückegassen der Kranreichweite der eingesetzten Maschine entsprechen und somit auf 20 bzw. maximal 30 Meter beschränkt werden. Auf ein **motormanuelles Zufällen** aus Zwischenzonen ist mit Rücksicht auf zusätzliche Kosten und deutlich höhere Schäden am verbleibenden Bestand weitgehend zu verzichten.[2] Sackgassen sind möglichst zu vermeiden und negative Kardinalpunkte wie Gräben, Vernässungen oder Blocküberlagerungen grundsätzlich zu umgehen. Um die Fahrstrecken des Forwarders weiter zu senken, sollte die Zahl der Sortimente generell auf ein sinnvolles Maß reduziert werden. Absolutes Minimum ist ein Hiebsanfall von einer LKW-Ladung pro Sortiment (25 Fm).
Vielfach sind die vorgesehenen **Lagerplätze** für die anfallenden Hiebsmengen, insbesondere bedingt durch eine mitunter hohe Zahl an Sortimenten, bezüglich ihrer Größe deutlich unterdimensioniert. Eine kontinuierliche Abfuhr aus dem laufenden Hieb könnte diese Situation verbessern und gleichzeitig den **Holzfluß** und damit auch den Rücklauf der Abmaßprotokolle der Werkseingangsvermessung deutlich **beschleunigen** respektive die Abrechnungszeiträume verkürzen.
In Folge gestiegener Anforderungen und höherer Verantwortung ist aus Sicht der Unternehmer eine verstärkte **Funktionalisierung** der Stellen im Bereich der mechanisierten Holzernte unumgänglich. Gefordert ist in Zukunft ein professioneller Ansprechpartner, der betriebsübergreifend für sämtliche Aufgaben von der Planung bis hin zur Disposition der Abfuhr zuständig ist.
Eine Berücksichtigung der hier angeführten Punkte läßt nach Angaben der Befragten für den Bereich der mechanisierten Holzernte **allein für den Harvester** eine Leistungssteigerung zwischen 6 und 15% erwarten, was je nach Maschine einer potentiellen Kosteneinsparung von mindestens 1 bis 2 €/Fm entspricht.

[1] vgl. LEINERT, S.: Zukunftsfähige Organisation der Waldarbeit, Forst und Holz, 21/1998, S 650
[2] vgl. WALTER, H.: Bestimmungsgrößen des Schadumfangs bei unterschiedlichen Durchforstungsverfahren der Fichte mit Langkran-Radharvestern, 2001, S. 41 ff

4.3 Aufarbeitung

4.3.1 Untersuchte Maschinen

Bei den im Rahmen des Forschungsprojektes *Harvester (I.)* untersuchten Maschinen handelt es sich mit Ausnahme des *Königstigers* um Radharvester unterschiedlicher Größenklassen. Während der *Valmet 901.1* mit einer Motorleistung von 83 kw als typische Durchforstungsmaschine einzuordnen ist, ist der *Ponsse Ergo* mit 180 kw vornehmlich für die Aufarbeitung von Endnutzungsbeständen und Laubholz konzipiert. Der *Timberjack 1270A* ist demnach als eine Art Universalmaschine zu bezeichnen, die in erster Linie für stärkere Baumdimensionen ausgelegt ist, zur besseren Auslastung aber durchaus auch in Durchforstungsmaßnamen eingesetzt werden kann. Der *Impex Königstiger* ist dagegen eine Spezialmaschine, die aufgrund seines tiltbaren Oberwagens und der großen Hubkräfte des Krans vor allem für die Aufarbeitung von stärkerem Holz in steileren Hanglagen geeignet ist. Das Einsatzgebiet der vier Maschinen konzentriert sich im Wesentlichen auf die bayerischen Regierungsbezirke Oberpfalz sowie Ober- und Unterfranken. Standortbedingt überwiegt in den Erntebeständen demnach klar das Nadelholz mit Fichten- und Kiefernbeständen, Laubholz ist in seltenen Fällen beigemischt.

Ergänzt wird dieses Maschinenkollektiv durch das Nachfolgemodell *Valmet 901.2* und den *Valmet 801 Combi*, welche im Rahmen des Forschungsprojektes *Kombimaschine (II.)* (vgl. Kap. 1.4, S. 24) untersucht wurden. Die Studien wurden in Brandenburg und Sachen-Anhalt durchgeführt, wodurch sich das Baumartenspektrum ausschließlich auf die Kiefer beschränkt.
Mit diesen sechs Maschinen ist das Spektrum der Motorleistung derzeitiger Harvester weitgehend abgedeckt. Tabelle 9 gibt einen Überblick über die wichtigsten Kennzahlen zu den einzelnen Maschinen.

Tabelle 9: Datengrundlage und technische Daten der untersuchten Erntemaschinen

technische Daten	Impex Königstiger	Ponsse Ergo	Timberjack 1270 A	Valmet 901.1	Valmet 901.2	Valmet 801 Combi
Baujahr	1998	2002	1996	1995	2002	2002
Krantyp	./.	HN 125	L 190	Cranab 998	Cranab CRH14	Cranab CRC15
Aggregat	Lako 63	H73	746 B	Valmet 945	Valmet 330	Valmet 330 Duo
Bordcomputer	Motomit 4	Opti 4G	TIM-3000	VMM 1100	Maxi	Maxi
Motorleistung [kw]	125	180	114	83	125	95
Fälldurchmesser [cm]	63	70	50	47,5	50	50
Vorschubkraft [KN]	27	26	21	12,7	12	12
Hubmoment Kran [KNm]	206	190	147	81	134	./.
Schwenkmoment [KMm]	./.	35	30	30,2	36	./.
Kranreichweite [m]	14,7	10	10	9,6	11	11
Datengrundlage						
Zeitstudien [d]	2	-	2	2	1	4
Langzeitbeobachtung [d]	419	280	401	451	-	28
Projekt	**I.)**	**I.)**	**I.)**	**I.)**	**II.)**	**II.)**

Eine Übersicht des zeitlichen Umfanges der Forschungsprojekte sowie der jeweiligen Untersuchungsregion findet sich in Anhang 1 (S. 191) und Abbildung 3 (S. 26).

4.3.2 Ergebnisse aus Zeitstudien

Mit Ausnahme der *Ponsse Ergo* liegen zu allen in Tabelle 9 (S. 99) vorgestellten Maschinen ausführliche Zeitstudiendaten vor. Betrachtet man die Anteile der einzelnen Teilarbeiten, wie sie im Rahmen der detaillierten Beobachtung für insgesamt 869 Bäume dokumentiert sind, so überwiegt bezogen auf die reine Arbeitszeit (RAZ) eindeutig die Tätigkeit „Fällen und Aufarbeiten“ (vgl. Abbildung 35). Das Positionieren des Aggregates, als Vorbereitung des Fällvorgangs, ist im Wesentlichen abhängig von der Entfernung des Baumes zur Rückegasse sowie der Geschicklichkeit des Fahrers. Mit abnehmender Eingriffstärke bzw. ansteigenden Baumdimensionen nimmt der Anteil an Fahrbewegungen zu.

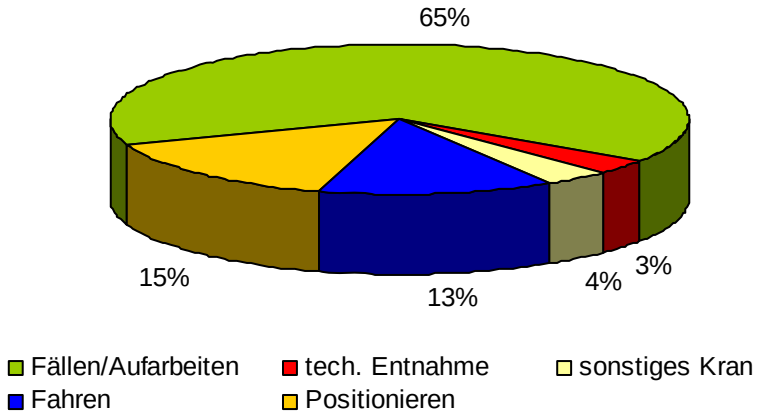


Abbildung 35: Zeitanteile der beobachteten Ablaufabschnitte RAZ [%]

Ein detaillierter Überblick über die Struktur der erhobenen Zeiten ist der Tabelle 19 im Anhang (S. 195) zu entnehmen. Um die Form der Häufigkeitsverteilungen zu charakterisieren, werden in dieser Übersicht Perzentile aufgelistet, da die Zeiten in der Regel nicht normalverteilt sind. Neben der reinen, produktiven Arbeitszeit (RAZ) sind ebenfalls die allgemeinen Zeiten (AZ) berücksichtigt, die sich in maschinenbedingte Unterbrechungen (z.B. Tanken, Wartung) mit einem Anteil von ca. 12% und persönliche Verteilzeiten mit rund 3% untergliedern.
Bezogen auf die Maschinenarbeitsstunde (MAS) (vgl. Abbildung 5, S. 29) beträgt der Anteil allgemeiner Zeiten 11% der Gesamtarbeitszeit. Addiert man weitere rund 5% für Rüsten, Tanken und Routinewartung zu Beginn und/oder zu Ende der Arbeitszeit dazu, so nähert man sich dem üblicherweise kalkulierten Rahmen **allgemeiner Zeiten von 15 bis 20%** der Gesamtarbeitszeit. Durch diesen prozentualen Zuschlag auf die reine Arbeitszeit errechnet sich die Maschinenarbeitsstunde als Basis einer Kostenkalkulation.
Die bestimmende Größe zur Ermittlung der technischen **Arbeitsproduktivität** ist im Wesentlichen der Zeitbedarf für das Fällen und Aufarbeiten eines Baumes (vgl. Abbildung 35) in Abhängigkeit von den erfaßten Einflugsgrößen Baumvolumen und Anzahl der ausgehaltenen Sortenstücke pro Baum. Da kein Zusammenhang der Zeitbedarfswerte für andere Teilarbeiten zu diesen Variablen festgestellt wurde (vgl. Tabelle 19 im Anhang, S. 195), konzentriert sich die Regressionsanalyse auf diesen Arbeitsablaufabschnitt.

Tabelle 10: Zeitbedarfswerte [min/Baum] (RAZ) [1]

Maschine	Fahrer	Fahren	Positionieren	Fällen/Aufarbeiten	tech. Entnahme	sonst. Kran
Valmet 901.1	1	0,205	0,150	0,825	0,082	0,037
TJ 1270A	2a	0,160	0,203	0,665	0,011	0,028
TJ 1270A	2b	0,142	0,181	0,782	0,017	0,035
Königstiger	3	0,150	0,189	0,954	0,033	0,077
Königstiger	4	0,212	0,264	1,104	0,052	0,081

Addiert man zu den einzelnen Regressionsmodellen (vgl. Anhang 4, S. 195) die Werte des mittleren Zeitbedarfs pro Baum der einzelnen Arbeitsschritte (Tabelle 10), so erhält man die reine Arbeitszeit pro Baum in Abhängigkeit vom Baumvolumen. Wie Abbildung 36 zeigt, liegen die Zeitbedarfskurven im schwächeren Holz sehr eng beieinander. In diesem Bereich wurde **kein signifikanter Unterschied** zwischen den einzelnen Maschinen festgestellt.

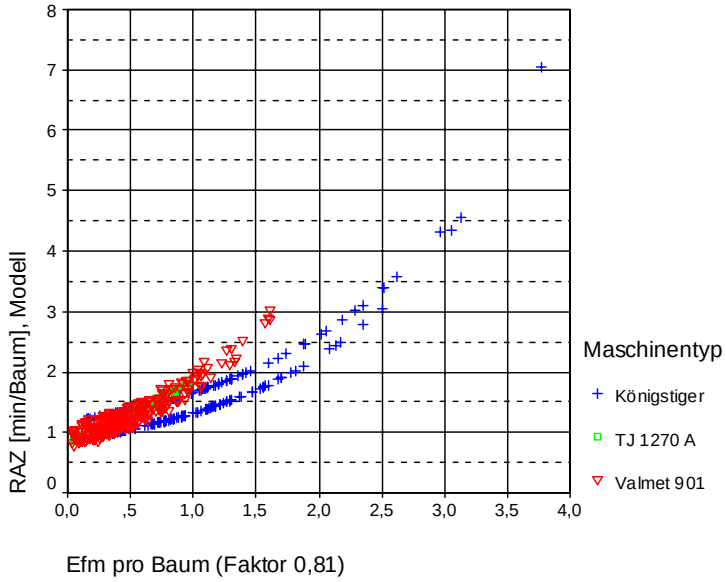


Abbildung 36: Reine Arbeitszeit pro Baum abhängig vom Baumvolumen [1]

Bedingt durch die höhere Motorleistung und das größere Aggregat (vgl. Tabelle 9, S. 99) ist der *Königstiger* ab einem Einzelbaumvolumen von 0,75 bis 1 Fm den beiden anderen Maschinen überlegen. Neben den unterschiedlichen Leistungsklassen der Maschinen tritt in Abbildung 36 ein deutlicher **Fahrereffekt** zu Tage, wie er sich gleichermaßen in Tabelle 10 abzeichnet. Der höhere Zeitbedarf von Fahrer 4 ist in diesem Fall auf dessen geringe Erfahrung mit dieser Maschine zurückzuführen. Unterstellt man ihm positive Übungseffekte, besteht die Aussicht, daß er sich dem Niveau von Fahrer 3 annähern kann. Dagegen haben beständig differente Leistungsniveaus nachhaltige Auswirkungen auf die Produktivität eines Erntesystems. Trotz der höheren Motorleistung des *Timberjack 1270* ist bis zu einem Einzelbaumvolumen von 1 Fm kein Unterschied zum *Valmet 901* erkennbar. Aus Zeitbedarfsfunktionen resultiert ein typischer Verlauf der Produktivität, wie er in nachstehender Abbildung 37 dargestellt ist.

[1] Quelle: PAUSCH, VON BODELSCHWINGH, 2003

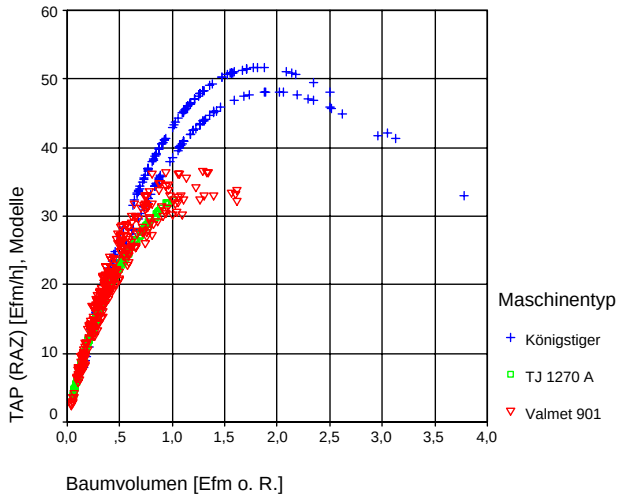


Abbildung 37: Produktivität bezogen auf RAZ in Abhängigkeit vom Baumvolumen [1]

Während im schwächeren Holz die Produktivität aller Maschinen beinahe identisch ist, folgt der gekrümmte Verlauf der TAP im Bereich höherer Baumvolumina dem entsprechend zunehmenden Zeitbedarf (vgl. Abbildung 36). Erwartungsgemäß erreicht die Durchforstungsmaschine *Valmet 901* früher ihr Produktivitätsmaximum als der für Endnutzungen konzipierte *Königstiger*. Versuchsbedingt liegen für den *Timberjack 1270* keine Zeitstudiendaten im stärkeren Holz vor, die sein Produktivitätsmaximum abbilden könnten.

4.3.3 Ergebnisse aus Langzeituntersuchungen

Bezüglich der in Kap. 2.2 (S.31) diskutierten Unterschiede zwischen detaillierten Zeitstudienergebnissen und Leistungskennzahlen aus Alltagsbedingungen wurden anhand von **1.551 tageweisen Leistungsaufschrieben** ergänzende Produktivitätswerte der untersuchten Maschinen erhoben (vgl. Tabelle 9, S. 99).
In Übereinstimmung aller bisheriger Untersuchungen bestätigte sich die Erkenntnis, daß das mittlere Baumvolumen bzw. die Stückmasse der einzelnen Abschnitte die **wichtigste Einflußgröße** für den Zeitbedarf bzw. die Produktivität ist.[2] Das mittlere Baumvolumen errechnet sich aus dem Quotienten des gemessenen Holzvolumens und der Anzahl der geernteten Bäume.
Eine Größe, die bei mechanisierten Holzernteverfahren zuweilen deutlich unterschätzt wird, ist der **X-Holzanteil** der aufgearbeiteten, verkaufsfähigen Holzmenge. Es handelt sich dabei um aufgearbeitetes Derbholz (Kronen, faule Abschnitte, etc.), welches als „Abfall“ im Bestand verbleibt. Eine Auswertung der vom Bordcomputer aufgezeichneten Daten zeigt, daß der X-Holzanteil signifikant zunimmt, je schwächer die Bäume werden (Abbildung 38).

[1] Quelle: PAUSCH, VON BODELSCHWINGH, 2003
[2] vgl. PAUSCH (2002), PAUSCH, PONITZ (2002), STAMPFER (2002)

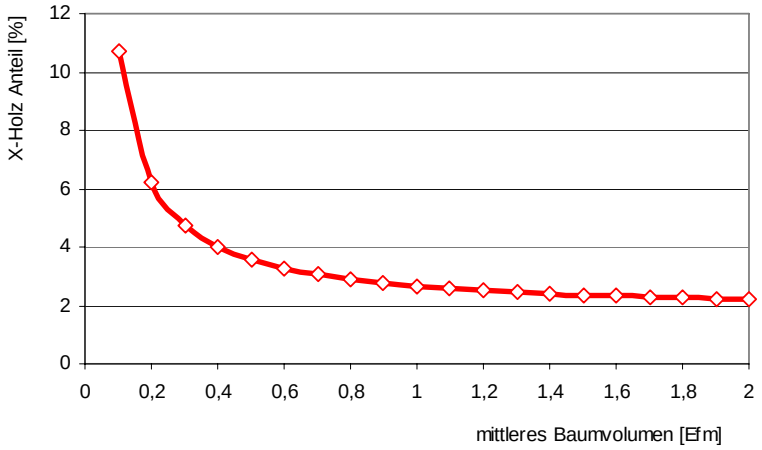


Abbildung 38: Mittlerer X-Holzanteil und mittleres Baumvolumen [1]

Während sich der X-Holzanteil ab einem mittleren Baumvolumen von 0,7 Fm in einem Bereich von zwei bis drei Prozent einpendelt, steigt er unterhalb von 0,3 Fm stark an (Details zur X-Holz Funktion: siehe Tabelle 21, Anhang 4, S. 195).
Somit reduziert sich gemessen am Gesamtvolumen eines Hiebs [Fm o.R. inkl. X-Holz] mit steigendem X-Holzanteil [Fm o.R.] entsprechend die Menge an verkaufsfähigem Holz [Efm o.R.] und senkt demzufolge die Produktivität [Efm/h] von Erntesystemen, die in Schwachholz ohnehin schon degressiv ist (vgl. Abbildung 37, S. 102).
In der Wissenschaft werden Produktivitäten und Kosten von Holzerntesystemen in der Regel anhand von Leistungsdaten aus Zeitstudien erhoben und abgeleitet, die sich auf Bedingungen einzelner Versuchsbestände beziehen. Des weiteren werden diese Studien meist unter Optimalbedingungen durchgeführt, so daß diese Leistungen eher **Spitzenwerte** repräsentieren und nicht ohne weiteres mit alltäglichen Praxiswerten gleichzusetzen sind.[2]

Diese Hypothese bestätigt sich in dem Vergleich der Produktivitäten der Zeitstudiendaten und der Langzeitbeobachtung.

Das auf Zeitstudiendaten basierende Produktivitätsmodell (vgl. Abbildung 37, S. 102) bezieht sich auf die reine Arbeitszeit (RAZ), da bei dieser kurzfristigen Beobachtungsform der Anteil allgemeiner Zeiten (AZ) nur unzureichend erhoben werden kann.[3] Selbst bei Berücksichtigung eines praxisüblichen Zuschlages von 15 bis 20% für allgemeine Zeiten (vgl. Kap. 4.3.2, S. 100), wird die Produktivität des Zeitstudienmodells im Vergleich zur langfristigen Beobachtung **deutlich überschätzt** (Abbildung 39). Es bestätigt sich jedoch die Erkenntnis der Zeitstudiendaten, daß die Produktivität der einzelnen Maschinen insbesondere bei schwächerem Holz nahezu ebenbürtig ist (vgl. Abbildung 37, S. 102).

[1] Quelle: PAUSCH, VON BODELSCHWINGH, 2003
[2] vgl. PAUSCH, R.: Ein Systemansatz zu Arbeitsvolumen und Kosten, 2002, S. 97 ff.
[3] vgl. PAUSCH, R., PONITZ, K.: Harvesterleistung und Hiebsbedingungen, Forst & Technik 4/2002, S. 10.

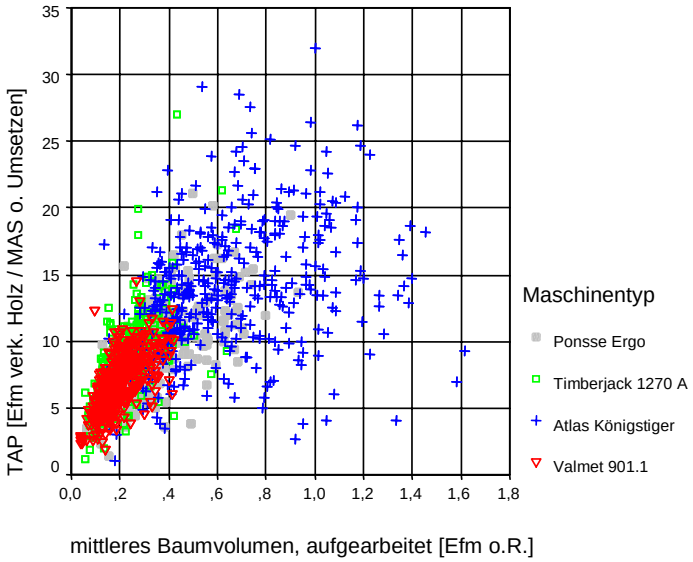


Abbildung 39 : Produktivität (TAP) und mittleres Baumvolumen (inkl. X-Holz) [1]

Wie die langfristige Beobachtung belegt, werden bei selektiven Durchforstungen Harvesterproduktivitäten über 20 Efm/MAS nur an **wenigen Tagen** erzielt. Gleichzeitig spiegelt sich in Abbildung 39 der allgemeine Trend wider, daß die Maschinen überwiegend in (zu) schwachen Beständen mit einem mittleren Baumvolumen unterhalb von 0,5 Fm eingesetzt werden und dadurch ihr eigentliches **Produktivitätsoptimum nur selten erreichen**. Der optimale Einsatzbereich für Radharvester liegt im Nadelholz in Abhängigkeit der Maschinengröße derzeit in einem Bereich des mittleren Baumvolumens zwischen 0,6 und 1 Efm.
Abbildung 40 veranschaulicht den hyperbelartigen Verlauf des Zeitbedarfs pro Festmeter verkaufsfähigen Holzes (Kehrwert der TAP) abhängig vom mittleren Baumvolumen.

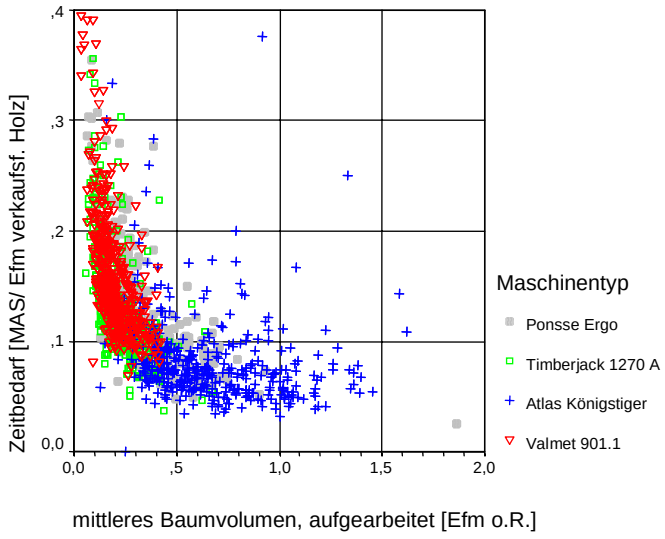


Abbildung 40 : Zeitbedarf pro Festmeter in Abhängigkeit des mittleren Baumvolumens [1]

[1] Quelle: PAUSCH, VON BODELSCHWINGH, 2003

Sehr deutlich wirkt sich das Stück-Masse-Gesetz mit abnehmenden Baumvolumen bei allen Maschinen aus. Der Abbildung 40 ist zu entnehmen, daß der Zeitbedarf und damit auch die Kosten pro Festmeter unterhalb eines mittleren Baumvolumens von 0,25 Efm explosionsartig in die Höhe zu schnellen beginnen. Der X-Holzanteil (vgl. Abbildung 38, S. 103) ist in dieser Abbildung noch gar nicht berücksichtigt.
Entsprechend der niedrigen Stück-Masse im Einsatzgebiet der Maschinen (vgl. Abbildung 39, S. 104) schlägt sich die Aufarbeitungsleistung pro Tag bzw. Arbeitsschicht nieder. Wichtigste Eingangsgröße ist hierbei neben der TAP die tägliche Anzahl produktiver Maschinenarbeitsstunden (MAS).

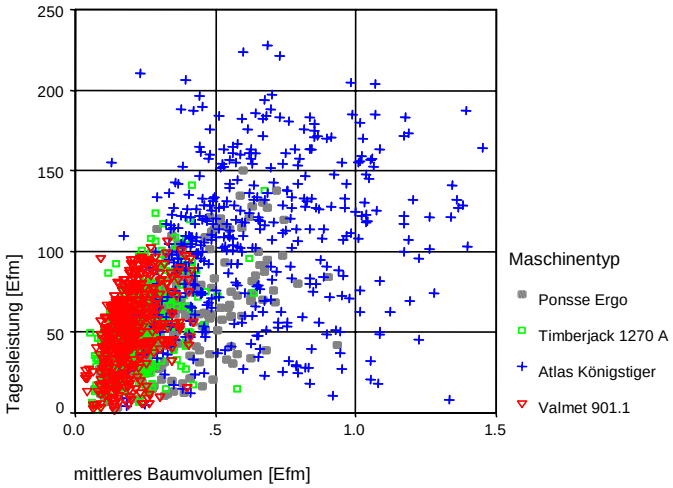


Abbildung 41 : Aufarbeitungsleistung in Abhängigkeit des mittleren Baumvolumens [Efm/Tag bzw. Schicht) [1]

Die teilweise sehr weite Streuung ist nicht zu letzt auf die erheblichen Schwankungen der täglichen Betriebsstunden zurückzuführen (vgl. Tabelle 20, Anhang 4, S. 195). Mögliche Ursachen sind Unterbrechungen durch Umsetzen, Wartung, Reparatur, etc.. Im Mittel wurde von den Radharvestern eine Leistung von rund **60 Efm pro Tag** erreicht.
Bedingt durch das höhere Baumvolumen läßt sich für den *Königstiger* eine durchschnittliche Leistung von knapp 110 Fm pro Tag ableiten.

Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß die Ergebnisse aus kurzfristigen Zeitstudien eher die Obergrenze der möglichen Produktivität von Harvestern repräsentieren. Bezogen auf die Leistung einer Maschinenarbeitsstunde (MAS) im **langfristigen Praxiseinsatz** sind diese Produktivitätsniveaus gemessen an der reinen Arbeitszeit (RAZ) (vgl. Abbildung 5, S. 29) um den **Faktor 2** nach unten zu korrigieren. Bei Zeitstudienerhebungen inklusive allgemeiner Zeiten kleiner 15 min (=MAS) ist ein **Faktor von 1,5** anzusetzen.[2] Weitere Details finden sich in PAUSCH, VON BODELSCHWINGH (2003).

[1] Quelle: PAUSCH, VON BODELSCHWINGH, 2003
[2] vgl. PAUSCH, R.: Ein Systemansatz zu Arbeitsvolumen und Kosten, 2002, S. 120

4.4 Holzrückung

4.4.1 Untersuchte Maschinen

Infolge der Datenerhebungen zu den einzelnen Forschungsprojekten liegen für die Rückung von Kurzholz Kennzahlen zu Forwardern unterschiedlicher Größenklassen sowie einer Kombimaschine (Harwarder) vor (vgl. Tabelle 11).
Der *Valmet 820* und der *Ponsse Caribou* sind bedingt durch die Motorleistung und das Eigengewicht eher Tragschleppern der unteren Leistungsklasse zuzuordnen. Der *Valmet 860* stellt mit einer Nutzlast von 14 Tonnen derzeit die Obergrenze der in Deutschland eingesetzten Forwarder dar. Bei den Auswertungen werden ergänzend einige bedeutende Parameter berücksichtigt, die im Rahmen der Untersuchung des Harwarders *Valmet 801 Combi* erhoben wurden. Bedingt durch das durchweg unterschiedliche Arbeitsverfahren lassen sich allerdings lediglich einzelne Arbeitsablaufabschnitte wie Fahrbewegungen und Beladezyklen in die Gesamtauswertung integrieren.
Entsprechend der Erhebungsmethodik der Harvesterstudien wurden ebenfalls detaillierte Zeitstudien sowie Langzeitbeobachtungen durchgeführt.

Tabelle 11 : Datengrundlage und technische Daten der untersuchten Rückemaschinen

technische Daten	**Valmet 820**	**Valmet 860**	**Ponsse Caribou**	**Valmet 801 Combi**
Baujahr	1997	2002	1999	2002
Krantyp	Cranab 580	Cranab CRF 8	K70S	Cranab CRC15
Kranreichweite [m]	6,75	7,5	7,3	11
Motorleistung [kw]	80	130	91	95
Nutzlast [t]	8,5	14	10	13
Hubmoment Kran [KNm]	60,3	105	95	./.
Schwenkmoment [KNm]	16,2	35,9	23,5	./.
Greiferfläche [m²]	0,23	0,26	0,28	0,2
Datengrundlage				
Zeitstudien [d]	1	3	-	1
Langzeitbeobachtung [d]	-	34	26	-
Projekt	**II.)**	**III.)**	**V.)**	**II.)**

Angaben zum zeitlichen Umfang der Forschungsprojekte sowie zur Untersuchungsregion sind der Übersicht in Anhang 1 (S. 191) und Abbildung 3 (S. 26) zu entnehmen.

4.4.2 Ergebnisse aus Zeitstudien und Langzeitbeobachtungen

Die Rückeleistung von Forwardern hängt allgemein von zwei wesentlichen Einflußgrößen ab, der **Stückmasse** des einzelnen Abschnittes sowie der **Rückeentfernung** bei unterschiedlichen Geländeverhältnissen.[1]
Bezüglich der Stückmasse ist neben der **Anzahl** auch die **Länge** der ausgehaltenen Sortimente zu berücksichtigen. Bei schwächeren Industrieholzsortimenten reduziert sich durch die größere Anzahl an Hohlräumen zwischen den einzelnen Sortenstücken das Ladevolumen.[2] Gleichzeitig erhöht sich mit der Anzahl ausgehaltener Sortimente die Anzahl an Fuhren, da diese in der Regel sortimentsweise gerückt werden.
Abbildung 42 verdeutlicht die Zeitverteilung der Ablaufabschnitte bei der Forwarderrückung.

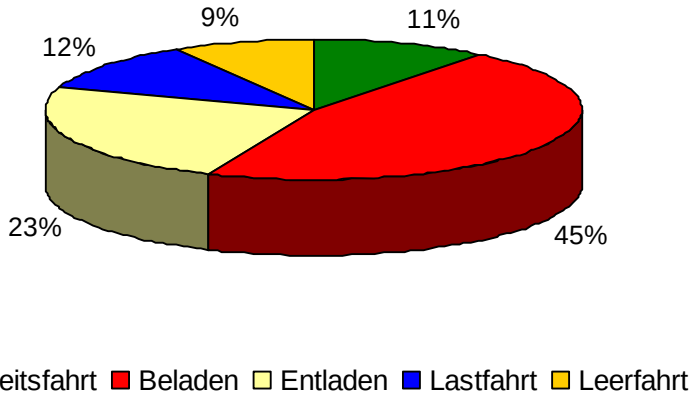


Abbildung 42 : Zeitanteile der Arbeitsablaufabschnitte (RAZ)

Erwartungsgemäß überwiegt die Tätigkeit des Beladens mit nahezu der Hälfte der reinen Arbeitszeit, gefolgt von dem Entladevorgang, der rund ein Viertel der Arbeitszeit (RAZ) beansprucht. Ein gutes Drittel verteilt sich somit auf die Fahrbewegungen der Maschine. Die durchschnittliche Rückedistanz, die diesen Studien zugrunde liegt, beträgt 290 Meter.
Die Verteilung der Zeitanteile läßt sich gut vereinbaren mit Ergebnissen von Mc NEEL und RUTHERFORD (1994) sowie AFFENZELLER und STEINMÜLLER (2005), welche das Beladen und die Arbeitsfahrt summiert als einen Ablaufabschnitt darstellen.[3]
Bei den eigenen Zeitstudien wurde die Arbeitsfahrt als separater Zyklus erhoben, welcher die Fahrbewegungen des Forwarders zwischen den einzelnen Ladezyklen entlang der Rückegasse beschreibt. Des weiteren wurden die Fahrzeiten auf der Forststraße bzw. dem Waldweg zwischen Gasse und Entladeort festgehalten.
Alle Fahrbewegungen lassen sich jeweils weiter differenzieren nach Last- und Leerfahrt. Die Erhebung der Bezugsgrößen wurde speziell bei dem Projekt *VALMETrailer (III.)* dadurch erleichtert, daß die Testmaschine mit dem System „*Maxi Forwarder*“ ausgestattet war, was eine **metergenaue Erhebung** der Fahrstrecken

[1] vgl. PAUSCH, R.: Ein Systemansatz zu Arbeitsvolumen und Kosten, 2002, S. 85
[2] HEMM, M.: Simulationssoftware für die Entscheidungsunterstützung in der forsttechnischen Produktion, 2004, S. 52
[3] vgl. LÜTHY, C.: Kalkulationsgrundlage für das Holzrücken mit Forwarder, 1997, S. 31

ermöglicht. Die Genauigkeit dieser Werte wurde durch mehrere Referenzmessungen mit einem Laserentfernungsmesser überprüft.
Aus dem Quotienten von Fahrstrecke und Dauer läßt sich die Geschwindigkeit für die einzelnen Varianten berechnen (Abbildung 43).

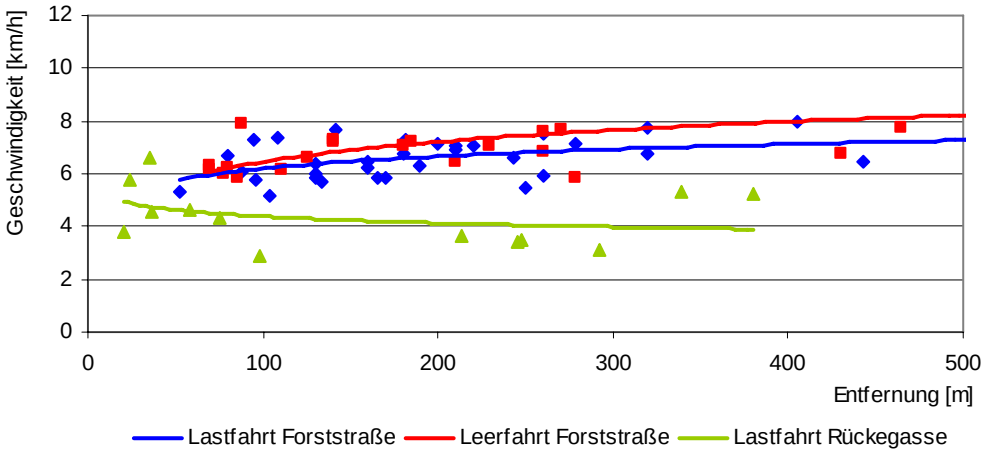


Abbildung 43 : Forwarder Fahrgeschwindigkeiten

Abbildung 43 zeigt die Fahrgeschwindigkeiten des Forwarders auf der Rückegasse und der Forststraße. Mit abnehmender Fahrstrecke ist eine geringe Differenz zwischen Lastfahrt und Leerfahrt auf der Forststraße feststellbar. Je nach Ausbaustandard der Forststraße und Entfernung zur Gasse kann bei der Leerfahrt kurzzeitig auch der schnellere Gruppengang des Forwarders genutzt werden. Während der Zeitstudien wurde dabei eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 7,2 km/h ermittelt.
Im beladenen Zustand zeichnet sich ein deutlicher Unterschied der Fahrgeschwindigkeiten auf der Forststraße (6,6 km/h) und Rückegasse (4,3 km/h) ab. Für die Arbeitsfahrt auf der Rückegasse läßt sich ferner eine Fahrgeschwindigkeit von 3,0 km/h ableiten. Bezüglich der Fahrtrichtung auf der Gasse (vorwärts, rückwärts) konnte kein Einfluß nachgewiesen werden.
Bei diesen eher **langsamen Fahrgeschwindigkeiten** von Forwardern sind Auswirkungen weiter Rückeentfernungen zu beachten, worauf auch LÜTHY (1997) hinweist.
Eine Rückedistanz von 300 m bedingt etwa eine Fahrtdauer von rund 3 Minuten; berücksichtigt man ferner die Leerfahrt zurück in den Bestand, so entspricht die gesamte Fahrtdauer einer Fuhre rund **10% einer Maschinenarbeitsstunde**.
Die hier dargestellten Fahrgeschwindigkeiten lassen sich sehr gut vereinbaren mit den Eingangsdaten des Simulationsmodells von HEMM (2004)[1].

Das Beladen des Forwarders durch den eigenen Kran beansprucht im Praxisalltag den Großteil der reinen Arbeitszeit (vgl. Abbildung 42, S. 107). Die Leistung hängt dabei wesentlich von der **Stückmasse** ab, die sich aus dem Durchmesser und der Länge der Abschnitte errechnet.
Bei Durchforstungsmaßnahmen sind die Sortenstücke in der Regel vom Harvester nur in begrenzter Stückzahl **vorkonzentriert**, so daß der Forwarder beim Beladen sein maximales Greifervolumen und die Hubkraft des Krans nicht voll ausnutzen

[1] HEMM, M.: Simulationssoftware für die Entscheidungsunterstützung in der forsttechnischen Produktion, 2004, S. 49

kann.[1] [2] Dies belegen Zeitstudienergebnisse mit einem *Valmet 820* und *Valmet 860* Forwarder, bei denen als Bezugsgröße die Stückzahl pro Kranzyklus (=Greiferinhalt) berücksichtigt wurde.

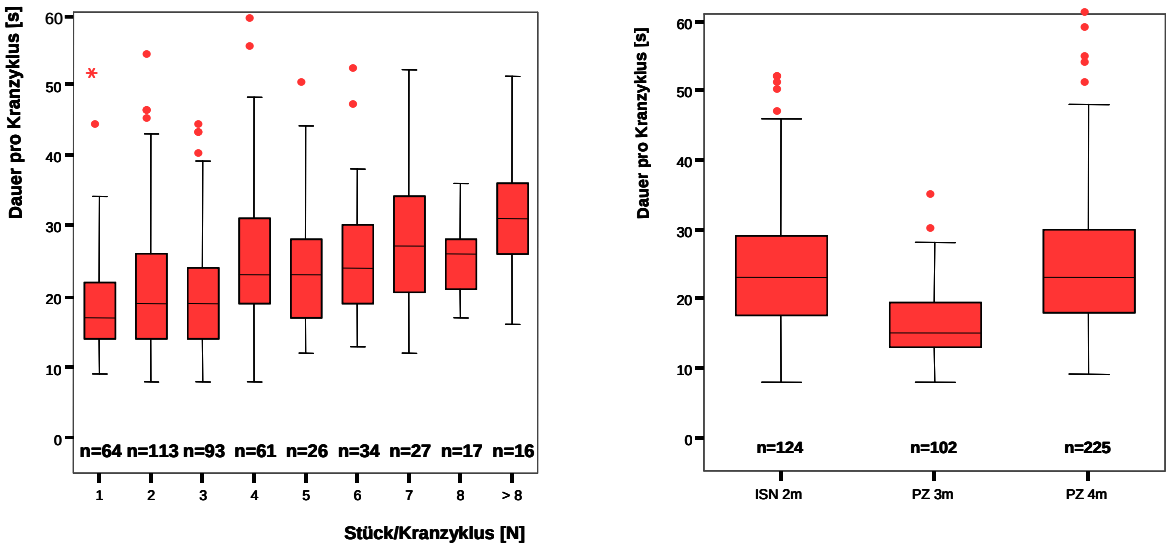


Abbildung 44 : Zeitbedarf Beladen abhängig vom Greiferinhalt a) und Sortiment b)

In Abbildung 44 a) ist die Dauer eines Kranzyklus in Abhängigkeit der Stückzahl bei unterschiedlichen Sortimenten dargestellt. Erwartungsgemäß ist mit zunehmender Stückzahl ein tendenzieller Anstieg der Beladedauer pro Kranzyklus zu beobachten. Dieser Zusammenhang ist allgemein für alle Sortimente gültig (vgl. Anhang 5, S.201). Bezogen auf die **Beladeleistung** ist dieser zeitliche Mehraufwand in der Regel jedoch vernachlässigbar, da mit höherer Stückzahl gleichzeitig ein größeres Holzvolumen manipuliert wird.
Während bei PZ-Sortimenten 1 bis max. 7 Abschnitte pro Zyklus geladen werden, ist die Anzahl bei kurzen Papierholzabschnitten (ISN 2m) nahezu doppelt so groß. Im Durchschnitt werden pro Kranzyklus 2,7 PZ und 5,8 ISN-Abschnitte geladen, was ebenfalls durch die Ergebnisse von MC NEEL, RUTHERFORD (1994) und POHL (2005) bestätigt wird.[3] Eine Verallgemeinerung ist jedoch nicht zulässig, da sie im Einzelfall von der Eingriffstärke und Anzahl ausgehaltener Sortimente abhängig ist. Demnach wäre die höchste Beladeleistung bei Kahlschlägen mit lediglich einem Sortiment erreichbar. Dagegen ist bei Durchforstungen die Arbeitsqualität des Harvesterfahrers nicht zu unterschätzen, der durch eine sorgfältige Vorsortierung der Abschnitte die Beladung deutlich erleichtern kann.[4]
Abbildung 44 b) zeigt die Zyklusdauer in Abhängigkeit der zu ladenden Sortimente. Demzufolge liegt der Median eines Beladezyklus für die Sortimente ISN 2m und PZ 4m einheitlich bei 23 Sekunden, während das Laden der 3m-Abschnitte durchschnittlich 8 Sekunden schneller verläuft. Dies erscheint plausibel, da sich PZ-Abschnitte lediglich in **einer Länge** auf dem Rungenkorb des Forwarders aufladen lassen, während das kürzere 2m-Papierholz als **Doppellänge** (hintereinander) gerückt werden kann. Dieses präzise Beladen hat allerdings einen höheren

[1] vgl. Mc NEEL, J.F., RUTHERFORD, D.: Modelling Harvester-Forwarder System Performance in a Selection Harvest, Journal of Forest Engineering, Vol. 6, No. 1; 1994, S. 13
[2] vgl. LÜTHY, C.: Holzrücken mit Forwarder, Wald und Holz 4/97, 1997, S. 33 ff.
[3] vgl. POHL, R.: Validierung einer Holzerntesimulation mit Hilfe speziell durchgeführter Zeitstudien, 2005, S. 78 ff.
[4] vgl. LÜTHY, C.: Kalkulationsgrundlage für das Holzrücken mit Forwarder, 1997, S. 12

Zeitbedarf zur Folge und ist somit gleich der Beladedauer der 4m PZ-Abschnitte, die sich speziell bei Durchforstungen diffiziler als die kürzeren Längen aus Zwischenräumen des verbleibenden Bestandes manipulieren lassen.
Gemäß den 95%-Perzentilen von Abbildung 44 a) und b) schwankt der Zeitbedarf eines Beladezyklus zwischen 8 und 50 Sekunden, wobei sich ein rechnerischer Mittelwert von 22,86 Sekunden einstellt. Zur Absicherung lassen sich diese Daten mit einem größeren Zeitstudienkollektiv überprüfen, bei dem der **Greiferinhalt** als Bezugsgröße **nicht berücksichtigt** wurde (Abbildung 45).

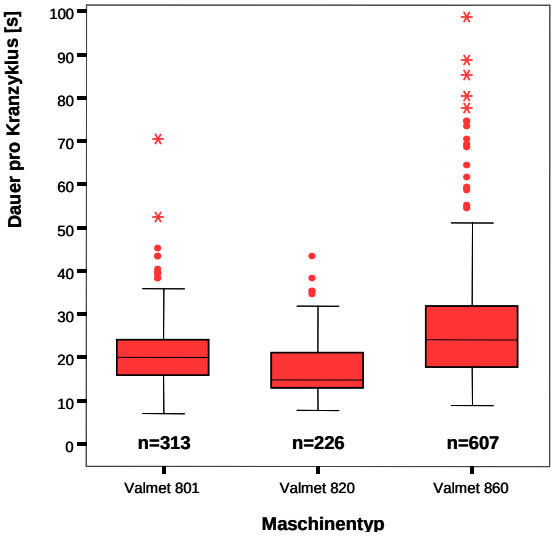


Abbildung 45 : Zeitbedarf von Beladezyklen unterschiedlicher Maschinentypen

Abbildung 45 zeigt den Zeitbedarf von **1.146 Beladezyklen**, wie bei fünf Zeitstudien mit drei Testmaschinen und unterschiedlichen Fahrern beobachtet. Analog zu Abbildung 44 a) und b) ist bei allen Maschinen eine ähnliche Streubreite erkennbar, woraus sich ein durchschnittlicher Zeitbedarf von 23,14 Sekunden für einen Kranzyklus ableiten läßt. Mit einer Abweichung von lediglich drei Zehntel Sekunden bestätigt sich damit die mittlere Beladedauer aus Abbildung 44 a), die als zusätzliche Bezugsgröße die Stückzahl pro Kranzyklus berücksichtigt.
Insgesamt ist bezüglich des Ladevorgangs eine gute Übereinstimmung mit den Daten von HEMM (2004) und POHL (2005) gegeben.[1] [2]

Im Gegensatz zum Beladen ist beim **Entladen** die Dauer eines Kranzyklus lediglich von untergeordneter Bedeutung. Bei voll beladenem Rungenkorb, der je nach Sortiment und Maschinentyp ein Fassungsvermögen von 6 bis 12 Fm besitzt, kann jetzt das **maximale Greifervolumen** und die **volle Hubkraft** des Krans genutzt werden. Somit wird die Entladeleistung maßgeblich durch die **Stückmasse** beeinflußt, die bei beschränkter Zangenkapazität (Greiferöffnung) hauptsächlich von der Länge der Abschnitte abhängig ist. Während diese Bezugsgröße bei Zeitstudien mittels Kluppung der Stirnflächen (vorne und hinten) der einzelnen Abschnitte gemessen wurde, wurde bei der Langzeitbeobachtung das jeweilige Ladevolumen von den Maschinenführern angeschätzt.

[1] HEMM, M.: Simulationssoftware für die Entscheidungsunterstützung in der forsttechnischen Produktion, 2004, S. 51
[2] POHL, R.: Validierung einer Holzerntesimulation mit Hilfe speziell durchgeführter Zeitstudien, 2005, S. 78 ff.

Die **Entladeleistung** errechnet sich somit aus dem Quotient des im Rungenkorb geladenen Holzvolumens und der gemessenen Entladedauer je Fuhre.
In nachstehender Abbildung 46 ist am Beispiel von 4m PZ Abschnitten die Entladeleistung eines *Valmet 860* Forwarders bei 35 Fuhren an drei **Zeitstudientagen** und 135 Fuhren einer **Langzeitbeobachtung** vergleichend gegenübergestellt.

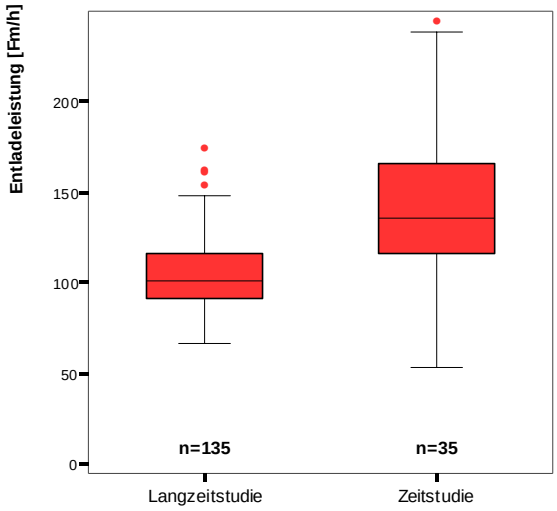


Abbildung 46 : Entladeleistung Valmet 860 bei 4m PZ Abschnitten, Vergleich Zeitstudienergebnisse und Langzeitstudie

An den Zeitstudientagen wurde mit durchschnittlich 140,77 Fm/h eine deutlich höhere Entladeleistung erreicht, als im langfristigen Praxisbetrieb, bei dem die Leistung im Mittel bei 104,47 Fm/h lag. Analog zu den Ergebnissen der Harvesterstudien (vgl. Kap. 4.3, S. 99) zeigt sich auch hier der von HAEBERLE (1986) und PAUSCH (2002) beschriebene **Zeitstudieneffekt**.
Da beim Entladevorgang mit dem geschätzten Ladevolumen eine geeignete Bezugsgröße erhoben wurde, läßt sich anhand der vorliegenden Datenbasis zwischen den Leistungszahlen aus Zeitstudien und Langzeitbeobachtung für Forwarder ein **Faktor von 1,34** ableiten. Dieser Wert läßt sich gut vereinbaren mit dem Faktor für Forstschlepper, den PAUSCH (2002) in einem Bereich zwischen 1,1 und 1,4 einschätzt.[1]
Im Zuge der Datenerhebungen der Projekte *VALMETrailer* *(III.)* und *GeoMail* *(V.)* wurden insgesamt 582 Forwarderfuhren dokumentiert, von denen 230 nach Plausibilitätskontrollen ausselektiert werden mußten.
Mit einer Datenbasis von **352 Fuhren** ist in Abbildung 47 die Entladeleistung von PZ-Abschnitten dargestellt, welche überwiegend die Stärkeklassen 1B bis 2B repräsentieren sowie Papierholz (ISN) einer Länge von 2m.

[1] PAUSCH, R.: Ein Systemansatz zu Arbeitsvolumen und Kosten, 2002, S. 85

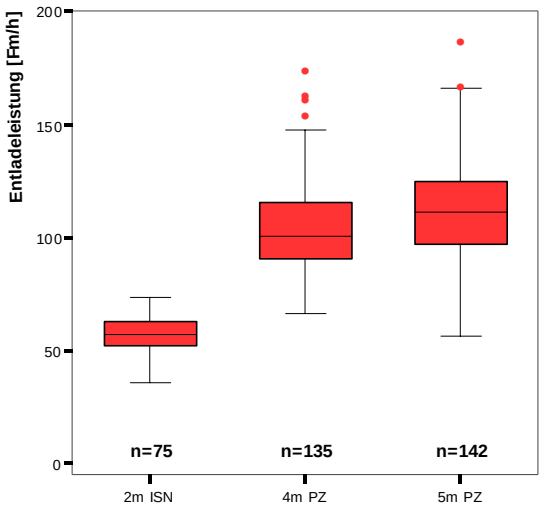


Abbildung 47 : Entladeleistung nach Sortimenten, Langzeitstudie

Anhand der Daten dieser Langzeitstudie läßt sich für 4m PZ-Abschnitte eine durchschnittliche Entladeleistung von 104,47 Fm/h. ableiten. Während bei den 5m-Längen die Leistung im Mittel nur marginal größer ist (112,13 Fm/h.), wirkt sich die Stückmasse bei kürzeren Abschnitten nachhaltig aus.
Quasi **proportional zur Holzlänge** sinkt die Leistung beim Entladen der 2m Papierholzabschnitte auf durchschnittlich 57,11 Fm/h. ab.

Die Entladeleistung nimmt bei den neuartigen **Trailerverfahren** (vgl. Kap. 3.2.2.3 b)), S. 76) ebenfalls eine zentrale Rolle ein. Dabei wird bei geeigneten Gelände- und Platzverhältnissen das Holz auf einen parallel zum Forwarder stehenden Sattelauflieger verladen und nicht mehr an der Waldstraße zwischengelagert. Im Rahmen des Forschungsprojektes *VALMETrailer (III.)* konnte belegt werden, daß für PZ-Sortimente zwischen der Direktverladung durch den Forwarder und der Beladung eines Trailers durch einen Kurzholzzug kein erkennbarer Unterschied besteht.
Ausschlaggebend für eine hohe Effizienz des Systems ist im Vergleich zur Polterung an der Waldstraße in erster Linie eine **Vermeidung zusätzlicher Fahrstrecken** des Forwarders zum Trailer, falls dieser nicht in unmittelbarer Nähe zur Hiebsfläche abgestellt werden kann.[1]
Im Einzelfall bleibt zu prüfen, ob dieses integrierte Ernte- und Transportverfahren sinnvoll einsetzbar ist und sich somit für alle Akteure die Vorteile **kurzer Durchlaufzeiten**, **hoher Holzqualitäten** und **günstiger Frei-Werk-Kosten** realisieren lassen.

[1] weitere Einzelheiten sind dem Abschlußbericht des Forschungsprojektes zu entnehmen

4.5 Holztransport

4.5.1 Untersuchungsumfang

Gemäß des bereits vorgestellten Erhebungsdesigns (vgl. Tabelle 1, S. 27) setzt sich die Fallstudie *Holztransport (IV)* aus einem Methoden-Mix aus **Zeitstudien** und **Experteninterviews** zusammen. Bei letzteren wurden die Spediteure an der Rundholzannahme vor bzw. während dem Entladevorgang bezüglich der geladenen Fuhre sowie bedeutender Kennzahlen zu dem eigenen Fuhrunternehmen anhand eines standardisierten Fragebogens (vgl. Anhang 9, S. 207) interviewt. Wie nachstehende Abbildung 48 verdeutlicht, ließen sich somit zum einen **betriebsbezogene Daten** erfassen, die einen Einblick in die Struktur und technische Ausstattung dieser Unternehmen ermöglichen, zum anderen **fahrtenbezogene Daten**, anhand denen sich der gesamte Transportzyklus der jeweiligen Tour weitgehend rekonstruieren läßt. Insgesamt konnten an sechs Tagen bei zwei Sägewerken und einem Papierwerk 179 Fuhren von 87 verschiedenen Fuhrunternehmen dokumentiert werden. An weiteren sechs Tagen wurden vier Spediteure bei 19 Fuhren mit 26 Beladestellen begleitet und die einzelnen Ablaufabschnitte mittels Zeitstudien erfaßt.

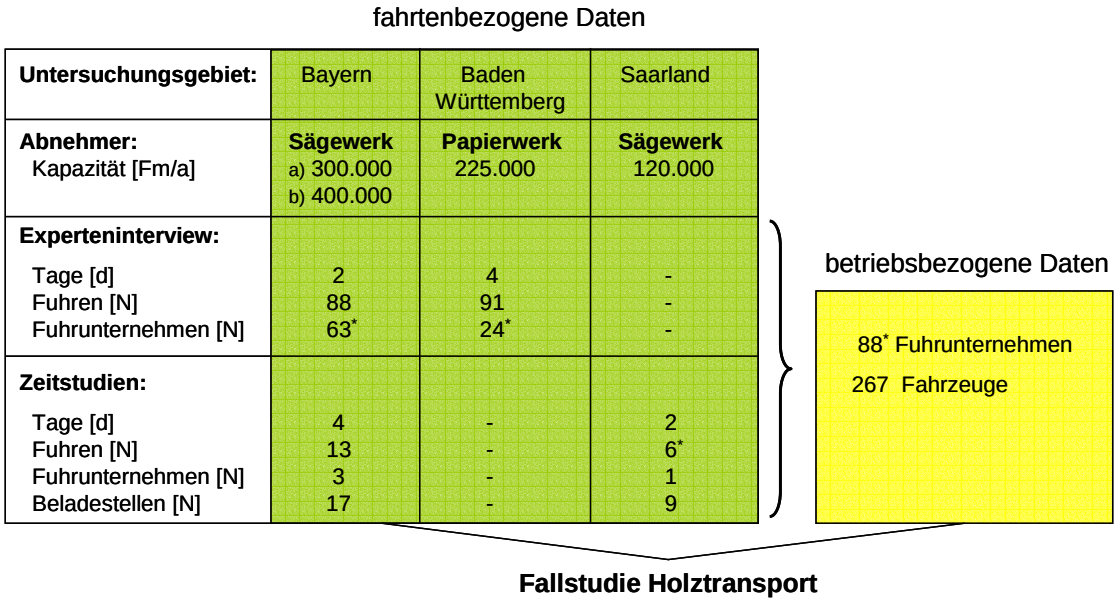


Abbildung 48 : Aufbau der Fallstudie Holztransport

Die Fallstudie umfaßt somit insgesamt **267 Fahrzeuge** von **88 Fuhrunternehmen**. Weitere Details zu der jeweiligen Untersuchungsregion und den einzelnen Befragungsterminen finden sich in Anhang 1 (S. 191) und Abbildung 3 (S. 26) sowie in VON BODELSCHWINGH (2001; 2004) und EBERHARDINGER (2004).

4.5.2 Strukturdaten der Fuhrbetriebe

Mehrheitlich handelt es sich bei den 88 erfaßten Fuhrunternehmen um **kleine Familienbetriebe**, die sich auf den Transport von Rundholz spezialisiert haben. Neben den Rundholzfahrzeugen ergänzen in Einzelfällen Speditionszüge die Fahrzeugflotte, die im Güterferntransport eingesetzt werden. Im Durchschnitt gehören knapp **drei Fahrzeuge** zu einem Betrieb, wobei mehr als die Hälfte lediglich einen bzw. zwei LKWs besitzt. Bezeichnet man ein Unternehmen mit drei Fahrzeugen noch als kleinen Familienbetrieb, so sind zwei Drittel der erfaßten Betriebe dieser Kategorie zuzuordnen. Ein Drittel scheint sich an dem Wachstumstrend der Holzindustrie zu orientieren, um die **Schlagkraft** und **Flexibilität** des eigenen Betriebes den Veränderungen anzupassen. Abbildung 49 a) veranschaulicht die unterschiedliche Größenverteilung der Fuhrunternehmen.

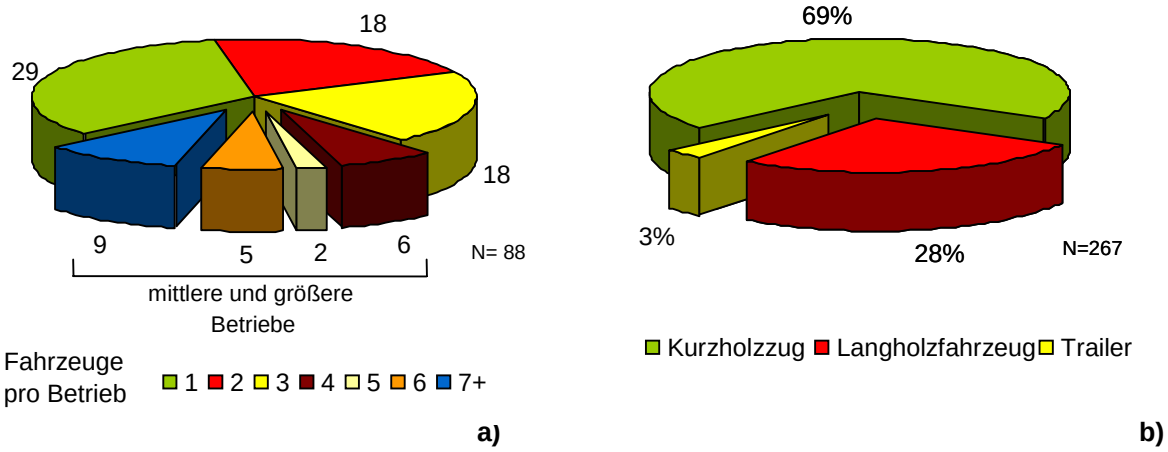


Abbildung 49 : a) Anzahl Fahrzeuge pro Fuhrbetrieb, b) eingesetzte Fahrzeugtypen

Wie die nebenstehende Abbildung 49 b) zeigt, setzen die Spediteure für die Transportaufgaben überwiegend (69%) Kurzholzzüge ein (vgl. Abbildung 24, S. 76). Langholzfahrzeuge, die in Kombination mit Einhängebrücken auch zum Kurzholztransport modifiziert werden können (vgl. Abbildung 25, S. 77), gehören bei 28% der Befragten zum Fuhrpark. Kranlose Trailerzüge werden bisher kaum eingesetzt (5%), als Hauptgrund dafür wird die **fehlende Bereitschaft** zur Fremdentladung durch die Abnehmer genannt. In der Regel wird ein Entladen direkt auf die Sortieranlage erwartet, auch wenn vielfach geeignete Geräte (Stakker, Highlifter, etc.) zur Fremdentladung vorhanden wären.
In Folge verschärfter Wettbewerbsbedingungen und geringer Gewinnmargen hat eine **hohe Auslastung** der Fahrzeuge oberste Priorität. Wenn auch noch größtenteils die 5-Tage-Woche bei einer gewöhnlichen Arbeitszeit von 10-14 Stunden pro Tag überwiegt, so wird doch bereits bei 44% der befragten Fuhrbetriebe an sechs Wochentagen gearbeitet. Das Wochenende wird vornehmlich bei größeren Fuhrbetrieben frei gehalten.
Die Bemessungsbasis der Frachtkosten stellt das **Transportvolumen** in Abhängigkeit der einfachen Transportentfernung dar, welche in der Praxis in Form von konzentrischen Radien um das Werk als **Frachtzonen** ausgewiesen wird. Das Leergewicht eines LKW ist dabei ein entscheidender Einflußfaktor, woraus sich die Nutzlast respektive das Ladevolumen ableitet (vgl. Kap. 3.2.2.3 b), S.76). Das durchschnittliche **Leergewicht** der derzeit eingesetzten LKWs schwankt je nach

Fahrzeugkonfiguration zwischen 18 und 20 Tonnen. Für einen profitablen Fahrzeugbetrieb sind pro Monat 1.000 bis 1.300 Fm Holz zu transportieren.[1] In Abhängigkeit der Transportentfernung entspricht dies zwei bis vier Touren pro Tag.[2]

4.5.3 Transportzyklus

Anhand der Zeitstudienerhebungen von insgesamt 19 Fuhren läßt sich ein Transportzyklus in einzelne Arbeitsablaufabschnitte untergliedern (vgl. Anhang 2, S. 192), welche sich grundsätzlich auf die Kategorien *Fahren*, *Be- und Entladen* sowie *Wartezeiten* bzw. *Pausen* verteilen.
Betrachtet man den Transport vom Wald ins Werk, also ohne die Anfahrt, so ergibt sich am Beispiel einer Transportentfernung von 110 km folgende Aufteilung der Gesamtarbeitszeit (GAZ):

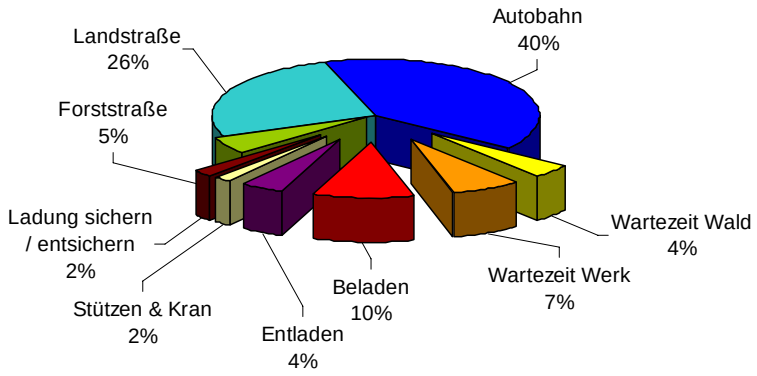


Abbildung 50 : Zeitanteile (GAZ) der einzelnen Arbeitsablaufabschnitte

Gemessen an der Gesamtdauer von 3:57 Stunden [h:min] beträgt der Anteil an **Fahrzeiten** rund zwei Drittel eines Transportzyklus. Ein Vergleich der Zeitanteile mit den jeweiligen Fahrstrecken (Forststraße 4 km, Landstraße 17 km, Autobahn 89 km) offenbart die unterschiedlichen **Fahrgeschwindigkeiten**, welche insbesondere mit zunehmender Transportdistanz von entscheidender Bedeutung sind.
Abgesehen von etwaigen Staus oder sonstigen Behinderungen ist für die Gesamtfahrtdauer das **Verhältnis Landstraße und Autobahn** maßgeblich, da diesbezüglich deutliche Unterschiede bestehen. Die jeweils berechneten Geschwindigkeiten sind nachstehender Tabelle 12 zu entnehmen.

Tabelle 12 : Beobachtete Fahrgeschwindigkeiten [km/h]

	min	max	Durchschnitt
Forststraße	9	42	19,5
Landstraße	14	70	45,5
Autobahn	64	83	75,5
gesamt	29	65	46,8

Sowohl für das Fahren auf der Forststraße als auch auf der Landstraße ist eine starke Streuung erkennbar. In Abhängigkeit des Ausbauzustandes der **Forststraße**

[1] vgl. GRILL, F.: Wie machen es die Großen? Neue Ansätze und deren Praxiseinführung, 2003
[2] vgl. FRIEDL, K. et al.: Netzwerk Holz. 2004, S. 49

sowie etwaigen Steigungen beträgt die Fahrgeschwindigkeit zwischen 9 und 42 km/h.
Eine noch größere Streuung zeigen die Geschwindigkeiten auf der **Landstraße**, sie liegen zwischen 14 km/h und 70 km/h und steigen mit zunehmender Fahrstrecke an. Im Mittel beträgt die Fahrgeschwindigkeit 45,5 km/h. Für die **Autobahn** wurde eine durchschnittliche Geschwindigkeit von 75,5 km/h ermittelt.
Insgesamt ergibt sich somit eine **Durchschnittsgeschwindigkeit** von lediglich **46,8 km/h**, womit sich eine sehr gute Übereinstimmung mit dem weitaus größeren Datenkollektiv von FRIEDL et al. (2004) mit 44,2 km/h einstellt.[1]
Um während des **Ladevorganges** eine ausreichende Standfestigkeit des Fahrzeuges zu gewährleisten, wird dieses durch zwei seitliche Stützen abgestützt, die hydraulisch am Heck des Maschinenwagens ausgefahren werden. Diesem Ablaufabschnitt schließt sich in der Regel das Ausfahren des Ladekrans aus der Transportstellung in den Ladebetrieb an. Für diese Arbeitsvorbereitung wurde ein Zeitbedarf zwischen 1:09 [min:s] Minuten und 2:09 [min:s] Minuten beobachtet. Im Durchschnitt dauert sowohl das Ausfahren als auch das Einfahren der Stützen und des Kranes 1:18 [min:s] Minuten (RAZ).
Beim **Beladen** von 4m PZ-Abschnitten ist eine Spreitung zwischen 16 und 40 Sekunden pro Kranzyklus feststellbar, woraus sich eine durchschnittliche Dauer von 28 Sekunden ableiten läßt.[2] Analog zur Entladeleistung des Forwarders (vgl. Kap. 4.4.2, S. 110) stellt wiederum die **Stückmasse** des jeweiligen Sortimentes den bestimmenden Einflußfaktor dar.
Da die **Entladung** teilweise werkseitig erfolgte, konnten im Rahmen der Zeitstudien keine fundierten Daten erhoben werden, um gesicherte Aussagen ableiten zu können. Anhand des jeweils notierten Endladebeginns während der Befragungen an der Rundholzannahme im Werk läßt sich für 4m PZ-Abschnitte eine durchschnittliche Entladedauer von 18 Minuten pro LKW bilanzieren.
Berücksichtigt man die administrativen Formalitäten für die Übernahme ergibt sich insgesamt eine **prozeßbedingte Verweilzeit** von rund 30 Minuten (RAZ) im Werk.

4.5.4 Organisatorische Rahmenbedingungen

Wenngleich die **Transportentfernungen** zu den Werken je nach Sortiment und Region **sehr unterschiedlich** sind, haben sich die Distanzen infolge der Kapazitätsausweitungen in der Holzindustrie (vgl. Abbildung 27, S. 83) in der Vergangenheit allgemein vergrößert. In den Fallstudien zeigt sich ein deutlicher Unterschied bezüglich der Transportentfernungen zwischen der Säge- und Papierindustrie (vgl. Abbildung 51). Obwohl die Befragungen zu unterschiedlichen Jahreszeiten durchgeführt wurden (vgl. Anhang 1, S. 191), so daß mögliche Holzmarkteffekte nicht auszuschließen sind, ist auch bei den Untersuchungen von FRIEDL et al. (2004) ein ähnlicher Trend zu beobachten.[3]

[1] FRIEDL, K. et al.: Netzwerk Holz. 2004, S. 65 f.
[2] weitere Details finden sich in VON BODELSCHWINGH 2004
[3] FRIEDL, K. et al.: Netzwerk Holz. 2004, S. 45 ff.

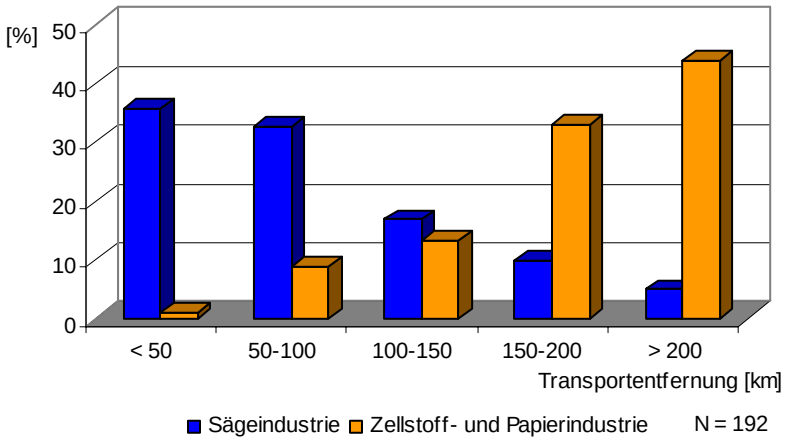


Abbildung 51 : Verteilung der Transportentfernungen, einfache Fahrstrecke

Unter den hier dargestellten Entfernungen ist jeweils die einfache Fahrtstrecke zu verstehen. Entsprechend der Datengrundlage der Fallstudie läßt sich für die **Sägewerke** eine durchschnittliche einfache Transportentfernung von 82 km ableiten.
Für die **Zellstoff- und Papierindustrie** liegt der Wert bei 196 km, wobei während der Befragungen auch Spitzenwerte von 350 km verzeichnet wurden, die zu dem sehr hohen Durchschnittswert beitragen. Der Großteil der Transporte (78%) findet jedoch in einem Streckenbereich zwischen 100 und 250 km statt, mit einem **Autobahnanteil** von durchschnittlich 70%.
Dieser Trend, daß höherwertige Endprodukte höhere Transportkosten zu tragen vermögen, zeigt sich mit teilweise identischen Transportentfernungen in anderen aktuellen Untersuchungen.[1] Für die eigene Fallstudie ergibt sich für Nadelholz, unabhängig vom Sortiment, eine durchschnittliche Transportentfernung von 136 km, welche sich sehr gut vereinbaren läßt mit den 139 km von WEGENER und ZIMMER (2005).
Einen **wesentlichen Kostenfaktor** stellt für alle Beteiligten der hohe Anteil an Leerfahrten dar, der sich insbesondere bei ansteigenden Transportentfernungen nachhaltig niederschlägt. Im Rahmen der Fallstudie konnte ein mittlerer **Leerfahrtanteil von 46%** ermittelt werden, der sich bei der Zellstoff- und Papierindustrie auf 42% und 48% in Fall der Sägewerke verteilt. Bei einer durchschnittlichen jährlichen Fahrleistung von 120.000 km bedeutet dies, daß das Fahrzeug rund 60.000 km unbeladen (ohne Fracht) zurücklegt.
Eine weitere wichtige Kenngröße stellt das V**olumen** der einzelnen Polter dar. Zu unterscheiden ist an dieser Stelle zwischen zwangsläufig anfallenden **Restposten** von einem großen Hieb und **kleinen Verkaufslosen**, die insbesondere im Kleinprivatwald vielfach unterhalb einer LKW-Ladung (ca. 25 Fm) liegen (vgl. Abbildung 33 b), S. 95 f.) und vom Waldbesitzer als Verkaufseinheit bereitgestellt werden. Bei beiden sind teilweise mehrere Verbindungsfahrten zwischen den einzelnen Ladestellen erforderlich. Diese „Sammeltouren“ ziehen letztlich die **Durchlaufzeiten** deutlich in die Länge (vgl. Kap. 4.7, S. 130), da sie mit geeigneten Posten im Umkreis kombiniert werden müssen, um die Nutzlast des Fahrzeuges bestmöglich auszulasten.
In Extremfällen ist das Abhängen des Anhängers und das Umladen von dem Maschinenwagen auf den Hänger unumgänglich, da der Lagerplatz nicht mit dem

[1] vgl. MANTAU, U. et al. (2003), FRIEDL, K. et al. (2004), WEGENER, G., ZIMMER, B. (2005)

ganzen Gespann oder aus Gründen der Tragfähigkeit nur mit dem leeren Fahrzeug angefahren werden kann (vgl. Abbildung 34, S. 96). FRIEDL et al. (2004) beziffern diesen Zusatzaufwand mit einer Erhöhung der Beladedauer des gesamten Gespanns um 55%.[1]

Betrachtet man die Ankunftszeiten im Werk, so sind gewisse **Anfuhrspitzen** ein charakteristisches Merkmal des Rundholztransports. Am Beispiel der Öffnungszeiten der Rundholzannahme eines Papierwerkes sind in nachstehender Abbildung 52 deutlich die Stoßzeiten in der Früh, am späten Vormittag und im Laufe des Nachmittags erkennbar. Durch die Arbeitsschichten der Spediteure und der Rundholzannahme werden demnach **43%** der täglichen Transporte in der Zeit **zwischen sechs und neun Uhr** angeliefert. Nach 16 Uhr beschränken sich die Anfuhren lediglich auf einzelne Fahrzeuge.

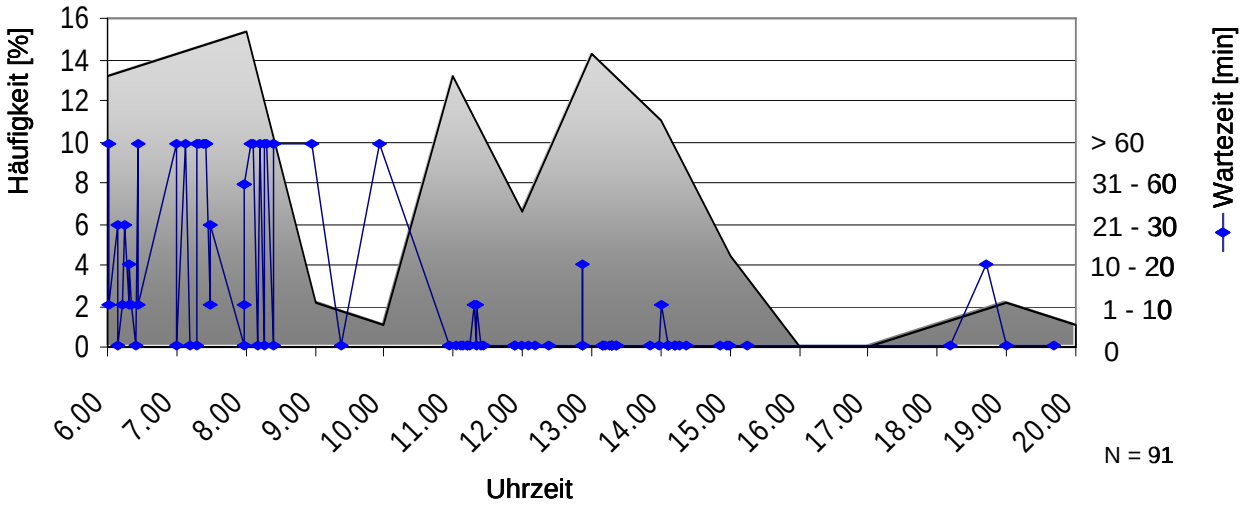


Abbildung 52 : Ankunfts- und Wartezeiten im Werk [2]

Von den Transportunternehmen wird die frühe Ankunft an den Werken in Verbindung mit den bekannten Wartezeiten bewußt in Kauf genommen, um die für sie betriebswirtschaftlich notwendigen drei Touren pro Tag möglichst realisieren zu können.
Bei begrenzten Entladekapazitäten sind durch die gehäuften Ankünfte **Wartezeiten** an der Rundholzannahme unvermeidbar. Durch den Staueffekt kommt es insbesondere in der Früh zu Wartezeiten von über einer Stunde, in Extremfällen akkumulieren sich die Standzeiten auf drei bis vier Stunden.[3] Neben kapazitätsbedingten Engpässen werden diese hohen Wartezeiten durch technische Defekte an der Rundholzannahme bzw. unkoordinierte Entladungen der Eisenbahnwaggons ausgelöst, denen in Folge von **Standgebühren** höhere Prioritäten eingeräumt werden. Für die Spediteure ergeben sich gewissermaßen in Abhängigkeit der Ankunftszeit im Werk entweder keine Wartezeiten (38%) oder Standzeiten bis zu einer Stunde und darüber (38%) (vgl. Abbildung 53). Insgesamt konnte eine **durchschnittliche Wartezeit von 34 min/LKW** beobachtet werden.

[1] FRIEDL, K. et al.: Netzwerk Holz. 2004, S. 40
[2] Die Abbildung repräsentiert die Erhebungen von vier Werktagen (Montag bis Donnerstag); Quelle: EBERHARDINGER (2004), mod.
[3] vgl. FRIEDL, K. et al.: Netzwerk Holz. 2004, S. 46 ff.

Anhand der Kostenkalkulation für LKW in Anhang 8 (S. 205) läßt sich für die Wartezeit eines Kurzholzzuges ein rechnerischer Kostensatz von 37 €/h ableiten, der jedoch mögliche Verdienstausfälle bzw. Überstundenzuschläge nicht berücksichtigt.

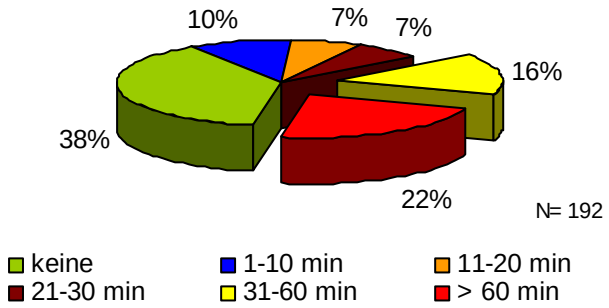


Abbildung 53 : Wartezeiten im Werk

Analog zu arbeitsintensiven Sammelfahrten bei kleinen Transportlosen bzw. Restmengen (vgl. Abbildung 33 b), S. 96) gehen auch die Wartezeiten am Werk zu Lasten des Frächters, da die Transportleistung vornehmlich pauschal nach Entfernungszonen, unabhängig vom **realen Arbeitsaufwand**, abgerechnet wird. Mit Einführung der LKW-Maut im Jahr 2005 wurde bei Teilen der abnehmenden Industrie zumindest die zurückgelegte Fahrtstrecke als Bemessungsgrundlage eingeführt. Berücksichtigt man, daß ein Rundholz-LKW stündlich zwischen 60 und 65 € kostet (vgl. Anhang 8, S. 205), so sollte er sich 60 bis 80% der Tagesschicht im fahrenden Zustand befinden.[1]
Für einen reibungslosen Ablauf sind für den Spediteur insbesondere Angaben über die Transportmenge, das Sortiment, den Abnehmer, den genauen Lagerort und die bestmögliche An- und Abfahrtsroute von entscheidender Bedeutung. Bislang erfolgt die Übermittlung der Fuhraufträge nach **keinem standardisierten Prozedere**, sie zeichnet sich vielmehr durch einen Methoden-Mix aus, der sich rund zu je einem Drittel auf folgende Kanäle verteilt:

- Telefon (davon 19% über Mobiltelefon)
- Fax
- direkte Vermittlung an der Rundholzannahme am Werk

Auffällig ist, daß elektronische Kommunikationstechnologien (E-mail, Internet) von Ausnahmen abgesehen kaum zum Einsatz kommen.
Mit vergrößertem Einzugsgebiet der Abnehmer (vgl. Abbildung 51, S. 117) werden zunehmend überregional tätige Spediteure beauftragt. **Fehlende Ortskenntnis** muß dann durch präzise Anfahrtsbeschreibungen und entsprechendes Kartenmaterial kompensiert werden. Im Rahmen der Fallstudien-Befragung war lediglich bei 44% der Transportaufträge ein **Lageplan** beigefügt. Die in der Regel per Fax übermittelten Lagepläne, zum Teil handschriftliche Skizzen, sind allerdings eher nur in Einzelfällen ein Hilfsmittel, um das entsprechende Polter selbständig aufzufinden (vgl. Beispiel in Anhang 10 a), S. 209). GPS gestützte **Navigationssysteme** kommen derzeit noch nicht zum Einsatz.
In der Praxis werden die Fahrer vor Ort von den Mitarbeitern des zuständigen Forstbetriebes persönlich eingewiesen, mitunter ist eine telefonische Anfahrts-beschreibung ausreichend. Fahrer und Einweisungspersonal vereinbaren telefonisch

[1] WARKOTSCH, W.: Report on Log transporting at Bruply sawmills Cape; 1986

einen Treffpunkt, treffen sich dort, um dann gemeinsam das bzw. die einzelne(n) Polter anzufahren.
Im Rahmen des Projektes *WBV Logistikstudie (VZ)* wurde mittels einer Stichprobe versucht, diesen Zeitbedarf zu quantifizieren. Wie nachstehende Tabelle 13 zeigt, wurde bei rund **jedem zweiten Polter** eine Einweisung durch die Holzvermittler, den vor Ort zuständigen Mitarbeitern der WBV, vorgenommen. Dieser Trend deckt sich wiederum mit den Aussagen der Fallstudien-Befragung, bei der 58% der Fuhren vor Ort eingewiesen wurden.

Tabelle 13 : LKW Einweisung durch Holzvermittler (HV) im Kleinprivatwald

	HV 1	HV 2	HV 3	HV 4	HV 5	gesamt
Anteil an Einweisungen bezogen auf Gesamtmenge des HV [%]	37	29	26	64	76	46
Einweisung vor Ort [%]	74	74	92	100	100	88
∅ Dauer [min/Polter]	19	8	22	7	9	13
Einweisung per Telefon [%]	26	26	8	0	0	12
Skizze vorhanden [%]	57	90	100	100	46	79
Skizze & Einweisung [%]	14	67	92	100	56	65
Polter gesamt [N]	101	42	25	56	74	298

Gemessen an der gesamten Vermarktungsmenge des einzelnen Mitarbeiters schwankt der Anteil an Einweisungen vor Ort zwischen 29% und 76%, die pro Polter durchschnittlich 13 Minuten dauert. Im Vergleich zur telefonischen Einweisung (12%) überwiegt die Einweisung vor Ort (88%) deutlich. Bemerkenswert ist, daß laut Angaben der Holzvermittler bei zwei Drittel der Einweisungen eine Anfahrtsskizze vorgelegen hat.

4.6 Einflußfaktoren und Kosten operativer Bereitstellungsprozesse

Aus den Detailuntersuchungen zu den einzelnen operativen Arbeitsschritten (Kap. 4.3 - 4.5) resultieren **Entscheidungsgrundlagen** für den Bereitstellungsprozeß von Rundholz. In Abhängigkeit unterschiedlicher Bestandesstrukturen und Rahmenbedingungen lassen sich **leistungs- bzw. kostenbeeinflussende Faktoren** identifizieren. Während für die Aufarbeitung und Rückung teilweise ähnliche Einflußgrößen maßgeblich sind, sind beim Ferntransport gänzlich andere Merkmale ausschlaggebend.

4.6.1 Aufarbeitung und Rückung

Betrachtet man zunächst den Ernteprozeß, so wirken sich speziell die jeweiligen Bestandesstrukturen und Geländeverhältnisse - unabhängig von der jeweiligen Leistungsklasse des eingesetzten Maschinensystems - auf die **technische** Arbeitsproduktivität aus. Daneben sind **organisatorische** Kriterien letztlich der kostenbestimmende Faktor, deren Bedeutung in der Praxis nicht selten unterschätzt wird. Gemäß dieser Einteilung verdeutlicht nachstehende Abbildung 54 die bedeutendsten Einflußfaktoren für den jeweiligen Arbeitsschritt. Detailliertere Analysen zu Produktivitäten von Harvestern finden sich in PAUSCH, VON BODELSCHWINGH (2003).

Einflußfaktoren	Aufarbeitung	Rücken	Transport
technisch	• Baumvolumen • Zwiesel, Starkäste und Kronenbrüche • Gassenabstand • Fahrer	• Baumvolumen • Anzahl Sortimente • Rückedistanz • Fahrer	• Nutzlast • Erreichbarkeit (Wegequalität) • Transportentfernung
organisatorisch	• Hiebsgrößen • Umsetzkosten • jährl. Auslastung	• Hiebsgrößen • Umsetzkosten • jährl. Auslastung	• Tourenplanung (Leerfahrten) • Wartezeiten • jährl. Auslastung

Abbildung 54 : Übersicht der wichtigsten Einflußfaktoren auf operative Bereitstellungsprozesse

Die Bemessungsgrundlage zur Kalkulation von Bereitstellungskosten wird aus dem Quotienten des Kostensatzes für das eingesetzte Maschinensystem sowie dessen Produktivität abgeleitet. Bei wissenschaftlichen Herleitungen von Maschinenkosten findet in der Regel das von der FAO und dem KWF empfohlene Schema zur **Maschinenkostenkalkulation** Anwendung. Bei vorgegebenen Rahmenbedingungen und Sätzen für Kosten, Zinsen und Prämien stellt die **jährliche Auslastung** einer Maschine die **wesentliche Stellschraube** für die Kosten pro Maschinenarbeitsstunde (MAS) dar. Am Beispiel eines *Valmet 901.2* Harvesters und eines *Valmet 820* Forwarders sind in Abbildung 55 die unterschiedlichen Kostensätze je MAS in Abhängigkeit der jährlichen Auslastung dargestellt. Die jeweils zugrunde liegende Maschinenkostenkalkulation findet sich in Anhang 7 (S. 203).

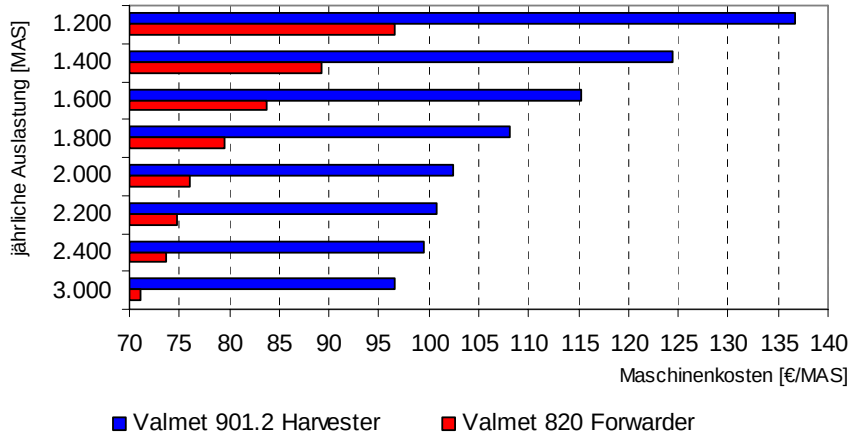


Abbildung 55 : Maschinenkosten in Abhängigkeit von der jährlichen Auslastung

Bedingt durch den geringeren Anschaffungspreis ist der Kostensatz des Forwarders grundsätzlich günstiger, als der des Harvesters. Bei beiden sinken mit zunehmender jährlicher Auslastung die Maschinenkosten deutlich. Demnach bewirkt eine Erhöhung der Auslastung von 1.600 auf 1.800 MAS/a eine Reduktion der Maschinenkosten des Harvesters um 7,13 €/MAS bzw. um 4,29 €/MAS für den Forwarder. Für das Maschinensystem ergibt sich somit ein Potential von mehr als 10 € pro Systemstunde. Unterstellt man diesem Zweimaschinensystem eine Durchschnittsproduktivität zwischen 10 und 14 Efm/h (vgl. Abbildung 57, S. 124), so entspricht dies einem Einsparpotential zwischen 0,7 und 0,8 €/Efm frei Waldstraße.

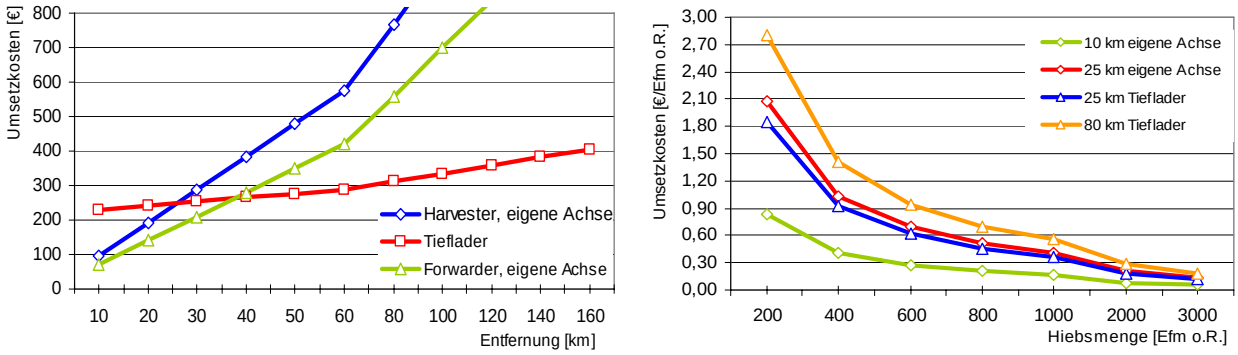
Gemäß Abbildung 54 sind ferner die **Umsetzkosten** ein nicht zu unterschätzender Kostenfaktor für die Gesamtkosten einer Hiebsmaßnahme. Grundsätzlich unterscheidet man zwischen dem Umsetzen auf der **eigenen Achse** und der Überführung mittels **Tieflader**. Speziell letzteres ist im Einzelfall zahlreichen Kriterien (An- und Rückfahrtsentfernung, Transportdistanz, Autobahnanteil, Standard- oder Spezialtieflader, etc.) unterlegen, so daß zur Kostenherleitung bestimmte Annahmen zu treffen sind (Tabelle 14).

Tabelle 14 : unterstellte Annahmen zur Kalkulation von Umsetzkosten [1]

	Wert	Einheit
Kosten Tieflader	72*	€/h
Durchschnittliche Geschwindigkeit Tieflader	62*	km/h
Anfahrtsdauer zum Verladeort	65	min
Abfahrtsdauer vom Verladeort	65	min
Dauer Aufladen, inkl. Sicherung	29*	min
Dauer Abladen	23*	min
Kosten Harvester	115	€/h
Kosten Forwarder	84	€/h
Durchschnittliche Umsetzgeschwindigkeit	12	km/h

Basierend auf diesen Annahmen läßt sich ein Vergleich anstellen, der sowohl Grenzen und Übergangsbereiche beider Varianten aufzeigt, als auch die Auswirkungen der Umsetzkosten in Abhängigkeit der Hiebsmenge.

[1] die mit * gekennzeichneten Werte entstammen der Befragung der Einsatzleiter und Forstunternehmer (Kap. 4.2, S. 95 ff.), die Maschinenkosten der Maschinenkostenkalkulation (Anhang 7, S. 203 f.)



a) **b)**

Abbildung 56: Umsetzkosten in Abhängigkeit der Umsetzdistanz a) und der Erntemenge b)

Entsprechend den unterschiedlichen Maschinenkosten ist das Umsetzen auf der eigenen Achse mit dem Forwarder günstiger als mit dem Harvester. Der Transport mit dem Tieflader ist in Folge der An- und Abfahrt sowie dem Be- und Entladen der Maschinen zunächst mit fixen Kosten belastet, die mit zunehmender Umsetzdistanz kontinuierlich ansteigen (vgl. Abbildung 56 a)). Demnach ist das Umsetzen des Harvesters auf der eigenen Achse bis zu einer Entfernung von ca. 20 km günstiger, wenn der Tieflader erst über eine weitere Entfernung herbeigeführt werden muß.
Bei den Umsetzkosten eines Maschinensystems handelt es sich also um **Fixkosten**, die sich in Abhängigkeit der Gesamthiebsmenge entsprechend auf die Erntekosten pro Festmeter auswirken. Abbildung 56 b) verdeutlicht gemäß der unterstellten Annahmen (vgl. Tabelle 14) die anteilige Kostenbelastung einer Hiebsmaßnahme durch das Umsetzen eines **Zweimaschinensystems** (= Harvester und Forwarder) in Abhängigkeit der Hiebsmenge, der Umsetzdistanz und der Art der Überführung. Entsprechend Abbildung 56 a) zeichnet sich bei einer Umsetzdistanz zwischen 20 und 25 km ein Übergangsbereich ab, ab dem die Überführung beider Maschinen mittels Tieflader wirtschaftlicher ist. Generell sind Hiebsmaßnahmen mit geringem Erntevolumen **überproportional** mit hohen Umsetzkosten **belastet**, die sich erst ab einer Hiebsmenge von 1.000 Fm in einem Bereich zwischen 0,17 und 0,56 €/Fm einpendeln. Gemäß Abbildung 54 ist die jeweilige Hiebsgröße ein bedeutender Einflußfaktor, über den sich **Skaleneffekte** sowohl im operativen als auch im organisatorisch-administrativen Bereich erzielen lassen.

Die Auswirkungen **technischer Einflußfaktoren** (vgl. Abbildung 54) werden am Beispiel eines **Kalkulationsmodells** für einen *Valmet 901.2* Harvester und *Valmet 820* Forwarder quantifiziert, das auf den in Zeitstudien ermittelten Zeitbedarfsfunktionen bzw. -werten (vgl. Anhang 6, S. 202) basiert. Die Datengrundlage bilden weitgehend die sehr detaillierten Zeitstudien aus dem Projekt *Kombimaschine* *(II.)*, die um weitere Funktionen aus den Forschungsprojekten *Harvester* *(I.)* und *VALMETrailer* *(III.)* ergänzt wurden.
Auf diese Weise läßt sich der Zeitbedarf und damit die Produktivität dieses Erntesystems unter Berücksichtigung variierender Einflußgrößen bzw. Hiebsbedingungen berechnen. Diese Zeitstudienwerte werden zusätzlich mittels eines **Korrekturfaktors** auf das Niveau der Langzeituntersuchungen (vgl. Kap. 4.3.3, S. 102 und Kap. 4.4.2, S. 107) bereinigt.
Kalkuliert werden schematisierte rechteckige Durchforstungsflächen im ebenen Gelände mit parallelen Gassen (<= 20 m Abstand) und homogener Struktur entlang einer geraden Waldstrasse. Tabelle 15 zeigt die Hiebsmerkmale, welche in dem

Modell für einen Fichten- bzw. Kiefernbestand als Einflußgröße Berücksichtigung finden. Bei den unterstellten Beispieldaten handelt es sich weitgehend um Durchschnittswerte aus der langfristigen Beobachtung des Harvesters *Valmet 901.1*. [1] [2]

Tabelle 15 : Hiebsmerkmale und Eingangsgrößen des Kalkulationsmodells

Erntevolumen [Efm]	770	Auslastung Erntesystem [MAS/a]	1.600
Erntevolumen inkl. X Holz [Efm]	812	Umsetzen auf Achse [km]	0
mittl. Baumvolumen [Efm]	0,25	Umsetzen Tieflader [km]	
Eingriffstärke [Efm/ha]	80	Transportentfernung Wald-Werk [km]	100
Anzahl Sortimente [N]	6		
Gassenabstand [m]	20	Fichte dominierend	◉
Anteil Gassenaufhieb [%]	20	Kiefer dominierend	○
∅ Gassenlänge [m]	200	Anteil stark astig [%]	0
∅ Rückeentfernung [m]	200	Anteil Zwiesel [%]	0

Die Hiebsmenge wird hauptsächlich durch das mittlere Baumvolumen und die Eingriffstärke pro Hektar bestimmt. Eine nicht zu unterschätzende Rolle nimmt dabei der Anteil an neu anzulegenden Rückegassen ein. Wie in Tabelle 15 aufgeführt, beträgt bei dem Erntevolumen von 770 Efm verkaufsfähigen Holz der Anteil an **X-Holz 42 Efm** (vgl. Abbildung 38, S. 103), was bei derartigen Bestandesstrukturen etwa der Aufarbeitungsleistung eines **halben Tages** entspricht.
Gemäß den empirischen Daten der Langzeiterhebungen (vgl. Kap. 4.3.3, S. 102 und Kap. 4.4.2, S. 107) sind bezüglich der Hiebsmerkmale in Tabelle 15 im **langfristigen Betrieb** folgende Produktivitäten zu erwarten (Abbildung 57):

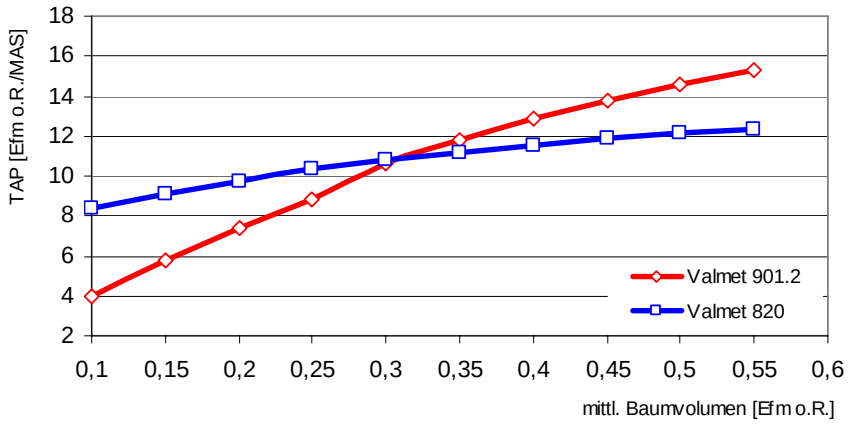
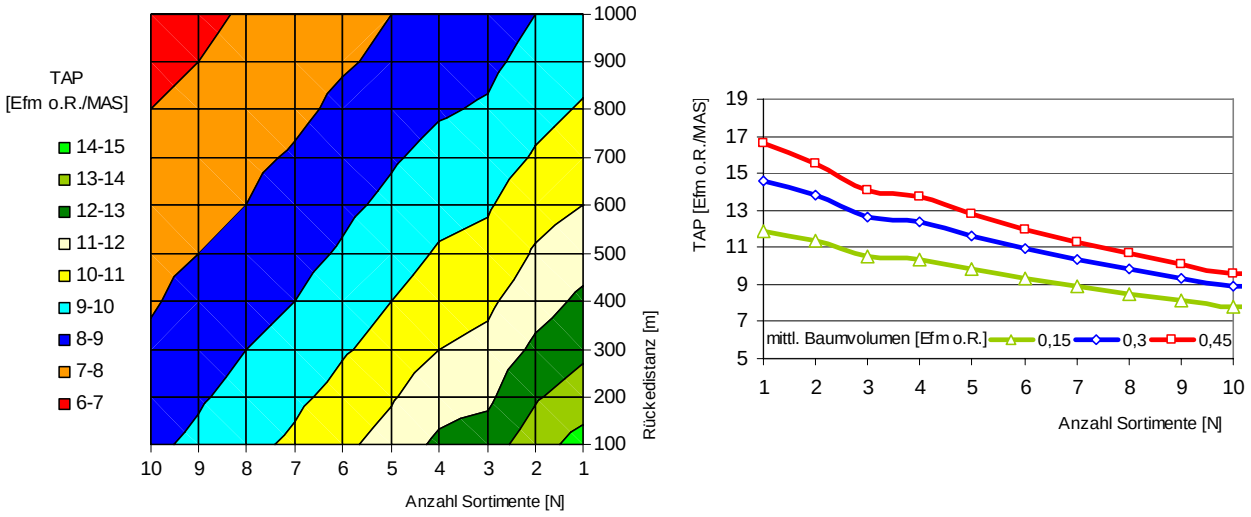


Abbildung 57 : Produktivitätsvergleich Harvester vs. Forwarder

Mit zunehmenden Baumvolumen steigt erwartungsgemäß die Produktivität beider Maschinen an. Sehr eindringlich offenbart sich der **rapide Leistungsabfall** des Harvesters bei schwachen Baumdimensionen. Zwischen dem Baumvolumen von 0,1 bis 0,2 Efm verdoppelt sich annähernd die Produktivität von 4,0 auf 7,4 Efm/MAS. Deutlich geringer fällt dagegen der **Stückmasse-Effekt** beim Forwarder aus. Im Bereich des dargestellten mittleren Baumvolumens steigt die Produktivität von 8,4 auf 12,4 Efm/MAS an.

[1] weitere Details zum Datenumfang finden sich in PAUSCH, VON BODELSCHWINGH (2003)
[2] vgl. LEINERT, S.: Zukunftsfähige Organisation der Waldarbeit, Forst und Holz, 21/1998, S. 648 f.

Ab einem Baumvolumen von 0,3 Efm ist ein **Übergangsbereich** zwischen der niedrigen Produktivität des Harvesters bei schwachen Baumdimensionen und dem Leistungsniveau des Forwarders erkennbar. Dies ist insbesondere im Hinblick auf logistische Fragestellungen von Bedeutung, um zu vermeiden, daß der Forwarder in schwächeren Beständen auf den Harvester „aufläuft".
Neben dem mittleren Baumvolumen sind insbesondere die durchschnittliche **Rückedistanz** sowie die Anzahl der **getrennt zu rückenden Sortimente** die wesentlichen Einflußgrößen für die Produktivität des Forwarders (vgl. Abbildung 54, S. 121). Nachstehende Abbildung 58 a) verdeutlicht gemäß der Hiebsmerkmale in Tabelle 15 (S. 124) die unterschiedlichen Produktivitätsniveaus, die mit ansteigender Rückeentfernung und zunehmender Sortimentsanzahl deutlich abnehmen.



a) **b)**

Abbildung 58 : Rückeleistung des Forwarders
a) in Abhängigkeit von Rückedistanz und Sortimentsanzahl
b) in Abhängigkeit Sortimentsanzahl bei unterschiedlichen Baumvolumina

Während die Leistungswerte in Abbildung 58 a) auf einem mittleren Baumvolumen von 0,25 Efm basieren, zeigt die nebenstehende Abbildung 58 b), wie sehr die Rückeleistung bei einheitlicher Sortimentsanzahl von der Baumdimension beeinflußt wird.
Als ein weiterer wesentlicher Einflußfaktor wird in Abbildung 54 (S. 121) der Fahrer der jeweiligen Maschine angeführt. Im Rahmen der Zeitstudien im Projekt *Harvester (I)* ließ sich dieser **Fahrereffekt** bei den zwei Maschinenführern des *Königstigers* (vgl. Abbildung 36, S. 101) belegen, in der Praxis ist diesbezüglich noch eine weitaus größere Spreitung zu beobachten. Für eine Quantifizierung und Normierung des Fahrereinflusses liegen derzeit noch keine wissenschaftlichen Erhebungsmethoden vor. Erste Ansätze und Grundlagen werden derzeit von PURFÜRST (2004) und BERGER (2005) erarbeitet.

Durch den Quotienten aus dem Maschinenkostensatz und der Produktivität des Maschinensystems lassen sich die **Erntekosten frei Waldstraße** berechnen.
In nachstehender Abbildung 59 wurden die Kostensätze für unterschiedliche Hiebsmengen und Baumvolumina, der beiden maßgeblichen Einflußfaktoren, berechnet. Die Beispielkalkulation basiert auf den Hiebsmerkmalen der Tabelle 15 (S. 124) sowie einer jährlichen Maschinenauslastung von 1.600 MAS der beiden Erntemaschinen (vgl. Anhang 7, S. 203).

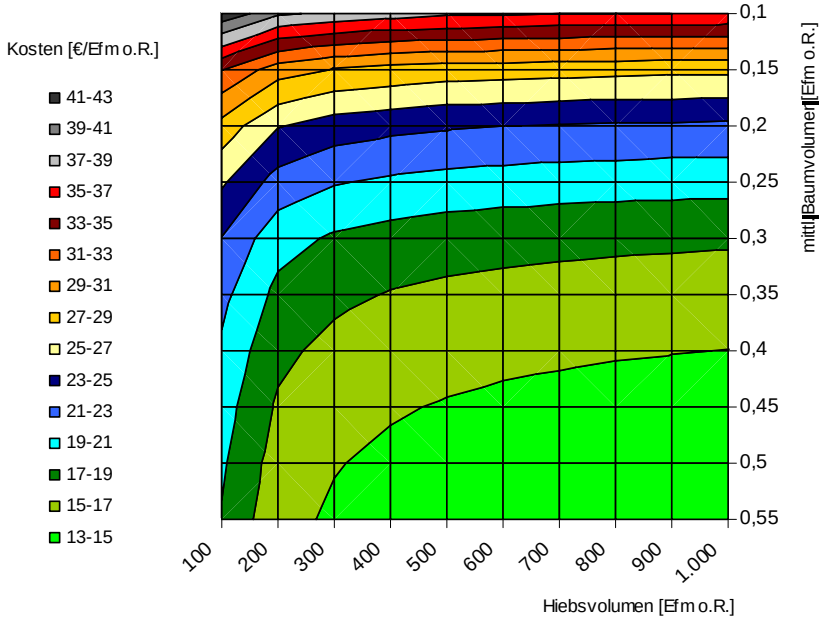


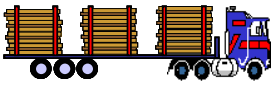
Abbildung 59 : Erntekosten frei Waldstraße

Gemäß den bisherigen Produktivitätsanalysen ergeben sich in Abhängigkeit der beiden Einflußvariablen Kostenbereiche, die primär in **direkter Korrelation** zum mittleren Baumvolumen stehen. Während die Abstufungen bei stärkeren Baumdimensionen vergleichbar ausgedehnt verlaufen, sind unterhalb eines mittleren Baumvolumens von 0,2 Efm o.R sehr **deutliche Differenzierungen** zu verzeichnen. Mit dem gekrümmten Verlauf der Erntekosten drückt sich die Degression fixer Kosten bei ansteigendem Hiebsvolumen aus.

4.6.2 Transport

Verglichen mit den übrigen Teilarbeiten eines Transportzyklus sind die Zeitanteile eines Rundholz-LKWs im fahrenden Zustand im Regelfall die dominierende Größe (vgl. Abbildung 50, S. 115). Insofern sind primär die Transportentfernung sowie der Anteil an Leerfahrten die wesentlichen Einflußfaktoren für die **Transportkosten**. Für einen üblichen Kurzholzzug läßt sich dabei eine Kostenstruktur gemäß der LKW-Kalkulation in Anhang 8 (S. 205) zugrunde legen. Demnach ergeben sich bei einer Jahreslaufleistung von 120.000 km Durchschnittskosten von **1,52 €/km** bzw. **63,2 €/h**, respektive 36,7 €/h für das Fahrzeug im Stillstand.
Aus Kostengründen erlangt der Einsatz standardisierter Transportverfahren bei geeigneten Rahmenbedingungen zunehmend Bedeutung (vgl. Kap. 3.2.2.3 b), S. 76). Im Vergleich zu Kurzholzzügen lassen sich mit kranlosen Sattelaufliegern die Kosten grundsätzlich um durchschnittlich 0,33 €/km bzw. 13,50 €/h reduzieren (vgl. Tabelle 25, Anhang 8, S. 206).
Das bestehende Kalkulationsmodell zur Quantifizierung der Ernteprozesse (vgl. Kap. 4.6.1, S. 121) wird nun durch ein **Transportmodul** erweitert. Anhand der Zeitbedarfswerte aus LKW-Zeitstudien (vgl. Kap. 4.5.3, S. 115) können für die verschiedenen Fahrzeugvarianten der jeweilige Zeitbedarf und die Kosten unter Berücksichtigung variierender Einflußgrößen berechnet werden. Dabei werden folgende Eingangsdaten berücksichtigt:

Kurzholzzug	
Nutzlast [t]	22
Kosten [€/Std]	63,15
Kosten [€/km]	1,52
Geschwindigkeit Forststraße [km/h]	19,5
Geschwindigkeit Landstraße [km/h]	45,5
Geschwindigkeit Autobahn [km/h]	75,5
Durchschnittsgeschwindigkeit [km/h]	46,8
Beladeleistung [fm/Std]	90
Dauer Vorbereitung Stützen und Kran [min]	2,5
Dauer Ladungssicherung [min]	5,5



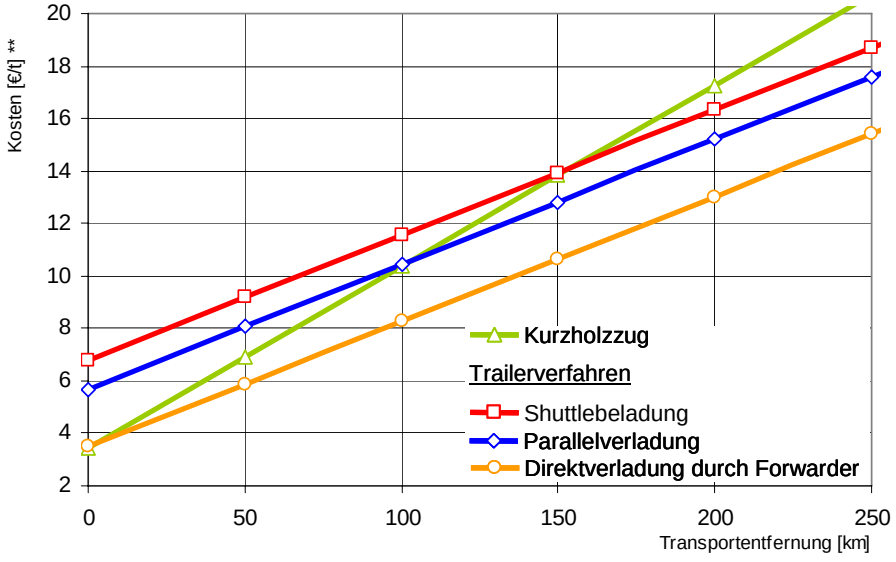
Sattelzug	
Nutzlast [t]	25
Kosten [€/Std]	49,65
Kosten [€/km]	1,19
Dauer Ladungssicherung [min]	5,5
Dauer Trailerwechsel [min]	15

Forwarder Valmet 860	
Kosten €/Std	77
Beladeleistung [fm/Std]	90

unterstellte Anfahrtsentfernung der LKW in Wald: 30 km

Abbildung 60 : Eingangsdaten für Modellkalkulation

Den wesentlichen Unterschied beider Transportverfahren stellt die um 3 Tonnen **höhere Nutzlast** sowie der **günstigere Kostensatz** des Trailerzuges dar. Sowohl für den LKW als auch den Forwarder wurde eine einheitliche Beladeleistung von 90 Fm/h zugrunde gelegt (vgl. Abbildung 46, S. 111).
Grundsätzlich ist bei dieser Kalkulation zu berücksichtigen, daß es sich hier um ein abstrahiertes Modell handelt, das spezifische Personal- und Kostenstrukturen einzelner Unternehmen sowie evtl. auch unterschiedliche Auslastungsgrade der Fahrzeuge nicht berücksichtigt.
Abbildung 61 repräsentiert ideale Verhältnisse, bei denen ein Trailer unmittelbar am Einschlagsort durch den Forwarder beladen und von dort problemlos von einer Zugmaschine übernommen werden kann. In dem Vergleich ist der mit steigender Transportentfernung zunehmende Kostenvorteil der Trailerfahrzeuge deutlich zu erkennen.



* Verladung von Fichte, frisch 1fm = 1 t ** ohne LKW-Maut

Abbildung 61 : Kostenvergleich der einzelnen Transportverfahren

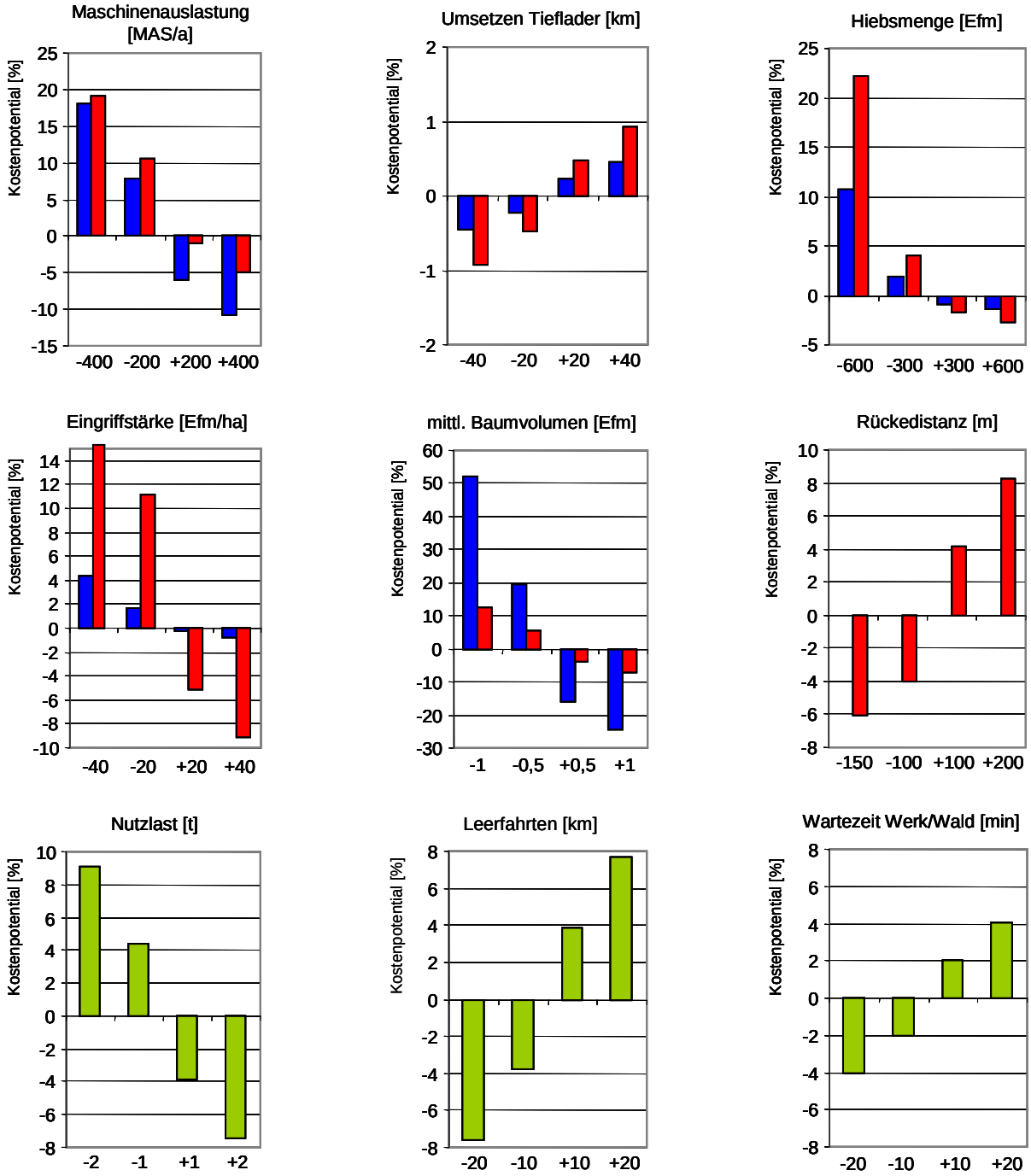
Für alle Varianten ist zunächst ein Fixkostenanteil zwischen 3,50 und 6,80 €/t sichtbar. Für die Direktverladung sind darin die Beladekosten des Trailers durch den Forwarder sowie das Abhängen des leeren und Anhängen des vollen Trailers an die

Zugmaschine enthalten. Zudem werden bei den vier Varianten die Kosten für die Anfahrt des LKWs in den Wald berücksichtigt.
Vergleicht man die Direktbeladung des Trailers durch den Forwarder mit der Variante **Kurzholzzug**, so scheinen zunächst diese Fixkosten nahezu identisch, allerdings wird mit zunehmender Transportentfernung der Kostenvorteil des Trailerzuges ausgeprägter. Erwartungsgemäß schlägt sich der hohe Aufwand des **Shuttle Verfahrens** vorerst in entsprechenden Kosten nieder, mit ansteigender Transportdistanz wächst wiederum die Konkurrenzfähigkeit des Trailersystems.
Im direkten Vergleich schneidet die Variante **Parallelverladung** am Polter um rund einen Euro pro Tonne günstiger ab. In dem Fixkostenanteil ist sowohl die Anfahrt beider Fahrzeuge als auch die Wartezeit der Zugmaschine während der Beladung durch den Kurzholzzug berücksichtigt.
Legt man die Durchschnittswerte gegenwärtiger Fahrzeugkonfigurationen bezüglich Nutzlast und Kosten zugrunde (vgl. Abbildung 60), so scheint sich bei einer Transportentfernung zwischen 100 und 150 Kilometern ein gewisser Übergangsbereich zwischen dem Vorteil der **Flexibilität des Rundholzzuges** und dem **Kostenvorteil des Sattelzuges** abzuzeichnen.

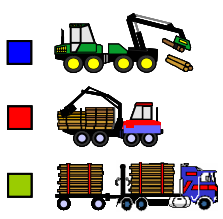
4.6.3 Potentiale

Anhand des Kalkulationsmodells lassen sich Veränderungen einzelner Parameter und deren Auswirkungen transparent darstellen. Wie die Berechnungsbeispiele gezeigt haben, beeinflussen nicht alle Eingangsgrößen das Ergebnis gleich stark.
In einer zusammenfassenden Übersicht veranschaulicht nachstehende Abbildung 62 die prozentuale Kostenveränderung für die Arbeitsschritte Aufarbeitung, Rückung und Transport, wenn jeweils eine Einflußgröße geringfügig verändert wird. Die Kalkulation basiert wiederum auf den bereits bekannten Hiebsmerkmalen und Eingangsgrößen der Tabelle 15 (S. 124), für die sich Bereitstellungskosten im Höhe von 19,97 €/Fm Frei-Werk bzw. 10,29 €/Fm frei Waldstraße einstellen.
Speziell bei der Rückung, bei der eine sortimentsweise Bringung (= keine Mischfuhren) unterstellt ist, sind die Auswirkungen von sechs ausgehaltenen Sortimenten sehr deutlich in den einzelnen Beispielen zu erkennen.
Gemäß den bisherigen Ausführungen stellen insbesondere das mittlere Baumvolumen, die Hiebsmenge sowie die jährliche Maschinenauslastung die wesentlichen Einflußgrößen auf die Erntekosten dar.

Die im Rahmen dieser Situationsanalyse erarbeiteten Leistungs- und Kostendaten bilden die Grundlage für das zu entwickelnde Soll-Konzept (vgl. Kap. 5, S. 140) eines integrierten, ganzheitlichen Ansatzes.



Kalkulationsbasis:

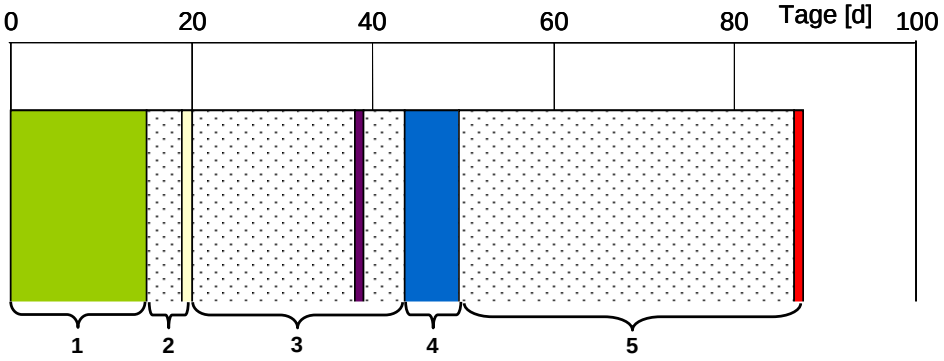


Erntevolumen [Efm]	770	Auslastung Erntesystem [MAS/a]	1.600
Erntevolumen inkl. X Holz [Efm]	812	Umsetzen auf Achse [km]	0
mittl. Baumvolumen [Efm]	0,25	Umsetzen Tieflader [km]	80
Eingriffstärke [Efm/ha]	80	Transportentfernung Wald-Werk [km]	100
Anzahl Sortimente [N]	6	Nutzlast Rundholzzug [t]	22
Gassenabstand [m]	20	Fichte dominierend	◉
Anteil Gassenaufhieb [%]	20	Kiefer dominierend	○
∅ Gassenlänge [m]	200	Anteil stark astig [%]	0
∅ Rückeentfernung [m]	200	Anteil Zwiesel [%]	0

Abbildung 62 : Übersicht von Kosten- und Einsparpotentialen

4.7 Materialflüsse und Durchlaufzeiten

Der Materialfluß vom Wald ins Werk definiert sich durch die Verkettung der operativen Teilprozesse Aufarbeitung, Rückung und Transport. Dieser Bereitstellung Frei-Werk ist eine **zeitliche Komponente** impliziert, die im Wesentlichen von der jeweiligen Hiebsgröße sowie der Koordination der einzelnen Arbeitsschritte abhängig ist. Die Effizienz dieser Komponente läßt sich anhand der Dauer der Durchlaufzeit individuell für jede Hiebsmaßnahme darstellen. Im Sinne einer **ganzheitlichen Betrachtung** ist es angebracht, neben dem Materialfluß mit seinen operativen Tätigkeiten auch die administrativen Terminalarbeiten bis zur Abrechnung der Gesamtliefermenge in der Durchlaufzeit zu berücksichtigen (vgl. Abbildung 31, S. 94). Nachstehende Abbildung 63 zeigt die im Rahmen des Projektes *WBV Logistikstudie (VZ)* ermittelte durchschnittliche Dauer der einzelnen Tätigkeiten sowie der dazwischen liegenden Leerzeiten.



Zeitspanne	1	2	3	4	5
Mittelwert [d]	21,5	9,9	58,0	**6**	46,0
Median [d]	**15**	4	**24**	1	**39**
Min [d]	1	1	1	1	1
Max [d]	153	183	58	104	46
STABW. [d]	21,4	13,1	-	12,3	22,7

Abbildung 63 : Durchlaufzeiten Ernte bis Abrechnung

In der Grafik sind die einzelnen Prozeß- bzw. Leerzeiten durch den Median dargestellt, um extreme Ausreißer eines arithmetischen Mittelwertes vermindert zu berücksichtigen. Betrachtet man die Zeitspanne zwischen Einschlag und Abfuhr (Zeitspanne 1-3, Abbildung 63), so werden deutliche Abweichungen zwischen Mittelwert und Median ersichtlich, welche sich insgesamt auf 47 Tage summieren. Lediglich bei der Transportdauer wurde der Mittelwert von 6 Tagen verwendet, da ein Großteil der Polter knapp einer LKW-Fuhre entspricht (vgl. Abbildung 33, S. 96).
Die Standardabweichung (STABW., Abbildung 63) verdeutlicht die große Streuung in der Abfolge einzelner Intervalle. Mitunter wurden Spitzenwerte (Max) von weit über 100 Tagen dokumentiert. Darin spiegelt sich in besonderer Ausprägung die

Gepflogenheit des Kleinprivatwaldes wieder, bestimmte Teilprozesse wie die Holzernte in Eigenregie durchzuführen bzw. das Holz möglichst höchstbietend selbst zu vermarkten.
Im Durchschnitt vergehen zwischen **Beginn der Erntemaßnahme und der Anlieferung** im Werk **49 Tage**. In der Regel wird das Holz 4 Tage nach Beendigung des Einschlages (inkl. Rückung) von Mitarbeitern der WBV vor Ort übernommen, die letztlich auch für die Abfuhr zuständig sind. Insofern wird die deutlich verzögerte Abfuhr des Holzes nicht durch die zeitversetzte Erfassung des Waldmaßes im Büro verursacht. Zwischen dem Ende der Hiebsmaßnahme und dem Beginn der Abfuhr vergehen durchschnittlich 28 Tage.
Betrachtet man ferner die Dauer bis zur endgültigen Abrechung der gelieferten Sortimente, so liegen **zwischen dem Ende der Abfuhr und der Auszahlung an den Waldbesitzer** weitere **39 Tage**. Die **Gesamtdauer** zwischen Einschlagsbeginn und Endabrechung beträgt demnach **88 Tage**.
Zwischen den Sortimenten Stammholz und Industrieholz (inklusive Papierholz) ist kein bedeutender Unterschied feststellbar (vgl. Abbildung 90, Anhang 11, S. 210). Bei identischer Einschlagsdauer setzt die Abfuhr bei Stammholz 45 Tage nach Hiebsbeginn ein und erstreckt sich über sechs Tage, während das Industrieholz erst nach 50 Tagen abtransportiert und innerhalb von zwei Tagen komplett abgefahren wird.
Deutliche Unterschiede liefert dagegen ein Vergleich zwischen hochmechanisierter und motormanueller Aufarbeitung (vgl. Abbildung 64).

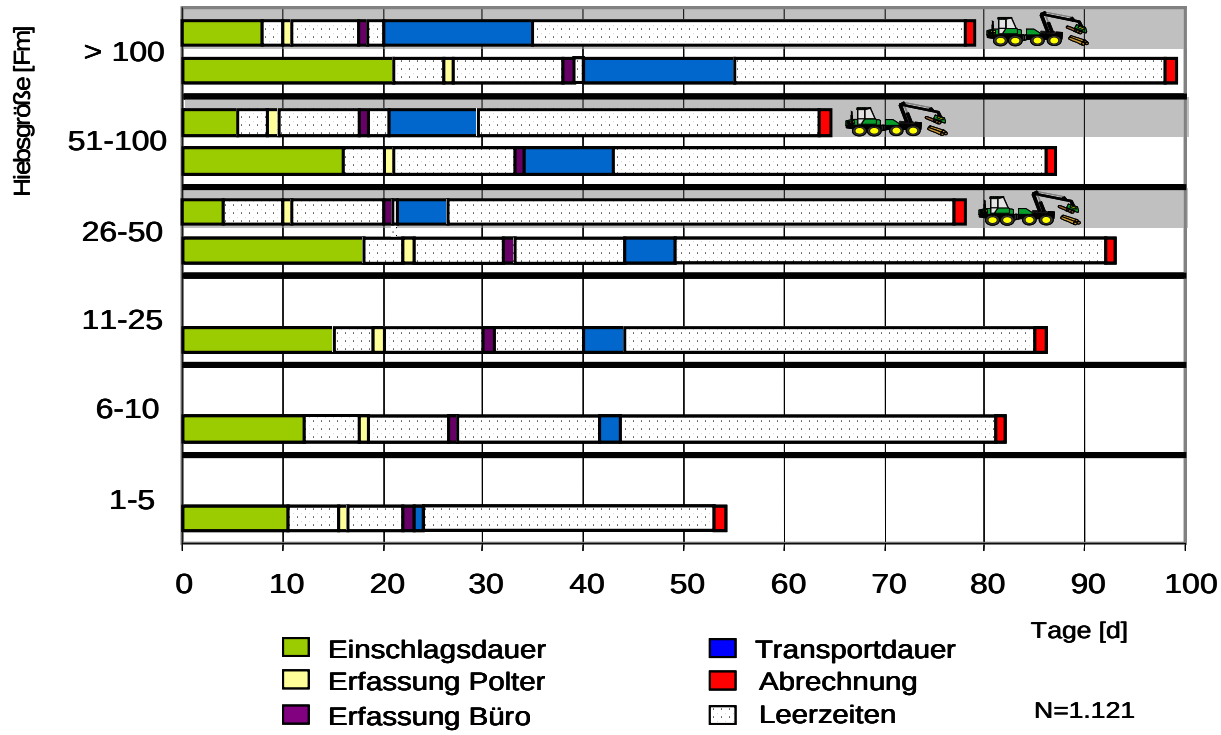


Abbildung 64 : Durchlaufzeiten für motormanuelle und hochmechanisierte Holzernteverfahren

Die Untergrenze für hochmechanisierte Ernteverfahren stellen Hiebsgrößen ab 25 Fm dar, die in der Regel im Zuge einer größeren Hiebsmaßnahme mit aufgearbeitet werden. Ein direkter Vergleich beider Ernteverfahren ist also erst ab dieser Hiebsgröße möglich. Es zeigt sich, daß der Bereitstellungsprozeß von Rundholz mit

hochmechanisierten Erntesystemen aufgrund der größeren Leistungsfähigkeit durchschnittlich 6 Tage dauert und damit dreimal schneller verläuft als bei motormanuellen Verfahren (18 Tage).
Des weiteren scheint die Organisation der Abfuhr bei der Variante Harvester straffer organisiert, was die Leerzeit zwischen Einschlagsende und Abfuhrbeginn im Mittel um sieben Tage verkürzt. Dadurch ist das Holz bei hochmechanisierter Aufarbeitung im Durchschnitt nach 30 Tagen vollständig ins Werk abgefahren, bei der Variante Motorsäge erst nach 47 Tagen. Bei den folgenden Verwaltungstätigkeiten, der Übermittlung des Werksmaßes und der Fakturierung ist dagegen kein Unterschied zwischen beiden Varianten feststellbar, sie dauern durchschnittlich 39 Tage (vgl. Abbildung 63, S. 130).
Die einzelnen operativen Prozesse einer Hiebsmaßnahme lassen sich in einer Detailanalyse feiner auflösen. Die einzelnen Balken in Abbildung 65 stellen die kumulierte Arbeitsleistung für die jeweiligen Arbeitsschritte in Abhängigkeit des Zeitverlaufs dar. Die Skalierung der X-Achse entspricht einer Woche, wobei das Datum jeweils den Wochenbeginn (Montag) anzeigt.

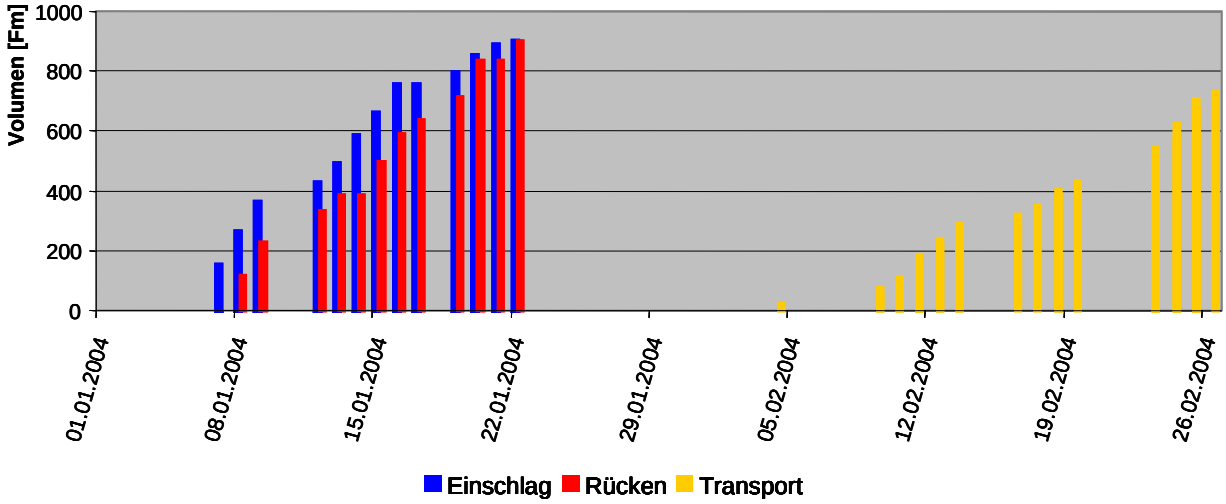


Abbildung 65 : Detailanalyse einer hochmechanisierten Durchforstungsmaßnahme

Am Beispiel einer Durchforstungsmaßnahme mit einem Einschlagsvolumen von 899 Fm kann eine durchschnittliche Tagesleistung des Harvesters von 65 Fm (vgl. Abbildung 41, S. 105) ermittelt werden, im Falle des Forwarders beträgt sie 80 Fm.
Während der Einschlagsdauer von 13 Arbeitstagen liefen Aufarbeitung und Rückung sehr zeitnah ab. Angesichts der großen Hiebsmenge war eine Abfuhr aus dem laufenden Hieb geplant. Infolge einer **Anlieferungssperre** des Abnehmers konnte mit der konzentrierten Abfuhr erst rund drei Wochen nach Einschlagsende begonnen werden. Dadurch erstreckt sich bei diesem Beispiel die Durchlaufzeit zwischen Erntebeginn und Transportende auf insgesamt 50 Tage und liegt damit im Trend der Abbildung 63 (S. 130).
Die Einschlagsdauer erhöht sich bei **motormanuellen Ernteverfahren** zum einen in Folge der geringeren Leistung, zum anderen ist insbesondere bei der Bereitstellung in Eigenregie teilweise **kein kontinuierlicher Arbeitsfortschritt** zu beobachten. Insofern erstreckt sich selbst bei kleinen Hiebsmaßnahmen mit einem Erntevolumen zwischen 1 und 25 Fm allein der Ernteprozeß über einen Zeitraum von 11 bis 15 Tagen (vgl. Abbildung 64, S. 131). Zwei weitere Beispiele für motormanuelle Ernteverfahren liefern Abbildung 91 und Abbildung 92 im Anhang auf Seite 210.

Beide repräsentieren den Bereitstellungsprozeß von Starkholz (Stärkeklasse 4-6), wobei zwischen Hiebsbeginn und Abfuhrende 67 bzw. 91 Tage liegen.

Insgesamt sind die einzelnen Abbildungen zur Darstellung der Durchlaufzeiten geprägt von **langen Leerzeiten**, die für den Prozeß der gesamten Rundholzbereitstellung noch deutliche Verbesserungspotentiale bieten.
Sehr eindringlich offenbart sich der künftige Handlungsbedarf, wenn man die Prozeßzeiten den Leerzeiten aus Abbildung 63 (S. 130) jeweils aufsummiert gegenüberstellt.

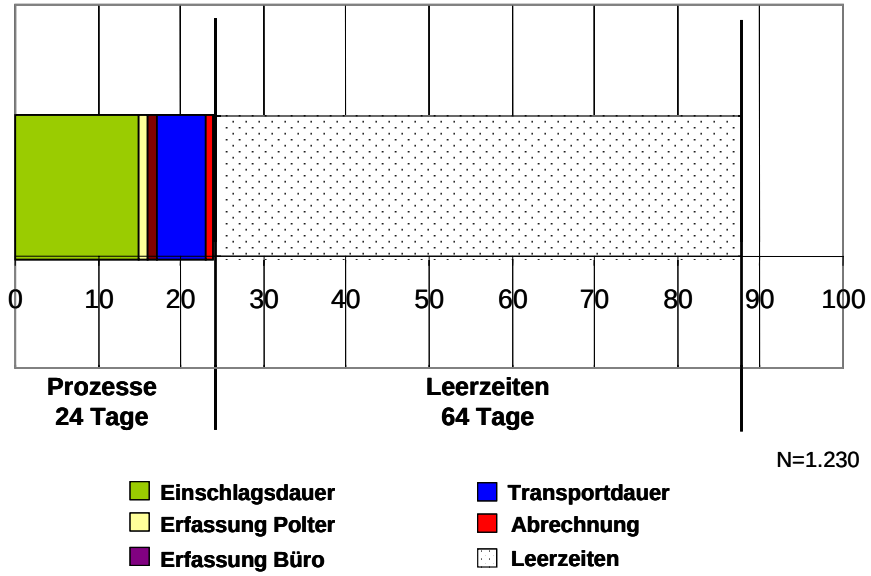


Abbildung 66 : Vergleich Prozeß- und Leerzeiten

Wie Abbildung 66 zeigt, sind die **kumulierten Leerzeiten fast dreimal größer** als die reinen Prozeßzeiten.
Als Begründung für diese Verzögerungen gibt es diverse Erklärungen. Die Hauptursache stellt zweifellos ein **unzureichender Informationsfluß** dar.

4.8 Informationsflüsse

Informationen bilden die **Basis**, um strategische und operative Entscheidungen gezielt und frühzeitig treffen zu können.
Um die Ist-Situation der Informationsflüsse innerhalb der Holzerntekette darstellen und analysieren zu können, wird eine Bemessung anhand theoretischer Grundlagen und dem Umsetzungsgrad gegenwärtiger Technologietrends (vgl. Kap. 3.2.2.3 c), S. 78) vorgenommen.
Entscheidend für die Effizienz des gesamten Bereitstellungsprozesses sind die innerhalb der Kette stattfindenden **Kommunikationsprozesse**, welche sich im Detail systematisch untergliedern lassen. Stellvertretend für die gesamte Holzerntekette (vgl. Abbildung 31, S. 94) werden die drei Informationstypen am Beispiel der ersten beiden Glieder skizziert.

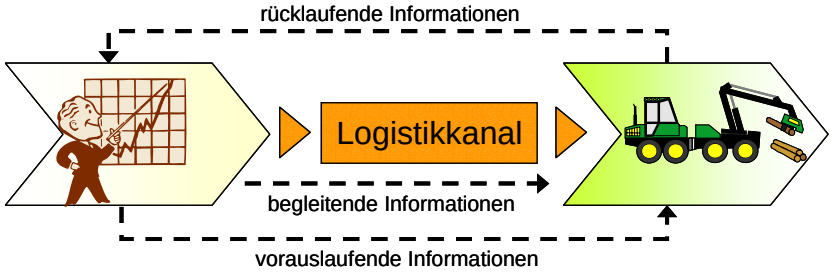


Abbildung 67 : Informationsaustausch in der Holzerntekette [1]

Der Informationsfluß wird durch einen Aufarbeitungsauftrag ausgelöst, dessen **begleitende Informationen** dem Wertschöpfungsprozeß vom Beginn bis zum Abschluß einer Hiebsmaßnahme folgen. Es handelt sich dabei um Schlüsselinformationen für die Logistik, ohne die ein übergreifendes Supply Chain Management nicht zu realisieren ist.[2]
Die dem Materialfluß **vorauslaufenden Informationen** haben die Aufgabe, die betreffenden Akteure rechtzeitig zu informieren, um vorhandene Ressourcen frühzeitig disponieren und nachfolgende Prozesse bestmöglich koordinieren zu können. Anhand von eindeutigen Parametern (Partienummer, Stammdaten von Lieferanten und Abnehmern, etc.) gewährleisten die begleitenden Informationen die Identifikation von Hiebsmengen im weiteren Verlauf des Bereitstellungsprozesses und damit letztlich die Übereinstimmung der vorauslaufenden Informationen mit den Ist-Informationen zum aktuellen Zustand.
In Abhängigkeit des Aktualitätsgrades können die **rücklaufenden Informationen** in Echtzeit bzw. zum Ende eines Teilprozesses übermittelt werden. Auswertungen dieser Informationen (vgl. Supply Chain Controlling, S. 52) liefern Kennzahlen zur Qualitätskontrolle der eigenen Liefer- und Termintreue.
Gemäß dieser drei Informationstypen sind in nachstehender Abbildung 68 die für den Gesamtprozeß wichtigsten Informationen in Abhängigkeit des jeweiligen Bearbeitungsschrittes aufgelistet.

[1] Quelle: KRAMPE, H.: Informationsaustausch in der Logistik, in: DÜCK, O. (edit.): Materialwirtschaft und Logistik in der Praxis, 1998, Kap. 5.2.1.1, mod.
[2] vgl. HEINIMANN, R.: Logistik der Holzproduktion – Stand und Entwicklungsperspektiven, Forstwissenschaftliches Centralblatt Nr. 118, 1999, S. 31 ff.

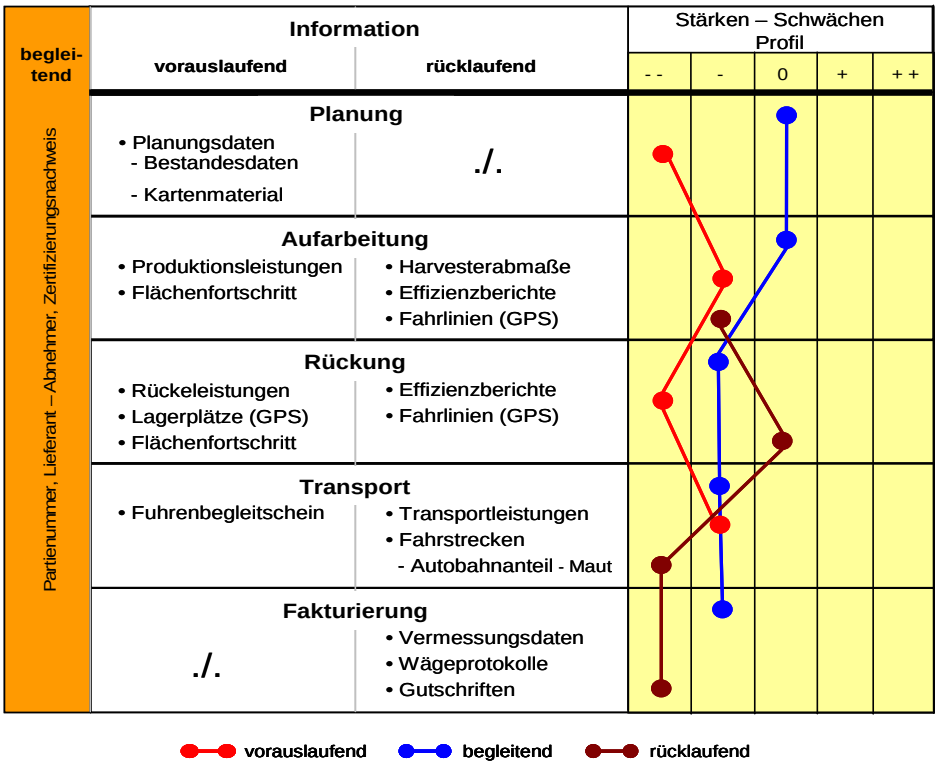


Abbildung 68 : Stärken-Schwächen-Profil des Informationsflusses in der Holzerntekette

Während für die organisatorischen und operativen Prozesse vornehmlich die vorauslaufenden Informationen entscheidend sind, sind für die administrativen Tätigkeiten insbesondere die rücklaufenden Informationen relevant.
Basierend auf den Erkenntnissen der Befragung der Einsatzleiter und Forstunternehmer (vgl. Tabelle 8, S. 97) sowie der Projekte *WBV Logistikstudie* *(VI.)* und *GeoMail* *(V.)* läßt sich die Qualität der jeweiligen Informationen anhand eines Stärken-Schwächen-Profils gutachterlich bestimmen.
Insgesamt sind in Abhängigkeit des Informationstyps sowie des jeweiligen Bearbeitungsschrittes teilweise **gravierende Defizite** im Informationsfluß erkennbar, die letztlich auf folgenden Unzulänglichkeiten basieren: [1]

- fehlende Standardisierung
- mangelhafte IuK-Ausstattung
- ungenügende EDV-Kenntnisse

Innerhalb der Branche hat sich bislang kein einheitliches Procedere etabliert, welches sowohl den konkreten **Ablauf** als auch das entsprechende **Übertragungsmedium** eindeutig regelt. Besonders schwerwiegend wirkt sich die **fehlende Standardisierung** beim Austausch elektronischer Daten aus. Die EDV-Systeme der Forst- und Holzwirtschaft sind geprägt von zahlreichen **Insellösungen**, die in den vergangenen Jahrzehnten individuell erweitert und an vorhandene Module angepaßt wurden, untereinander jedoch **nicht kompatibel** sind. [2]
Da die großen Staatsforstverwaltungen der Länder verstärkt die Entwicklung eigener EDV-Lösungen favorisiert und private Forstbetriebe die Systeme kommerzieller

[1] vgl. LEINERT, S.: Voraussetzungen für die Mobilisierung der erforderlichen Angebotsmenge zur Belieferung eines großen Sulfatzellstoffwerkes in Norddeutschland, 1998b
[2] vgl. HUG, J.: Optimierung von Geschäftsprozessen in der Forstwirtschaft durch den Einsatz von Informationstechnologie, 2004, S. 8 ff.

Anbieter eingesetzt haben, hat sich eine bundesweite Harmonisierung bislang nicht durchgesetzt.[1]
Am Beispiel der Erfassung rücklaufender Werksvermessungsdaten durch den Lieferanten läßt sich am anschaulichsten die mangelhafte Implementierung informatorischer Schnittstellen und ihre Auswirkungen darstellen. Bei diesem administrativen Bearbeitungsschritt werden **digital vorliegende Daten** vom Abnehmer als Ausdruck **in Papierform übermittelt**, um anschließend **manuell** erneut eingegeben zu werden. Da die Abmaße werkseitig nicht als Gesamtpartie, sondern jeweils als **einzelne Fuhre** erfaßt werden, könnte sich beispielsweise eine Liefermenge von 100 Fm auf drei bis fünf LKW-Fuhren verteilen. Entsprechend der Anzahl an Fuhren werden diese Einzellisten, aggregiert nach Stärke- und Güteklassen, in das eigene System übertragen.
Um diesen Zeitbedarf zu quantifizieren wurde diese Holzlistenerfassung im Rahmen des Projektes *WBV Logistikstudie (VZ)* mittels **Zeitstudien** untersucht. Die vordefinierten Arbeitsablaufabschnitte finden sich in Anhang 2 (S. 192). Insgesamt wurden 136 Einzellisten mit einem Gesamtvolumen von 1.514 Fm verarbeitet. In der Praxis läßt sich dieser Vorgang in drei Arbeitsschritte gliedern. Vor Beginn der eigentlichen **Dateneingabe** ist ein **Vorsortieren** der einzelnen Listen notwendig, um eine strukturierte Reihenfolge zu erlangen. Nach der Erfassung wird durch **Gegenkontrollen** überprüft, ob das Volumen der einzelnen Listen mit der Gesamtsumme der Werksdaten stimmig ist. Tabelle 16 zeigt die durchschnittliche Dauer für die einzelnen Arbeitsschritte und den Gesamtaufwand pro Liste.

Tabelle 16 : Zeitbedarf manueller Eingabe von Vermessungsprotokollen

Arbeitsschritt	**Dauer [min:s]**
Listen vorsortieren	00:14
Dateneingabe	02:46
Gegenkontrolle	01:35
allgemeine Zeiten	00:18
Gesamtdauer **pro Liste** (=LKW Ladung)	04:53

Bei einem durchschnittlichen Volumen von 20,3 Fm je Liste addiert sich der Zeitbedarf für die Erfassung der beobachteten 1.514 Fm auf **über 10 Stunden**. In der Praxis verteilt sich dieser Zeitbedarf auf **zwei bis drei Arbeitstage**, da diese monotone Arbeit, die gleichzeitig eine hohe Konzentration erfordert, nicht an einem Stück abgearbeitet werden kann.

Im Praxisalltag ist des öfteren eine unzureichende bzw. fehlende **Kennzeichnung der Polter** zu beobachten.[2] Dies betrifft zunächst den Spediteur, wenn nicht klar ist, welcher Posten zu seinem Transportauftrag gehört. Allerdings setzt sich dieses Defizit ebenfalls bei der Vermessung im Werk fort, so daß wichtige **hiebsbegleitende Informationen** (z.B. Partienummer) den Kopfdaten der Vermessungsprotokolle nicht mehr zu entnehmen sind. Somit ziehen derartige Informationsdefizite letztlich auch die Zuordnung und Verarbeitung von Vermessungsdaten und Abrechungen unnötig in die Länge.

[1] vgl. HÖFLE, H.: The State of Forestry Informations Systems in Germany. IUFRO Workshop "Forestry information systems", 2000
[2] vgl. VON BODELSCHWINGH, E.: Rundholztransport - Logistik, Situationsanalyse und Einsparpotentiale, 2001, S. 45 f.

Im Hinblick auf den gesamten Bereitstellungsprozeß verdeutlicht Abbildung 68 (S. 135), daß insbesondere die vorauslaufenden und rücklaufenden Informationen teilweise große Schwächen aufweisen. Als Folge dieser durchweg ungenügenden Transparenz resultieren verhältnismäßig lange Durchlaufzeiten bzw. ein hoher Anteil an Leerzeiten (vgl. Kap. 4.7, S. 130). Insofern läßt sich ein **direkter Zusammenhang** zwischen der Qualität von Informationen und der Länge der Durchlaufzeit ableiten.
Die Herausforderung in dem komplexen Umfeld der Holzerntekette liegt somit in der **ganzheitlichen Verwaltung** aller wichtigen Basisdaten und Informationen sowie in der schnellen und effizienten Entscheidungsfindung.
Einer durchgängigen, flächigen Nutzung zeitgemäßer Informations- und Kommunikationstechnologie (IuK) stehen letztendlich jedoch teilweise erhebliche Mängel der einzelnen Akteure bezüglich der **Ausstattung** und des **routinierten Umgangs** mit selbiger entgegen. Auf diese Tatsache weisen auch LEINERT (1998a), HECKER und RESSMANN (1999), DUFFNER (2000) und OSWALD et al. (2003) wiederholt hin.[1] [2] [3] [4]
Die Kombination aus fehlender bzw. ungenügender Hardware und mangelnder Praxis unterbindet letzten Endes einen erfolgreichen Technologieeinsatz. Darin spiegelt sich der **Faktor Mensch** sowie der von PAGE (1990) und LANGLEY (1997) beschriebene Widerstand gegen den Wandel wider (*resistance to change*) bzw. die fehlende Bereitschaft dazu.[5] [6]

[1] vgl. LEINERT, S.: Zukunftsfähige Organisation der Waldwirtschaft, Forst und Holz, Nr. 21, 1998, S. 648-650.
[2] vgl. HECKER, M., RESSMANN, J.: Informationstechnologie und Human Capital – Forst- und Holzwirtschaft vor dem nächsten Jahrtausend, Schweiz. Z. Forstwes. Nr. 6., 1999, S. 219-225.
[3] vgl. DUFFNER, W.: Forstwirtschaft in Mitteleuropa. Fossil oder Zukunftsbranche? 2000
[4] vgl. OSWALD, K. et al.: Verbesserungen von organisatorischen Strukturen und betrieblichen Abläufen in der Holzproduktion, 2003, S. 55
[5] PAGE, K.:Managing Organisational Change, 1990
[6] LANGLEY, J.: Supply Chain Integrated Management, 1997

4.9 Zusammenfassende Gesamtbetrachtung

Die detaillierten Analysen zu den operativen Bereitstellungsprozessen liefern fundierte Leistungsdaten zu hochmechanisierten Erntesystemen. Im Gegensatz zu zahlreichen wissenschaftlichen Untersuchungen basiert die Datengrundlage nicht ausschließlich auf einer einseitigen, zeitlich eng bemessenen Erhebung, sondern auf **langfristigen Beobachtungen** eines breiten Maschinenkollektivs. Neben Produktivitätskennzahlen wurden zusätzlich typische Hiebsmerkmale und Einsatzbereiche dokumentiert. Anhand dieser Praxisdaten lassen sich **realistische Modellkalkulationen** für unterschiedliche Bestandsstrukturen anstellen.
Gegenwärtig hat die Erntetechnik ein Niveau erreicht, das nach derzeitigem Stand des Wissens durch **technische** Weiterentwicklungen keine vergleichbaren Produktivitätssteigerungen erwarten läßt, wie beispielsweise die Einführung der Harvestertechnologie. Gleichwohl sind die Potentiale innovativer Verbesserungsansätze stets zu berücksichtigen (vgl. Kap.7.1.3, S. 158).
Dagegen führen **organisatorische** Maßnahmen und Skaleneffekte zu verbesserten Rahmenbedingungen, wodurch sich noch **deutliche Rationalisierungspotentiale** erschließen lassen.
Der Schlüssel dazu liegt insbesondere in einem stärkeren **Vertrauen** zwischen den einzelnen Akteuren und Marktpartnern sowie in einer **Standardisierung** von Abläufen und Informationsflüssen.
Fehlende Transparenz und periodische Angebots- und Nachfrageschwankungen (Sommerloch, „Bauernbuckel“) erschweren innerhalb der Wertschöpfungskette die Planungssicherheit und haben **ungleichmäßige Kapazitätsauslastungen** zur Folge (vgl. Kap. 3.1.3, S. 60).
Während die Industrie auf **Versorgungsengpässe** durch eine überregionale Holzbeschaffung zu reagieren hat, müssen Dienstleister ihre Erntesysteme zum Teil zwangsweise stillegen bzw. Fahrzeuge zur Senkung der Fixkosten sogar abmelden. Bei dem **Überangebot** in der traditionellen Einschlagssaison im Winter bzw. bei größeren Kalamitäten ist der Markt zusätzlich teilweise starken Preisschwankungen unterlegen.
Als Folge der zahlreichen Akteure sind Holzernteketten gekennzeichnet durch organisatorische und technische Schnittstellen. Durch diese Heterogenität sind **organisatorische Schnittstellen** vielfach nicht mehr eindeutig abzugrenzen, die Übergänge sind vielmehr fließend. Zur interorganisatorischen Überwindung von Raum und Zeit bedingen sie in der Regel wiederum **technische Schnittstellen** (Telefon, Fax, E-mail), um Folgeprozesse zu initiieren bzw. abzuschließen.
Durch die ungenügende Standardisierung elektronischer Datenformate innerhalb der gesamten Branche ist der Informationsaustausch durch zahlreiche Medienbrüche, zeitliche Verzögerungen sowie einen **hohen administrativen Gesamtaufwand** gekennzeichnet. Insbesondere die vorauslaufenden Informationen weisen bezüglich Inhalt, Detaillierungsgrad und Aktualität teilweise erhebliche Defizite auf, so daß die **Leerzeiten** im Vergleich zu den reinen Prozeßzeiten fast dreimal größer sind und sich die Gesamtdurchlaufzeit somit unnötig in die Länge zieht.
Dadurch entstehen zum einen **Zinskosten** für gebundenes Kapital, die von THEES (1998) und LANGHEIM (1998) zwischen 0,3 €/Fm und 0,8 €/Fm beziffert werden. Zum anderen führen **Lagerschäden** in Form von Qualitäts- und Volumenverlusten grundsätzlich zu einer Verschiebung von Güte- und Stärkeklassen. Dieser Wertverlust ist bislang wissenschaftlich nicht ausreichend untersucht. Lediglich für die Verblauung von Rundholz zeigen die Untersuchungen von FRIEDL et al. (2004),

daß eine wertmindernde Infektion durch Bläuepilze ab einer Durchlaufzeit von 21 Tagen zwischen Hiebsbeginn und Verarbeitung im Werk zu erwarten ist. Für eine mittlere **Durchlaufzeit** von 49 Tagen (vgl. Abbildung 63, S. 130) wird für Sägerundholz und Industrieholz ein durchschnittlicher Wertverlust von 1,37 €/Fm durch Verblauung angegeben.[1]
Berücksichtigt man, daß sich mit modernen Ernteverfahren unter optimalen Bedingungen über 200 Fm pro Tag (vgl. Abbildung 41, S. 105) bereitstellen lassen, so sind **tagesaktuelle Informationen** über Produktions- und Transportleistungen unumgänglich. Gegenwärtige Technologietrends in der Datenverarbeitung und Kommunikation (vgl. Kap. 3.2.2.3 c), S. 78) eröffnen die Möglichkeit für eine **dynamische Steuerung** des Materialflusses.

Die derzeitige Situation im Bereich der Rundholzlogistik ist, von Ausnahmen abgesehen, gekennzeichnet von **zahlreichen Unsicherheiten**, die sich innerhalb der gesamten Wertschöpfungskette identifizieren lassen. Sie sind primär Folge von **Planungs-** und **Informationsdefiziten**, wodurch Produktions- und Transportkapazitäten weitgehend nur suboptimal eingesetzt werden können.
Charakteristische Merkmale von **integrierten Logistikketten** im Sinne eines SCM-Ansatzes (vgl. Kap. 3.1.2, S. 44) sind verglichen mit Beispielen aus dem Ausland in Deutschland bislang nicht in nennenswertem Umfang zu registrieren. Gemessen an dem vierstufigen Integrationsmodell von STEVENS (1989) (vgl. Abbildung 11, S. 51) befindet sich die Branche weitgehend auf dem Niveau der Stufe 1 (Ausgangslage), ansatzweise sind Beispiele für eine funktionale Integration (Stufe 2) zu verzeichnen.

Die primäre Herausforderung der gesamten Branche besteht demnach in der **Synchronisation** des Rohstoffbedarfs der in Deutschland expandierenden Holzwirtschaft (vgl. Kap. 3.2.3, S. 81) mit den technischen Aufarbeitungs- und Transportkapazitäten für eine **effiziente Bereitstellung** des Potentials an Holzvorräten und Zuwächsen der Forstwirtschaft (vgl. Kap. 3.2.1, S. 67).

[1] FRIEDL, K. et al.: Netzwerk Holz. 2004, S. 88

5. Soll-Konzept für einen betriebsübergreifenden SCM-Ansatz

Gemäß den Ergebnissen der Situationsanalyse kristallisieren sich zahlreiche Ansatzpunkte für Effizienzsteigerungen bei der Bereitstellung von Rundholz heraus, welche sich in **organisatorische und technische Ansatzpunkte** unterteilen lassen. Deren konkrete Umsetzung wird eingehend in Kap. 7 (S. 144) vorgestellt, während an dieser Stelle zunächst Rahmenbedingungen und Strukturen skizziert werden sollen. Eine Übersicht über Aufbau und Abläufe eines betriebsübergreifenden SCM-Ansatzes in der Forst- und Holzwirtschaft liefert nachstehende Abbildung 69.

Der Grundgedanke des Supply Chain Managements spiegelt sich in der betriebsübergreifenden Betrachtung der Wertschöpfungsketten wider, um bezogen auf das Endprodukt ein **Gesamtoptimum** zu erzielen (vgl. Kap. 3.1.2.2, S. 45).
Insofern sind Maßnahmen, die einzelne Teilprozesse zu optimieren vermögen, bezogen auf den Gesamtprozeß erst dann wirtschaftlicher, wenn diese scheinbaren Kosteneinsparungen nicht durch entsprechend höhere Kosten der Folgeprozesse kompensiert werden. Die Erschließung **ökonomischer Potentiale** ist primär von Skaleneffekten abhängig, während **prozeßoptimierende Lösungen** nicht ausschließlich daran gebunden sind.
Im Gegensatz zu kurzfristigen respektive sporadischen Geschäftsverhältnissen, deren Umsatzvolumen sich zudem an gegenwärtigen Marktpreisen orientiert, basiert die Philosophie von SCM auf einer **strategischen** und **langfristigen Partnerschaft**, die mehrere Unternehmen in einem **Logistiknetzwerk** vereint. Eine **zentrale Stellung** nehmen demnach **planerische Komponenten** ein, die auf unterschiedlichen Zeithorizonten basieren.
Eine Kooperationsform gemäß SCM bedeutet, daß sich die Unternehmen **gegenseitig Einblicke** gewähren (z.B. in Planungsgrundlagen, Lagerbestände, Produktionskapazitäten, etc.) und gemeinsam **Ziele** und **Visionen** definieren. Dadurch lassen sich Aufträge zwischen den Unternehmen koordinieren und deren Planung und Durchführung optimal aufeinander abstimmen. Gleichzeitig kann durch ein aktives „**Fluß-Leveling**“ einem unplanmäßigen Aufschaukeln von Beständen entgegengewirkt werden (vgl. Kap. 3.1.3, S. 60).
Der **Beschaffungsplan** der Abnehmer (Holzindustrie) wird basierend auf einem jährlichen Vertragsvolumen mit dem **Versorgungsplan** der Lieferanten (Forstbetrieb) abgeglichen.
Eine fundierte **Holzernteplanung** ist für den Lieferanten zentraler Bestandteil der **taktischen Planungsebene**, die sich gegebenenfalls auf bestimmte Regionen (z.B. Reviere) begrenzen läßt. Kernstück ist eine **Hiebsdatenbank**, welche zu den einzelnen Maßnahmenflächen detaillierte Planungsdaten bereithält. Insofern kann sowohl auf kurzfristige Bedarfsänderungen der Kunden als auch auf etwaige Marktstörungen flexibel reagiert werden.
Anhand der Planungsdaten lassen sich im Rahmen einer **Vorkalkulation** Erntekosten und Erlöse berechnen. Ferner vermögen Angaben über zu erwartende Durchlaufzeiten die Einsatzplanung zu unterstützen und gleichzeitig einen **Soll-Wert** (Benchmark) für Ernte- und Transportleistungen der jeweiligen Hiebsmaßnahme zu definieren.
Die **operativen Prozesse** werden maßgeblich über eine **zentrale Logistik-Plattform** gesteuert, in der die wesentlichen Informationen zu jedem Hieb gebündelt werden. **Informationen werden somit zum zentralen Bestandteil betriebsübergreifender Logistikplanung**.

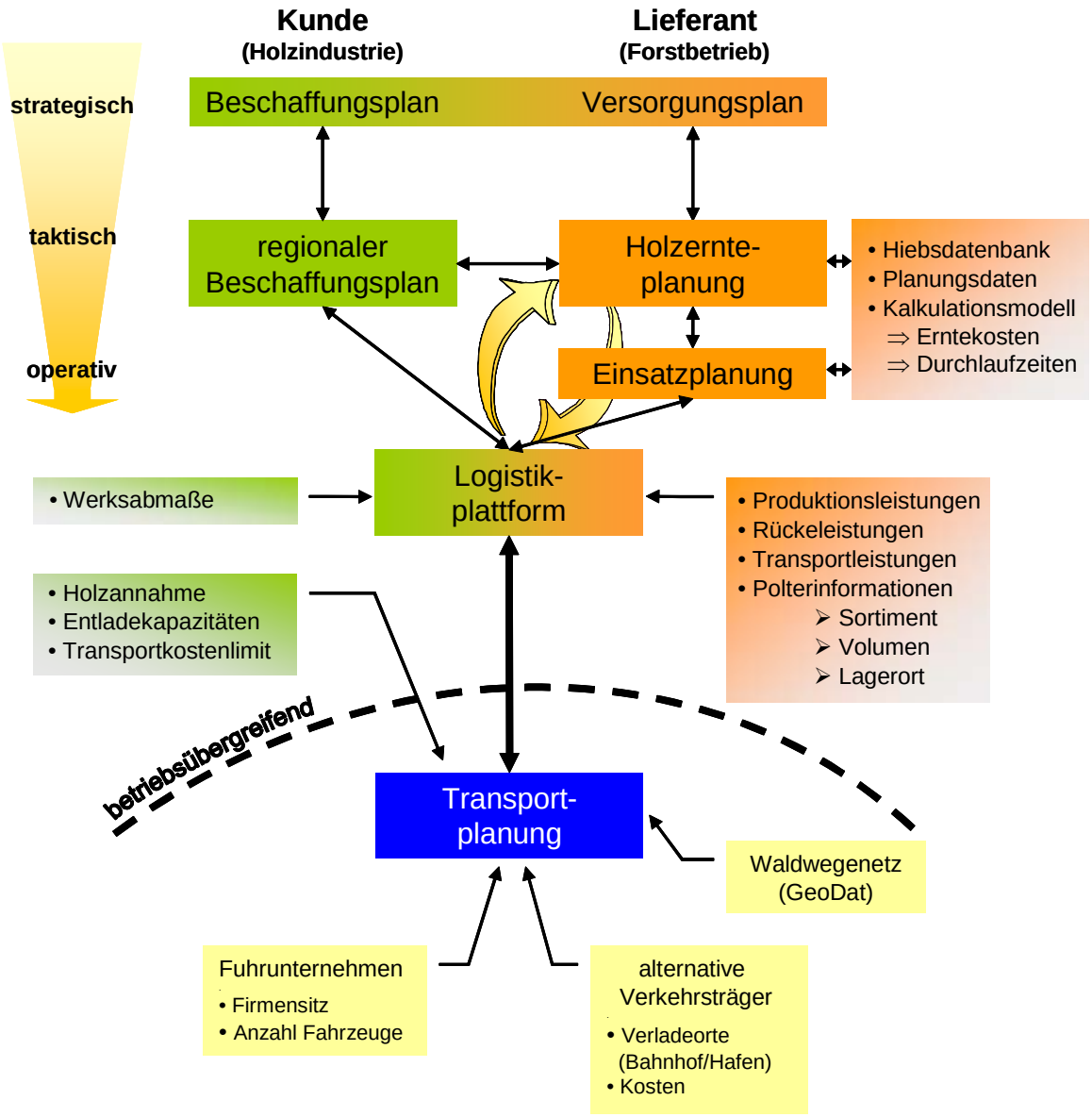


Abbildung 69 : Komponenten für ein betriebsübergreifendes SCM

Den grundlegenden Input für eine **dynamische Steuerung** des Materialflusses liefern **tagesaktuelle Informationen** zum Status des einzelnen Polters. Basierend auf diesen Daten wird schließlich der Transport ins Werk organisiert. Die Disposition der Fuhrunternehmen verläuft **absolut entkoppelt** von determinierten Kooperationsformen und führt dadurch zu einer bestmöglichen Fahrzeugauslastung.
Durch den Einsatz spezieller **Tourenplanungssoftware** kann eine Vielzahl an Restriktionen (z.B. begrenzte Entladekapazitäten, eingeschränkte Befahrbarkeit von Forststraßen bei Nässe, etc.) berücksichtigt und gleichzeitig ein Kostenabgleich mit alternativen Verkehrsträgern angestellt werden. Die Fuhraufträge werden inklusive der Fahrtrouten elektronisch direkt ins Fahrzeug übertragen. Die Anfahrt zum Polter erfolgt mittels GPS gestützter **Navigation**, so daß sich der Fahrer auch in ihm unbekannten Waldgebieten ohne fremde Hilfe orientieren kann.

Das skizzierte Konzept für einen betriebsübergreifenden SCM-Ansatz birgt ein großes Potential, um die Schwachstellen der Situationsanalyse weitgehend zu minimieren und insgesamt eine höhere Wettbewerbsfähigkeit der Branche zu erreichen.

6. Ist-Soll-Vergleich

In betriebsübergreifenden Wertschöpfungsketten stellt die detaillierte **Planung und Koordination** einzelner Teilprozesse einen wesentlichen Schwerpunkt dar. Insofern wird die Bereitstellung möglichst umfassender Informationen per se zu einem **essentiellen Produktionsfaktor**.
Angesichts teilweise massiver Informationsdefizite (vgl. Kap. 4.8, S. 134) ist diesbezüglich eine **große Diskrepanz** zwischen dem Ist-Zustand der Situationsanalyse und dem Soll-Konzept feststellbar. Diese Defizite resultieren sowohl aus technischen Mankos bei der Informationsübermittlung als auch aus organisatorischen Unzulänglichkeiten bei den einzelnen Akteuren.
Grundsätzlich sind bei dem Ist-Zustand jedoch **unterschiedliche Ausgangsniveaus** einzelner Betriebe zu berücksichtigen; so befindet sich beispielsweise die Nutzung moderner Informations- und Kommunikationstechnologie bei innovativen Unternehmen wie z.B. *Lignis, Thurn und Taxis Waldpflege oder Thosca Holz* bereits auf einem weitaus höheren Niveau, welches sich nicht mit dem eines Staatsbetriebes oder privaten Forstbetriebes vergleichen läßt.
Insofern liefert eine **qualitative Bewertung des Potentials** zwischen Ist und Soll eine realistischere Darstellung als ein Kennzahlenvergleich, der weitgehend auf Hypothesen beruht, da auch für Teile des Soll-Konzeptes bislang keine Erfahrungswerte respektive fundierte Zielgrößen vorliegen.
Dieses Rationalisierungspotential zwischen Ist und Soll kann letztlich für den gesamten Bereitstellungsprozeß des Rundholzes auf technische und organisatorische Maßnahmen verdichtet werden. Das zu erwartende Verbesserungspotential läßt sich für die einzelnen Teilprozesse gutachterlich wie folgt einordnen:

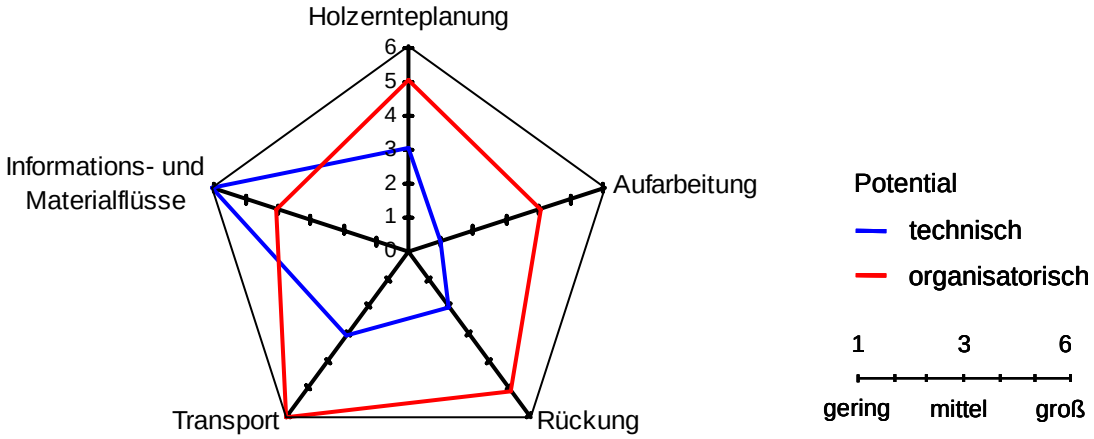


Abbildung 70 : Bewertung von Verbesserungspotentialen (Ist vs. Soll)

Zur Erschließung dieser Potentiale sind technische und organisatorische Maßnahmen **nicht getrennt voneinander zu betrachten**, da sie häufig einander bedingen. Dennoch besteht im Bereich **informationstechnischer Reorganisationsmaßnahmen** besonderer Handlungsbedarf, um die vorhandenen IuK-Systeme der einzelnen Akteure anzupassen.
Im Gegensatz zu den eher **funktional ausgerichteten** Arbeitsprozessen bei der Ist-Analyse erfordert die **ganzheitliche Sichtweise** des SCM-Ansatzes eine Abstimmung sämtlicher Tätigkeiten zwischen der Holzernteplanung und der Endabrechnung auf den gesamten Bereitstellungsprozeß. Insofern lassen sich organisatorische

Verbesserungen nicht ausschließlich auf einzelne Teilprozesse begrenzen. Nachstehende Tabelle 17 zeigt eine Übersicht der Maßnahmen, auf denen die qualitative Bewertung des Verbesserungspotentials der Abbildung 70 basiert. Die konkrete Umsetzung sowie die Auswirkungen der einzelnen Schritte werden im Aktionsprogramm des folgenden Kapitels eingehend vorgestellt.

Tabelle 17 : Übersicht technischer und organisatorischer Verbesserungsmaßnahmen

	technisch	organisatorisch
Planung	• Hiebsdatenbank • detailliertes Kartenmaterial • Software für Vor- bzw. Nachkalkulation • zentrale Logistikplattform	• Sortimente, Liefervolumen und –zeitpunkt mit Kunden abstimmen • Maßnahmenflächen zeitlich und räumlich zu Aufarbeitungsblöcken bündeln • rollierende Planung von zwei Einschlagsperioden • Funktionalisierung bestimmter Arbeitsbereiche • Prozeßorientierung
Aufarbeitung	• vereinfachte Steuerungssysteme, Automatik-funktionen • Kombimaschinen	• Maßnahmenflächen zeitlich und räumlich zu Aufarbeitungsblöcken bündeln • Erntemaßnahmen in Beständen mit kritischer Stückmasse vermeiden • optimale Auszeichnung der Bestände und Feinerschließungslinien • bei Vornutzungen motormanuelle Zufällung auf Minimum begrenzen
Rückung	• vereinfachte Steuerungssysteme • diverse konstruktive Verbesserungen zur Erhöhung der Ladekapazität • Windenunterstützung für den Forwardereinsatz in steilen Hanglagen • Kombimaschinen	• Maßnahmenflächen zeitlich und räumlich zu Aufarbeitungsblöcken bündeln • Anzahl der Sortimente auf sinnvolles Maß begrenzen • Aushaltung längerer Sortimentsabschnitte (4 bzw. 5 m) • ausreichend dimensionierte Lagerplätze bzw. kontinuierliche Abfuhr
Transport	• Navigationslösungen • Fahrzeuge in Leichtbauweise • kranlose Sattelzüge • multifunktionale Transportsysteme	• Minimale Poltergröße 25 Fm • Reduktion der Leerfahrten durch betriebsüber-greifende Transportplanung • Verkürzung der Wartezeiten im Werk • kombinierter Verkehr • Direktverladung vom Forwarder auf Trailer
Informations- und Material-flüsse	• Standardisierung von EDV-Formaten • zentrale Logistikplattform • softwaregestützte Tourenplanung • Client-Server-Lösungen • zeitgemäße MDE-Geräte inkl. GPS-Empfänger	• Standardisierung von Prozeßabläufen • tagesaktuelle Übermittlung von Statusmeldungen • Schulung des Personals im Umgang mit IuK-Technologie

7. Lösungsansätze - Aktionsprogramm

Die bedeutendsten Verbesserungspotentiale bei der Bereitstellung von Rundholz sind gemäß den Ergebnissen der Situationsanalyse (Kap. 4) durch **technische** und **organisatorische Reorganisationsmaßnahmen** zu erreichen. Beide sind in modernen Logistikketten jedoch nicht getrennt voneinander zu betrachten, sie bedingen vielmehr einander (vgl. Kap. 3.1, S. 37).
Obwohl eine effiziente Informationsbereitstellung vielfach Voraussetzung für organisatorische Maßnahmen ist, sind auch technische Innovationen im Bereich der Ernte- und Fahrzeugtechnik mit zu berücksichtigen.
Letztlich gilt es, Organisationsstrukturen einem prozeßorientiertem Ansatz anzupassen und das technische und informatorische Instrumentarium, welches gegenwärtig zur Verfügung steht, **konsequent einzusetzen**.

7.1 Technische Reorganisationsmaßnahmen

7.1.1 Informations- und Kommunikationstechnologie

7.1.1.1 Innerbetriebliche Abläufe der Lieferanten

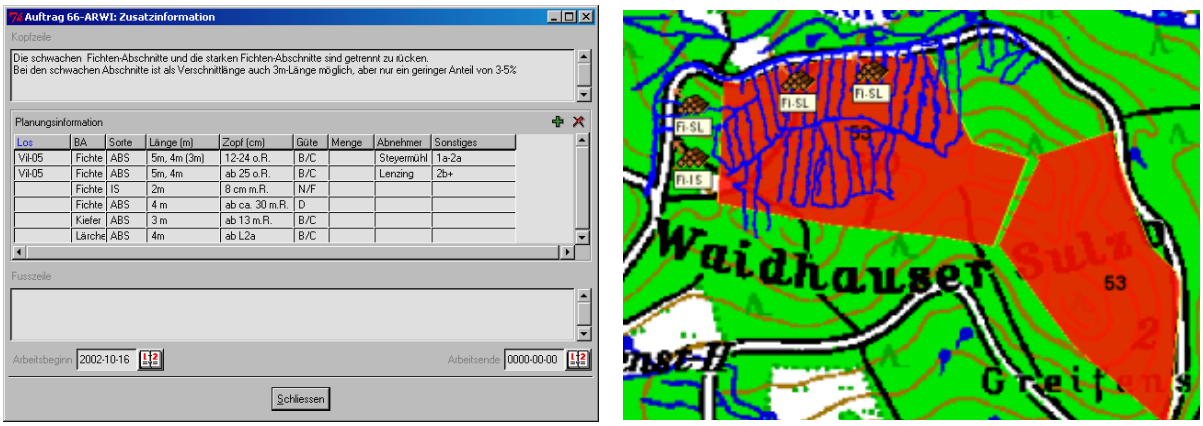
Die Komponenten technischer Maßnahmen werden in Anlehnung an die Einteilung der Prozeßgliederung von Abbildung 31 (S.94) vorgestellt.

a) organisatorische Prozesse

Bei den Landesforstverwaltungen und größeren Privatforstbetrieben kommen für die Planung **waldbaulicher Maßnahmen** Forsteinrichtungsdatenbanken in Kombination mit GIS-Systemen zum Einsatz. Diese lassen sich für die konkrete **Einsatzplanung** von Hiebsmaßnahmen durch zusätzliche Module erweitern, welche in Abhängigkeit des Bestandes, Reliefs, Bodentyps und Erschließungsgrades eine systematische Klassifizierung nach Ernteverfahren und Jahreszeiten ermöglichen.[1]
Während eine flächige Implementierung, die auch den kleineren Privat- und Körperschaftswald einbezieht, als eher langfristige Aufgabe einzustufen ist, können einfachere Alternativlösungen umgehend eingesetzt werden.
Im Rahmen des Projektes *WBV Logistikstudie (VI.)* wurde für den Kleinprivatwald ein Planungsmodul entwickelt, mit dem sich basierend auf der Standardsoftware MS Excel ein Aufarbeitungsauftrag generieren läßt, der die elementaren Kennzahlen einer Hiebsmaßnahme (vgl. Kap. 4.2, S. 95) beinhaltet. Gleichzeitig kann anhand einer Kriterienliste der wichtigsten Einflußfaktoren (vgl. Kap. 4.6, S. 121) der Aufarbeitungspreis für die einzelne Teilfläche bzw. den einzelnen Waldbesitzer bestimmt und festgesetzt werden (Beispiel siehe Anhang 12, S. 211). Durch die **eindeutige Flächennummer** lassen sich die Hiebsmengen zu jedem Prozeßschritt dem entsprechenden Lieferanten zuordnen und dadurch eine umfassende Transparenz herstellen.
Die wesentlichen Informationen über die einzelnen Teilflächen werden automatisch in die **Gesamtübersicht** des Arbeitsauftrages übernommen (vgl. Abbildung 94, S. 212). Mit der Kartensoftware TOP50 lassen sich die Hiebsflächen mit der

[1] vgl. VACIK, H. et al. : CONES - Computergestützte Entscheidungshilfe für Verjüngungseingriffe im Seilgelände 2003, S. 131 ff.

entsprechenden Flächennummer, den Lagerplätzen, Maschinenwegen und Rückegassen als Overlay darstellen und in Form eines Lageplans in den Auftrag übernehmen. Speziell die Einsatzleiter und Maschinenführer erhalten anhand der Gesamtübersicht einen Überblick über geschätzte Aufarbeitungsmengen sowie die Lage der einzelnen Teilflächen.
Mit der Erstellung des Arbeitsauftrages läßt sich für jede Teilfläche bzw. jeden Waldbesitzer automatisch ein **Fuhrenbegleitschein** mit der entsprechenden Partienummer generieren. Dies bedeutet, daß die Partienummer, die nach der Rückung an das Polter gespritzt wird, bereits **vor Beginn der Hiebsmaßnahme** feststeht.
Während es sich bei dieser Variante um eine sehr einfache, kostengünstige und praxisbewährte Lösung handelt, bieten die Hersteller von Forstmaschinen inzwischen auch **Spezialsoftware** für die Rundholzlogistik an, welche an mitteleuropäische Strukturen angepaßt ist. Es handelt sich dabei um integrierte Lösungen zur Auftragsabwicklung, welche einen **durchgängigen Datenaustausch** zwischen den mobilen Einheiten - Harvester, Forwarder und LKW - sowie den restlichen Akteuren der Holzerntekette ermöglichen. In dem **Planungsmodul** werden zunächst sämtliche **hiebsbegleitende Informationen** (vgl. Kap. 4.8, S. 134) in einem Aufarbeitungsauftrag erfaßt und durch eine detaillierte Beschreibung der Hiebsmaßnahme ergänzt. Für jedes Sortiment lassen sich die Aushaltungskriterien in einer Datenbank hinterlegen, die vor Einschlagsbeginn vom Harvesterfahrer direkt in den Bordcomputer übernommen werden können (Abbildung 71 a)).



a) **b)**

Abbildung 71 : a) Aufarbeitungsauftrag mit Aushaltungskriterien
b) Kartendarstellung der Hiebsflächen mit Fahrspuren des Harvesters [1]

Durch diese Integration einmal erfaßter Daten kann die sonst übliche manuelle Eingabe von Aushaltungskriterien der einzelnen Sortimente entfallen, was einer Zeitersparnis von ca. 15 bis 30 Minuten entspricht und gleichzeitig eine zusätzliche Fehlerquelle eliminiert. Lese- und Bearbeitungsrechte können individuell vergeben werden, wodurch der jeweilige Nutzer nur Zugriff auf Daten zu dem Auftrag bekommt, an dem er beteiligt ist, und sich dadurch eine höhere Datenkonsistenz einstellt.
Neben diesen Sachdaten lassen sich der jeweilige Einsatzort, Lagerplatz und Abfuhrweg sowie negative Kardinalpunkte (Besitzgrenzen, Biotope, etc.) durch hinterlegtes Kartenmaterial visualisieren. Der Detaillierungsgrad dabei ist von dem verfügbaren Kartenmaterial abhängig. Während **topographische Karten** bereits eine gute Orientierung ermöglichen (vgl. Abbildung 71 b)), steigt der

[1] Screenshot Logistiksoftware „GeoMail“, Quelle: BAUER, VON BODELSCHWINGH, 2003

Informationsgehalt bei **vektorisierten Karten** weiter an, bei denen beispielsweise das Rückegassennetz oder Luftbilder hinterlegt werden können (vgl. Abbildung 26 a), S. 79).
Der fertige Aufarbeitungsauftrag wird schließlich an die jeweiligen Erntemaschinen bzw. LKWs **elektronisch verschickt**.

b) operative Prozesse

Der Datenaustausch zwischen den Akteuren erfolgt über das Internet bzw. bei den mobilen Einheiten über das Mobilfunknetz (GSM/GPRS). Prinzipiell haben sich bei den Softwarelösungen bislang zwei Ansätze durchgesetzt. Eine Variante ist der Austausch von E-mails, die einen Koordinator als zentrale Anlaufstelle erfordern (z.B. GeoMail, TimberNavi), die zweite basiert auf einer Server-Lösung, bei der eine internetbasierte Plattform eine zentrale Stellung einnimmt (z.B. LUKAS). Letzteres Produkt repräsentiert derzeit die neueste Entwicklung, die mit StanForD und ELDAT (vgl. Kap. 3.2.2.3 c), S. 78) zudem auf **standardisierten Datenformaten** aufbaut und somit weitgehend unabhängig ist von markenspezifischen Systemen und EDV-Formaten. Nachstehende Abbildung 72 verdeutlicht am Beispiel von LUKAS die Struktur forstlicher Logistiksoftware.

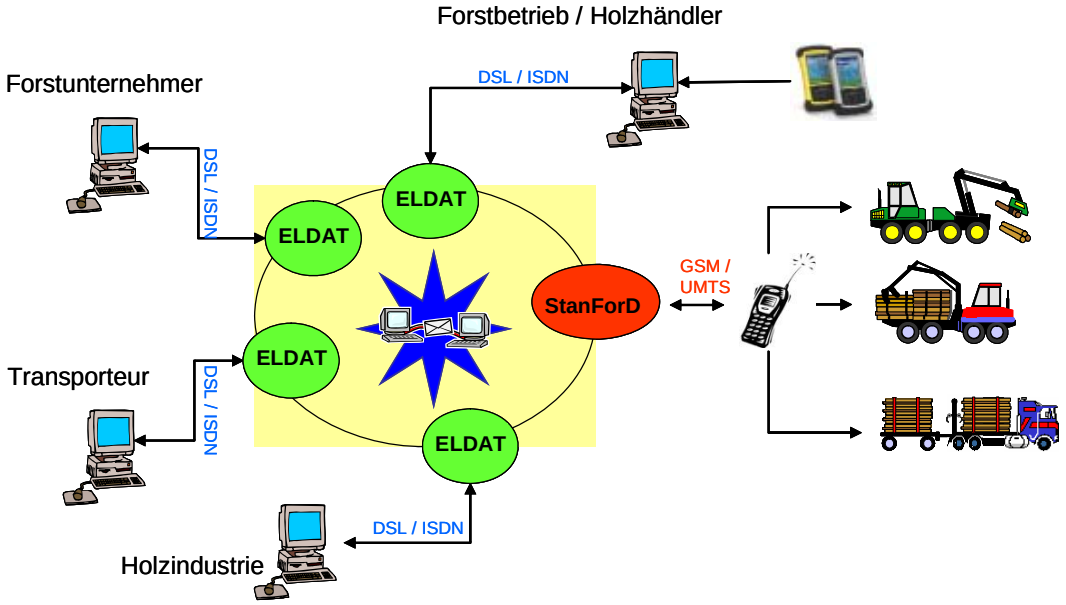


Abbildung 72 : Datenstruktur der Logistikplattform LUKAS [1]

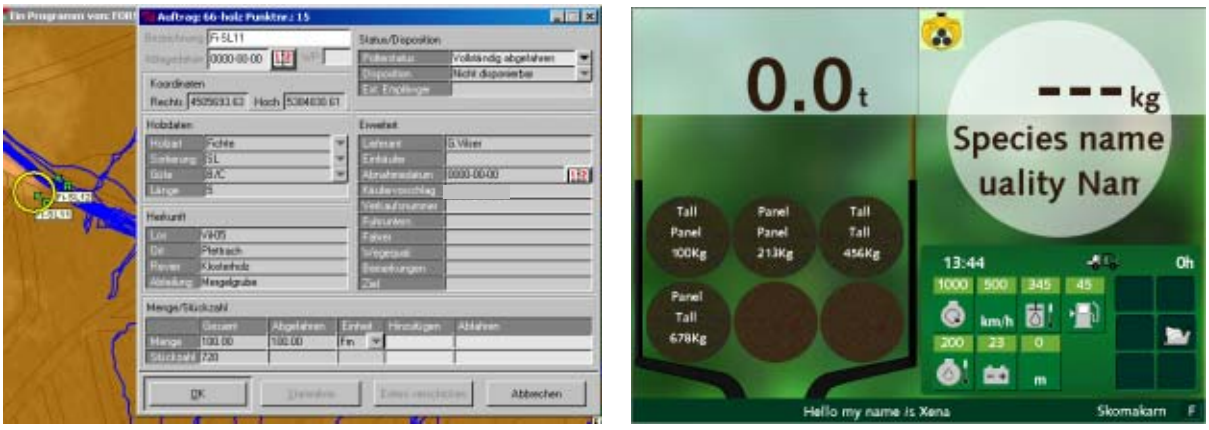
Neben bereits erwähnter Kommunikationstechnologie sind die mobilen Einheiten zusätzlich mit entsprechenden Bordcomputersystemen und GPS-Empfängern auszurüsten, um das volle Leistungsspektrum ausschöpfen zu können. Während bei Harvestern der neuesten Generation Windows basierte PC-Systeme meistens serienmäßig eingebaut werden, ist die adäquate Hardware beim Forwarder und LKW in der Regel nachzurüsten. Die Investitionskosten inkl. GPS-Empfänger liegen derzeit bei rund 3.000 €.[2]
Entsprechend der in Kap. 4.8 (S. 134) vorgestellten Systematik von Kommunikationsprozessen handelt es sich bei den bereitgestellten Planungsdaten weitgehend um begleitende Informationen. Aus **logistischer Sicht** sind jedoch in erster Linie die vorauslaufenden Informationen entscheidend, um die Folgeprozesse möglichst

[1] Quelle: KOMATSU Forest 2004, mod.
[2] Preisangabe für PDA „Sykpad“, GPS-Empfänger, Einbausatz und Softwarelizenz, KOMATSU Forest 31.9.05

zeitnah koordinieren zu können. Insofern sind primär folgende **tagesaktuelle Informationen** relevant:

- Harvester: **Produktionsleistungen** und Flächenfortschritt
- Forwarder: Rückeleistungen bzw. **Polterstatus**
- LKW: Transportleistungen bzw. **Polterstatus**

Die Produktionsleistungen des **Harvesters** werden bei Nadelholz mit sehr großer Genauigkeit[1] im Zuge der Aufarbeitung gewissermaßen kostenlos aufgezeichnet (vgl. Abbildung 89, Anhang 4, S. 200). Deren bislang nur begrenzte Nutzung ist durch die umständliche Handhabung begründet, da die einzelnen Abmaße als Ausdruck jeweils direkt von der Maschine abzuholen bzw. in elektronischer Form lediglich mit spezieller Software (z.B. *SilviA*, *Optilist*) auswertbar sind. Über die Plattform *Lukas* lassen sich diese Harvestermaße als ELDAT-Datei letztlich in die individuelle Software des jeweiligen Partners importieren. Eine regelmäßige Kalibrierung des Aggregates unterstellt, so kann auf die Erhebung des Waldmaßes am Polter weitgehend verzichtet werden.
Eine weitere Nutzungsmöglichkeit der Harvestermaße ist in der Aktualisierung vorhandener Forsteinrichtungsdaten zu sehen. Ferner lassen sich neu angelegte Rückegassen anhand der GPS-gestützten Fahrlinienaufzeichnung (vgl. Abbildung 71 b), S. 145) in geographischen Informationssystemen weiterverarbeiten und dadurch die Qualität künftiger Planungsdaten verbessern.
Die Übersicht über Produktionsdaten und die Visualisierung des Flächenfortschritts durch die Fahrspuraufzeichnungen ermöglichen dem Einsatzleiter eine Abschätzung der restlichen Einsatzdauer, ohne daß er sich regelmäßig vor Ort über den Stand der Aufarbeitung informieren muß.
Für die logistische Steuerung von Holzernteketten im Sinne eines dynamischen Materialflusses sind detaillierte Informationen über den **Status der Rückung** respektive der einzelnen Polter von weitaus **größerer Bedeutung**.
Dazu werden vom Forwarderfahrer neuangelegte Polter mittels **GPS verortet** und im System verbucht. Während hiebsbegleitende Informationen aus dem Aufarbeitungsauftrag automatisch übernommen werden, sind vom Maschinenführer die Rückeleistungen täglich zu ergänzen, damit der **aktuelle Polterstatus** dem einzelnen Entscheidungsträger zur Verfügung steht (Abbildung 73 a)).



a) **b)**

Abbildung 73 : a) Detailinformationen zum Einzelpolter
b) Sortimentsweise Erfassung der Rückeleistungen mittels Kranwaage [2]

[1] vgl. PAUSCH, VON BODELSCHWINGH (2003) S. 60 ff.
[2] Quellen: a) Screenshot „GeoMail“ b) Screenshot „TimberNavi“

Als **Dispositionsmaß** sind angeschätzte Volumenangaben in der Regel ausreichend, im Sinne einer vereinfachten und standardisierten Erfassung gerückter Sortimente könnte künftig das Gewichtsmaß dienen, das sich über eine Kranwaage am Forwarder ermitteln läßt (vgl. Abbildung 73 b)).
In einer zentralen Datenbank werden die Aufträge aller angeschlossenen Erntesysteme verwaltet. Jedes einzelne Polter, dessen aktueller Status und Lagerort läßt sich in einer Übersicht darstellen und für den **Transport** disponieren (Abbildung 74).

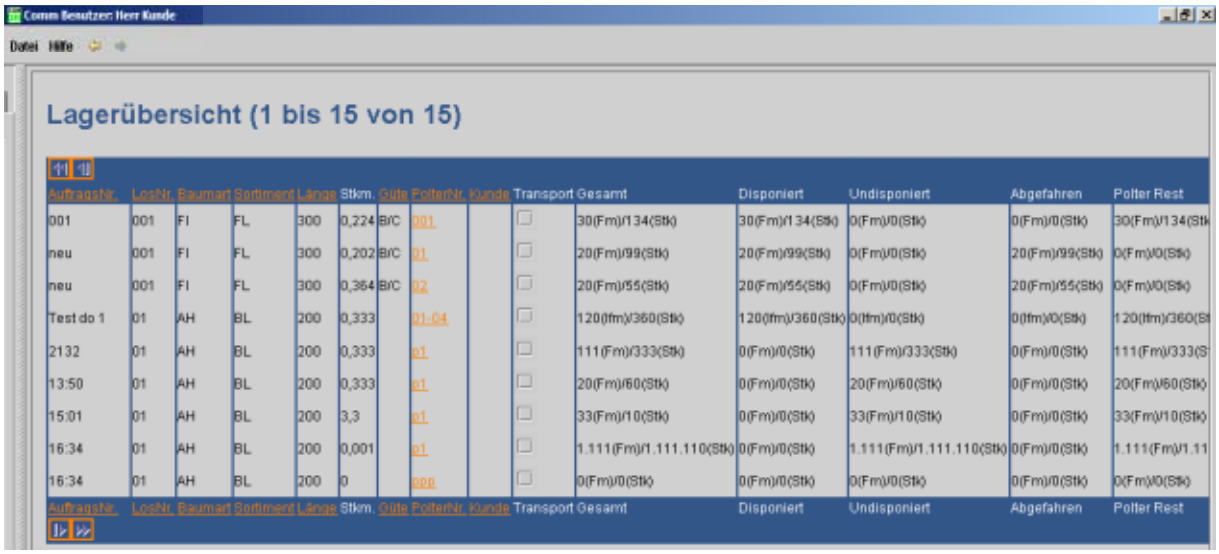


Abbildung 74 : Lagerübersicht einzelner Aufarbeitungsaufträge[1]

Der Spediteur kann für ihn disponierte Fuhraufträge einsehen und sich die benötigten Informationen auf seinen Rechner ins Fahrzeug übertragen. Es kann sich dabei um einen festeingebauten Bordcomputer handeln, ebenso ist bei *Lukas* auch der Einsatz von kostengünstigen PDAs möglich.
In Verbindung mit einem GPS-Empfänger zeigt das System die eigene Position auf einer Karte an, so daß sich der Fahrer auch in einem ihm unbekannten Gebiet orientieren und seine Fracht ohne fremde Hilfe auffinden kann.
Richtungsweisend ist diesbezüglich die landesweite Erfassung des gesamten LKW-befahrbaren Waldwegenetzes und Klassifikation der Wege. Gemäß dem **GeoDat**-Standard werden zwei Kategorien an Waldwegen unterschieden und sonstige Restriktionen (z.B. Brücken, Schranken) berücksichtigt (vgl. Abbildung 75 a)). Durch die Integration dieser Daten mit dem bereits vorhandenen öffentlichen Verkehrswegenetz ist die **Navigation** (Routing) mit angezeigten Fahranweisungen möglich. Dieses Kartenmaterial ist **bereits heute für das Bundesgebiet verfügbar**, so daß ein Rundholz-LKW mit einem herkömmlichen Navigationssystem bis zu einem Polter gelotst werden kann (vgl. Abbildung 75 b)). Eine Klassifikation des Wegenetzes, die bislang erst für Nordrhein Westfalen abgeschlossen ist, wird für alle Bundesländer sukzessive bis zum Jahr 2007 fortgeführt.
Neben der Navigation ist die **Dokumentation** von Transportleistungen ein wichtiger Aspekt der Rundholzlogistik. Dazu ist das geladene Fuhrvolumen vom Fahrer in seinem mobilem Erfassungsgerät zu protokollieren, das anschließend via Mobiltelefon an die zentrale Datenbank übermittelt wird. Diese **Rückmeldungen** werden mit den bestehenden Polterdaten synchronisiert, so daß der aktuelle Polterstatus stets verfügbar ist (vgl. Abbildung 74).

[1] Quelle: Screenshot „Lukas“, Komatsu Forest

a) **b)**

Abbildung 75 : a) Klassifikation von Waldwegen gemäß GeoDat-Standard [1]
b) PDA gestütztes Navigationssystem für die Forstwirtschaft

Im Rahmen des Projektes *GeoMail* *(V)* wurden für die gleichnamige Software **Systemkosten** in Höhe von **0,18 €/Fm** je Maschineneinheit kalkuliert. Neben den Anschaffungskosten für eine Softwarelizenz und einen festeingebauten Bordcomputer (= 24% der Gesamtkosten) sind darin ebenfalls Kosten für die Datenübertragung (=19%) und Administration (= 36%) berücksichtigt.[2] In Folge kostengünstiger Alternativlösungen (z.B. PDA) bzw. gesunkener Kosten für Hardware und Datenübertragung dürften sich die Systemkosten zwischen 0,10 und 0,12 €/Fm einpendeln. Für die Erfassung und Übermittlung der Daten ist für den einzelnen Maschinenführer ein Arbeitsaufwand in Höhe von 10 Minuten pro Tag zu berücksichtigen.[3]

c) Administrative Prozesse

Während sich das Wald- bzw. Dispositionsmaß bei hochmechanisierten Ernteketten im Zuge des Bereitstellungsprozesses von den beteiligten Akteuren mit der aufgezeigten Logistiksoftware erheben läßt, ist im Sinne eines Gesamtoptimums eine **standardisierte Erfassung** des Waldmaßes beim Einsatz alternativer Ernteverfahren bzw. diffiziler Strukturen unerläßlich.
Analog zur Erfassung von **Schätzmengen** durch den Forwarderfahrer (vgl. Abbildung 73 a), S. 147) können diese auch mit mobilen Erfassungsgeräten (Notebook, PDA) erhoben werden. Ist zusätzlich die Erfassung von **Einzelstämmen** oder eine Mantel- bzw. Polterhöhenvermessungen gefordert, so kann auch diesbezüglich auf inzwischen ausgereifte Technik zurückgegriffen werden.
Bei derartigen Anforderungen vereint z.B. das mobile Datenerfassungsgerät „*TDS Recon*“ mit der Software *TimbaTec Pocket Forest* den geforderten **Funktionsumfang** mit der notwendigen **Robustheit** bei Outdoor-Anwendungen.[4]
Parallel zur Holzerfassung werden mit Hilfe des **integrierten GPS-Empfängers** automatisch die Koordinaten des Lagerortes erfaßt und der jeweiligen Holzliste zugeordnet. Der Datensatz läßt sich anschließend direkt oder via E-mail in das betriebseigene Forstprogramm (z.B. *WinforstPro*) importieren und bei Bedarf in das

[1] Quelle: „Logiball“
[2] VON BODELSCHWINGH, BAUER (2003) S. 23 f.
[3] ebenda
[4] *TDS Recon* und *TimbaTec Pocket Forest* sind ein Produkt der Firma Latschbacher

standardisierte Datenformat ELDAT exportieren und in einer betriebsübergreifenden Datenbank weiterverarbeiten (vgl. Abbildung 72, S. 146).

Im Gegenzug werden auch die Abmaße der **Werkseingangsvermessung** ebenfalls im ELDAT-Format elektronisch übermittelt. Dadurch entfallen sowohl die umständliche postalische Übermittlung als auch die zeitaufwendige manuelle Erfassung. Im Rahmen des Forschungsprojektes *WBV Logistikstudie (VZ)* wurde erstmalig in Deutschland die ELDAT-Schnittstelle zwischen einem Großsägewerk und mehreren Forstbetriebsgemeinschaften implementiert.
Um einen Vergleich zwischen manueller Erfassung (vgl. Tabelle 16, S. 136) und elektronischem Datenimport vornehmen zu können, wurde der Zeitbedarf erneut mittels Zeitstudien dokumentiert. Nach identischem Erhebungsschema wurde der Aufwand, gegliedert nach vordefinierten Arbeitsschritten (vgl. Anhang 2, S. 192), erfaßt. Im Vergleich zur manuellen Variante kann gewissermaßen das *Einlesen* der Datei mit dem *Vorsortieren der Werkslisten* und das *Zuordnen der Listen* mit dem *manuellen Eintippen* gleichgesetzt werden.

Arbeitsschritt	**Dauer [min:s]**
Datei einlesen	00:09
Liste Zuordnen	00:17
Gegenkontrolle	01:15
allgemeine Zeiten	00:14
Liste verarbeiten	00:01
Gesamtdauer **pro Liste** (=LKW Ladung)	01:56

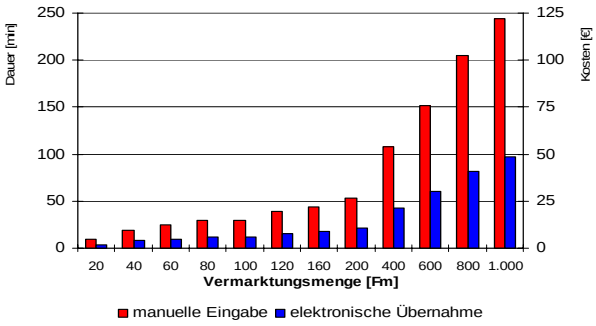


Tabelle 18 : Zeitbedarf elektronischer Import von Vermessungsprotokollen (links)

Abbildung 76 : Manuelle Datenerfassung vs. elektronischer Import (rechts)[1]

Mit einem durchschnittlichen Zeitbedarf von rund zwei Minuten pro Liste erfolgt der Datenimport mittels EDV-Schnittstelle **drei Minuten schneller** als die manuelle Variante. Dauerte das Eintippen einer Liefermenge von rund 3.000 Festmeter aus dem kleinstrukturierten Privatwald einst ca. 4 Tage, ist der Datenimport inklusive sämtlicher Gegenkontrollen innerhalb von 3 bis 4 Stunden abgeschlossen. Die verhältnismäßig hohen Zeitanteile für **Gegenkontrollen** beim Datenimport (vgl. Tabelle 18) sind letztlich auf die Defizite von hiebsbegleitenden Informationen, wie beispielsweise fehlende Polternummern (vgl. Kap. 4.8, S. 134), zurückzuführen.
Basierend auf den Zeitstudienergebnissen lassen sich für manuelle Erfassung und den Datenimport der Zeitaufwand bzw. die Kosten der Datenerfassung in Abhängigkeit von der Vermarktungsmenge vergleichend gegenüberstellen (Abbildung 76). Demnach verursacht die manuelle Erfassung von 1.000 Fm Personalkosten in Höhe von 118 €, die elektronische Übernahme lediglich 46 €. Neben diesem **Kostenvorteil** ist bei dieser Variante insbesondere der deutliche **Zeitgewinn** herauszustellen, was bezüglich der administrativen Prozesse eine nachhaltige Reduktion der Gesamtdurchlaufzeit (vgl. Zeitspanne 5, Abbildung 63, S. 130) zur Folge hat.
Im Sinne einer effizienteren Übermittlung hiebsbegleitender Informationen sind Maßnahmen für eine **verbesserte Polterkennzeichnung** zu initiieren. Wie simpel

[1] Kalkulationsbasis: Personal-Vollkostensatz von 28,86 €/Std. (gegenwärtiger Mittelwert von BAT 7 und BAT 6B)

diese ausfallen können, ist Beispielen bewährter Logistikkonzepte in den nordischen Ländern zu entnehmen. Dort wird an jeden Polter ein so genanntes **Tag**, eine Art Lieferschein, angebracht, der sämtliche relevanten Informationen enthält (vgl. Abbildung 77 a)). Dieses Verfahren hat sich als **Standard** etabliert und ermöglicht allen Akteuren vor Ort Zugang zu den wichtigsten Hiebsdaten. So ist der Stamm mit dem Tag im Fall einer kontinuierlichen Abfuhr am Polter zu belassen und erst mit der Restmenge als Beleg für die **endgültige Abfuhr** eines Polters bei der Rundholzannahme vorzulegen.

a) **b)**

Abbildung 77 : a) Beispiel für umfassende Polterkennzeichnung, Fa. Sydved, Schweden
b) Identifikation von Einzelstämmen bzw. Poltern mittels RFID

Für eine elektronische Auslesung wird das Tag teilweise bereits mit Barcodes ergänzt. Neue Möglichkeiten der Identifikation von Poltern bzw. sogar Einzelstämmen könnten künftig durch den Einsatz von RFID-Technologie zu erwarten sein.[1] Mittels elektromagnetischer Signale lassen sich Daten von einem **Transponder** (vgl. Abbildung 77 b)) durch berührungsfreie Identifikation an ein Auslesegerät übertragen. Im Vergleich zu Barcodes ist diese Technologie insbesondere unempfindlicher gegen Verschmutzung und Witterungseinflüsse.

Insgesamt ermöglicht eine Implementierung der aufgezeigten forstspezifischen Logistiklösungen eine **systematische Planung** von Hiebsmaßnahmen sowie die **Erfassung** von Produktions- und Transportleistungen **in einheitlichen, standardisierten Datenformaten**. Der Einsatzbereich dieser Informations- und Kommunikationstechnologie ist jedoch nicht nur auf hochmechanisierter Erntesysteme begrenzt, sondern ermöglicht ebenfalls eine **Integration alternativer Ernteverfahren**. Die durchgängige Transparenz von Informationen trägt somit wesentlich zu einer bestmöglichen Koordination einzelner Teilprozesse bei, wodurch sich die **Gesamtdurchlaufzeit** nachhaltig reduzieren läßt.
Da sich auch die bezüglich der Rundholzlogistik entscheidenden **Kernprozesse der Abnehmer** integrieren lassen, bieten diese informationstechnischen Lösungen das Potential, um das Niveau der **Stufe 3** (interne Integration) des vierstufigen Integrationsmodells nach STEVENS (1989) zu erreichen (vgl. Abbildung 11, S. 51).

[1] vgl. SCHWER (2003), KORTEN et al. (2005)

7.1.1.2 Betriebsübergreifende Abläufe

Grundvoraussetzung für betriebsübergreifende Reorganisationsmaßnahmen ist eine **einheitliche** und möglichst **umfassende Informationsbasis**.
Für viele Forstbetriebe und Forstbetriebsgemeinschaften (FBG) stellen die **Investitionskosten** für die Ausstattung mit entsprechender Hard- und Software vielfach ein unkalkulierbares Risiko dar, was eine Anschaffung zunächst verhindert bzw. aufschiebt. Eine Alternative zum Erwerb zahlreicher Softwarelizenzen für jeden einzelnen Arbeitsplatz eröffnen so genannte **Client-Server-Lösungen**, bei denen mehrere Nutzer über einen zentralen Server auf eine Applikation zugreifen. Da die Einwahl via Internet erfolgt, ist die Nutzung zudem an keinen festen Arbeitsplatz (z.B. Büro) gebunden. Durch die Vergabe von Zugangskennungen und Benutzerrechten bleibt eine individuelle, betriebsweise Nutzung gewährleistet. Nachstehende Abbildung 78 skizziert die Einsatzmöglichkeit einer derartigen Lösung zur Forstbetriebssteuerung am Beispiel von drei FBGs.

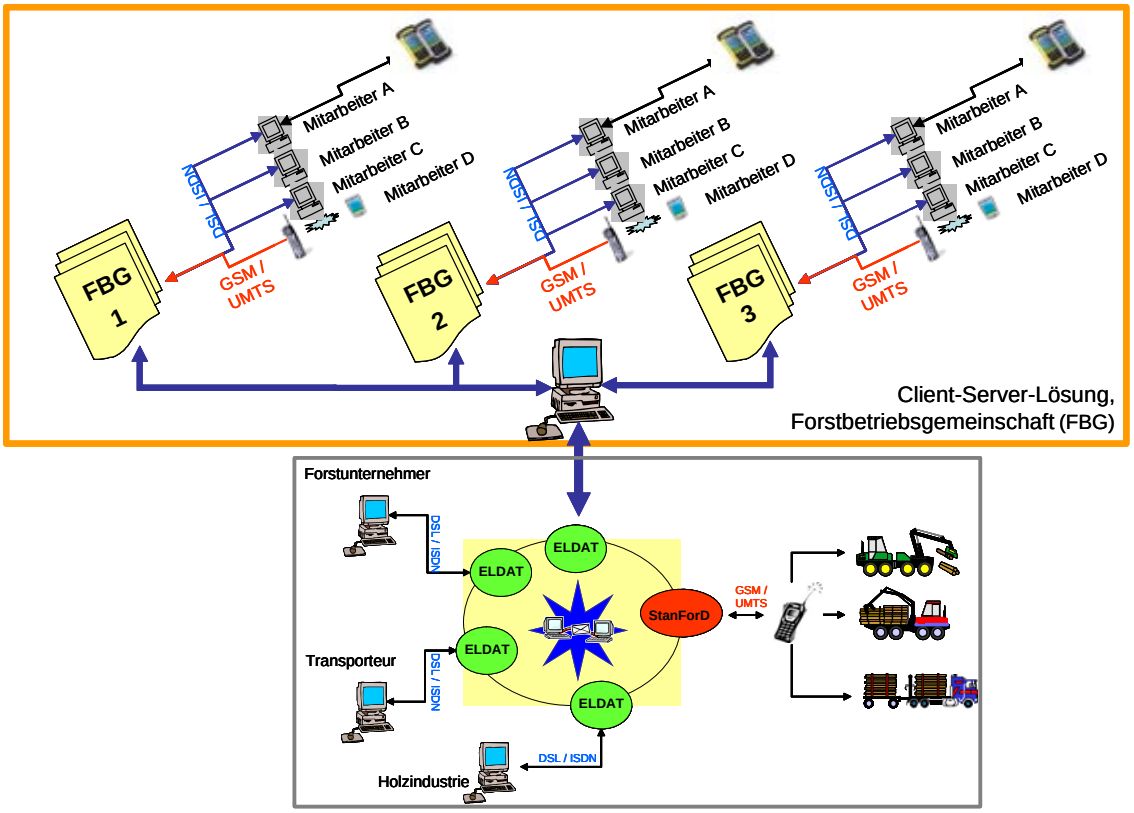


Abbildung 78 : Betriebsübergreifende Client-Server-Lösung

Gegenwärtig ist auf dem Markt für forstliche Systemlösungen eine **verstärkte Nachfrage** und ein zunehmendes Angebot von Server-basierten Anwendungen zu beobachten, womit sich die Brache am allgemeinen Entwicklungstrend orientiert (vgl. Kap. 3.1.4, S. 62). Als Beispiel sei das Softwarepaket *Net-Logistik Winforstpro* der Firma *Latschbacher* genannt.
Während die Anwender in der Regel von **günstigeren Systemkosten** und einer **flexibleren Nutzung** profitieren als bei vergleichbaren Einzelplatzlizenzen, trägt diese Variante zusätzlich zu einer **Harmonisierung von EDV-Formaten** bei. Das vereinfacht den Datenaustausch zwischen Anwendungen unterschiedlicher Einsatz-

bereiche, wie in Abbildung 78 am Beispiel von Forstbetriebssoftware und dem bereits vorgestellten Logistikpaket *Lukas* dargestellt.

Basierend auf einer Datengrundlage mit fundierten Informationen zu jedem einzelnen Polter (vgl. Abbildung 73 a), S. 147) lassen sich für die nachfolgenden Prozesse weitere betriebsübergreifende Optimierungspotentiale erzielen.
Im Zusammenspiel mit vektorisiertem Kartenmaterial, das basierend auf dem GeoDat-Standard das Waldwegenetz abbildet (vgl. Abbildung 75 a), S. 149), können spezielle Programme zur **Tourenplanung** eingesetzt werden, um eine **optimale Zuordnung** von Ladestellen und Frachtkapazitäten zu bewirken. Selbst bei ungenügender Abdeckung des Waldwegenetzes mit entsprechendem Kartenmaterial ist eine Tourenplanung über GPS-Koordinaten möglich.
Abbildung 79 zeigt eine Übersicht über disponierbare Polter von zwei Abnehmern sowie die Standorte der Fuhrunternehmen, die mittels mathematischer Algorithmen zu Einzeltouren zusammengestellt werden (vgl. Kap. 3.2.2.3 c), S. 78).

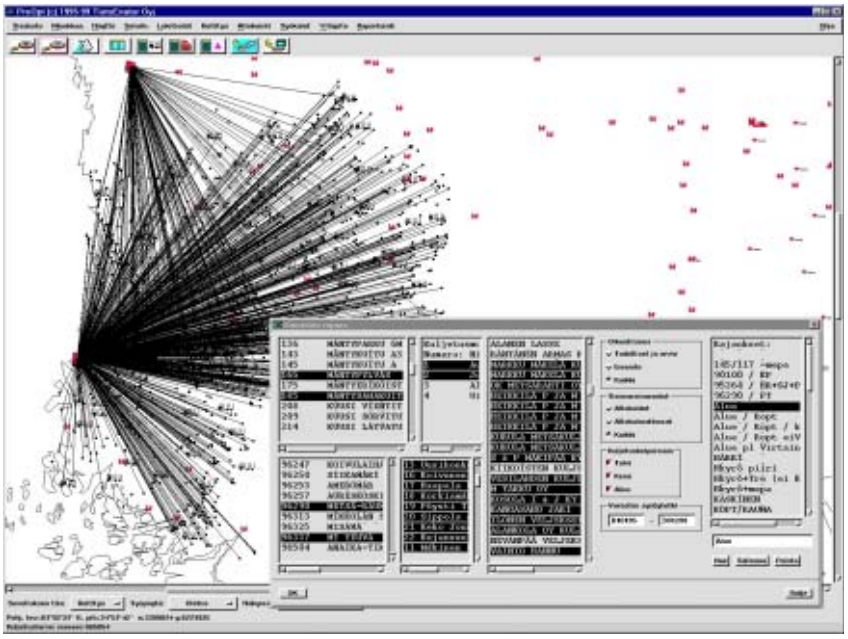


Abbildung 79 : Disponierbare Polter als Eingangsgrößen zur Tourenplanung [1]

Als **Eingangsgrößen** der Tourenplanung müssen die wichtigsten Informationen bezüglich der **Polter** (Sortiment, Volumen, GPS-Koordinaten des Lagerplatzes), der **Spediteure** (Adreßdaten, Fahrzeugkonfiguration) und der **Abnehmer** (Standort, Öffnungszeiten der Rundholzannahme) in einer Datenbank vorliegen.
Als **Restriktionen** können beispielsweise Lenkzeiten der Fahrer, Entladekapazitäten im Werk und verschiedene Ausbaustandards von Forststraßen berücksichtigt werden. Letztlich lassen sich auch die **Transportkosten** als begrenzender Faktor einbeziehen bzw. mit alternativen Transportverfahren (Bahn, Schiff) abgleichen.
Angesichts der zahlreichen Kombinationsmöglichkeiten von Eingangsgrößen und Restriktionen stellt der Holztransport **kein Einzeltour-Problem** dar. Im Mittelpunkt steht die optimale Auslastung vorhandener Frachtkapazitäten, sowohl für Rundholz als auch für Kuppelprodukte (z.B. Sägerestholz) und Fertigwaren.
Wie Untersuchungen von CARLSSON und RÖNNQVIST (2004) gezeigt haben, erhöht sich mit steigender Zahl an Abnehmern komplementärer Sortimente das

[1] Quelle: Tieto Enator, Screenshot „ProOpt“

Optimierungspotential.[1] Ein derartiges Logistiknetzwerk bietet ideale Rahmenbedingungen, ausgedehnte **Rundtouren** zu organisieren und damit den **Leerfahrtanteil** um **30%** zu **reduzieren**. Daraus resultiert eine **Kostenreduktion von 6%**, eine Zeitersparnis von 9% sowie einer Verringerung des Dieselverbrauchs um 9%.[2]

7.1.2 Vorkalkulation von Bereitstellungskosten und Durchlaufzeiten

Eine umfangreiche Hiebsplanung beinhaltet ebenfalls eine **Vorkalkulation** der gesamten Maßnahme, die sich aufteilt in Holzerntekosten und Erlöse für das verkaufte Rundholz.
Für die Berechnung beider Größen sind inzwischen spezielle Softwarepakete am Markt erhältlich, eine Auswahl und Bewertung findet sich bei HEMM (2002). Die Kalkulation von Holzerntekosten ist jedoch in der Regel auf die Ernteprozesse begrenzt, so daß sich **Transportleistungen** und -kosten ebensowenig abbilden lassen wie die **Gesamtdurchlaufzeit** Frei-Werk.
Diese Einschränkung läßt sich mit dem Kalkulationsmodell der vorliegenden Arbeit weitgehend beheben. Basierend auf einer ausgedehnten Datengrundlage kann am Beispiel eines Erntesystems der Gesamtumfang operativer Prozesse mit dem Kalkulationsprogramm MS Excel abgebildet werden. Entsprechend dem Detaillierungsgrad, der auch den Modellkalkulationen in Kap. 4.6 (S. 121) zugrunde liegt, werden die wesentlichen Einflußgrößen für die einzelnen Teilprozesse als Eingangsvariablen berücksichtigt.
Abbildung 80 auf folgender Seite 155 zeigt die Rahmendaten für ein **Kalkulationsbeispiel** mit einem Hiebsvolumen von 2.500 Efm, was bei einer betriebsübergreifenden Planung erreichbar ist. Für das Erntesystem wurde für beide Maschinen eine Auslastung von 2.000 MAS/a angesetzt, womit durchaus annehmbare Maschinenkosten erreicht werden (vgl. Abbildung 55, S. 122). Im Sinne einer optimalen Abstimmung der einzelnen Teilprozesse wird ferner der Beginn der Einschlags- und Rückearbeiten individuell berechnet. Speziell bei Beständen geringer Baumdimension kann dadurch ein „Auflaufen“ des Forwarders auf den Harvester noch im Planungsstadium vermieden werden und die Maschine in Abhängigkeit des Vorlaufs für alternative Rückeeinsätze disponiert werden.
Ziel dieser zeitlichen Abstimmung ist, daß beide Maschinen die Erntemaßnahme möglichst am selben Tag beenden. Dies hat speziell beim Umsetzen mit Tieflader den Vorteil, daß sich der Anteil an Leerfahrten reduzieren läßt, wenn die Anfahrtsentfernung größer ist als die eigentliche Umsetzdistanz.
Durch die Vorkalkulation lassen sich **Frachtkapazitäten** in Abhängigkeit der Transportentfernung und Hiebsmenge bereits im Vorfeld disponieren. Über ein Auswahlfeld kann als Abfuhrbeginn entweder das jeweilige **Hiebsende** bzw. bei größeren Hieben eine bereits gerückte Menge definiert werden, so daß die Abfuhr schon im **laufenden Hieb** einsetzt.
Als Ergebnis lassen sich die Durchschnittsleistung sowie die anteiligen Kosten für die einzelnen Teilprozesse detailliert auf einer Seite darstellen (vgl. Abbildung 81, S. 156). Die Kosten basieren auf den in Kap. 4.6 (S. 121) bereits eingehend erörterten Fahrzeug- und Maschinenkostenkalkulationen und repräsentieren einen Kostensatz ohne anteiligen Unternehmergewinn.

---

[1] CARLSSON, D., RÖNNQVIST, M.: Supply chain manangement in forestry – case studies at Södra Cell, European Journal of Operational Research, Nummer 163, 2004, S. 601 ff.

[2] RÖNNQVIST, M.: Integrated routing and transportation planning, Seminarunterlagen “Forest operations and logistic planning”,FORAC Research Consortium, 2005

Maschinenkosten

	Harvester Valmet 901.2	Forwarder Valmet 830
Maschinenkosten [€/Std.]	102,47	76,04
Jährliche Auslastung [h/a]	2.000	2.000
tägliche Arbeitszeit MAS [Std/d]	10	11
Anteil AZ [%]	20	20
Ladevolumen [Efm]	-	10

Hiebsmerkmale

Fichte dominierend	◉	Kiefer dominierend	○
Erntevolumen [Efm]	2.500		
Erntevolumen inkl. X Holz [Efm]	2.621	mittl. Baumvolumen [Efm]	0,3
Eingriffstärke [Efm/ha]	80	Anteil Zwiesel [%]	10
Anzahl Sortimente [N]	2	Anteil stark astig [%]	20
Gassenabstand [m]	20	∅ Gassenlänge [m]	200
Anteil Gassenaufhieb [%]	20	∅ Rückeentfernung [m]	200
Umsetzen auf Achse [km]	0	Umsetzen Tieflader [km]	80
Datum Einschlagsbeginn	28.09.05	Datum Rückebeginn	01.10.05

Transport

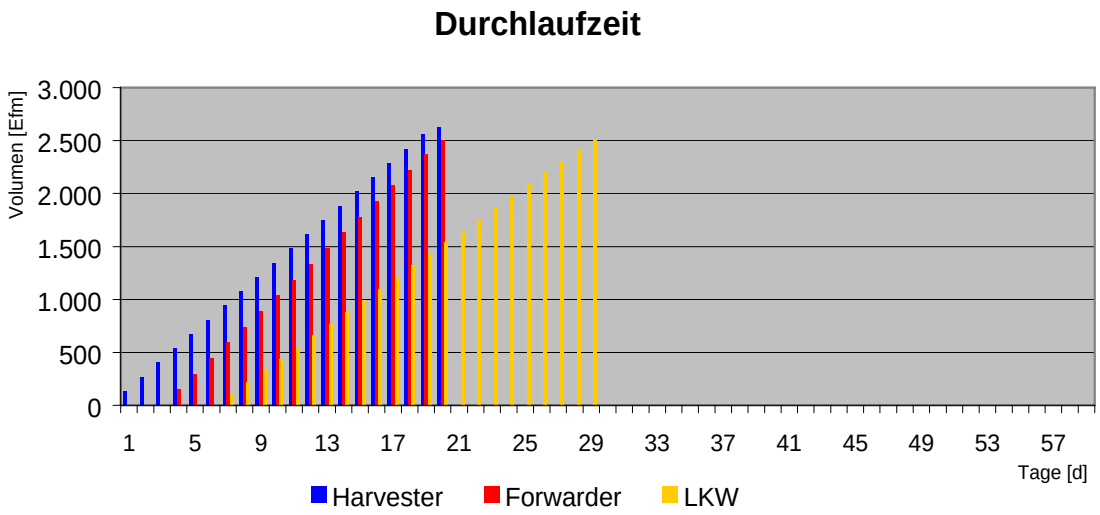
Nutzlast Rundholz LKW [t]	22	Anzahl LKW [N]	2
Einfache Transportentfernung [km]	120	Autobahnanteil [%]	80
Anfahrtsentfernung in Wald [km]	10		
		Transportleistung [Fm/d]	110,0
Touren pro Tag [N]	2	Arbeitszeit pro Tag [Std]	7,1
Kosten Autobahnmaut [€/Km]	0,12		

Abfuhrbeginn

aus laufendem Hieb ▼	ab einer gerückten Holzmenge von [Efm]	500

Abbildung 80 : Eingangsvariablen für Kalkulationsmodell

Hiebsdaten			
Erntevolumen [Efm]	2.500	mittl. Baumvolumen [Efm]	0,3
∅ Rückeentfernung [m]	200	mittl. Stückmasse [fm]	0,07
Harvester			
Einschlagsbeginn	28.09.05	Arbeitstage [d]	20
Arbeitsproduktivität [Efm/MAS]	13,5	Tagesleistung [Efm/d]	135
		Aufarbeitungskosten [€/Efm] (1	7,73
Forwarder			
Beginn der Rückung	01.10.05	Arbeitstage	17
Arbeitsproduktivität [Efm/MAS]	13,5	Tagesleistung [Efm/d]	148
		Rückekosten [€/Efm] (1	4,34
Kosten frei Waldstraße [€/Efm] (1			**12,07**
Ende der Hiebsmaßnahme	18.10.05	Arbeitstage gesamt [d]	20
		Kostenanteil Umsetzen Maschinensystem [€/Efm]	0,25
Transport			
Beginn der Abfuhr	19.10.05	Dauer der Abfuhr [d]	23
Touren pro Tag [N]	4	Transportleistung [Fm/d]	110
Einfache Transportentfernung [km]	120	Ladevolumen [Fm]	28
		Transportkosten [€/Fm] (1 (2	10,29
		Mautkosten [€/fm]	0,84
Kosten Frei Werk [€/Efm] (1			**22,36**



1) Kosten ohne Unternehmergewinn
2) inkl. Autobahnmaut

Abbildung 81 : Ergebnisvariablen der Vorkalkulation

Die berechnete Durchlaufzeit für die gesamte Hiebsmaßnahme ist als absolut realistischer Zielwert zu betrachten, da speziell das Leistungsniveau des Erntesystems auf langfristigen Beobachtungen beruht. Insofern beläuft sich der Zeitbedarf für Einschlag und Rückung der in Abbildung 80 skizzierten Hiebsmaßnahme auf insgesamt **20 Tage**, der Transport ins Werk sollte **29 Tage** nach Hiebsbeginn abgeschlossen sein. Extreme Witterungseinflüsse sind gesondert zu berücksichtigen.

In mehreren Vergleichskalkulationen mit **real beobachteten** Produktionsleistungen konnte eine große Übereinstimmung der Ergebnisse erreicht werden, wie das Beispiel im Anhang 13 (S. 213) zeigt. In Abbildung 95 sind die tatsächlich gemessenen Hiebsmerkmale eines Aufarbeitungsblocks angeführt, dessen einzelne Teilflächen und Hiebsvolumina in Abbildung 88 (S. 172) dargestellt sind. Die Ernte erfolgte durch einen *Timberjack 1270D* Harvester und *Timberjack 810C* Forwarder, deren Produktionsleistungen Abbildung 96 (S. 214) veranschaulicht. Die Ergebnisse des Kalkulationsmodells repräsentieren Abbildung 97 und Abbildung 98 auf der selben Seite. **Es zeigt sich, daß die realen Leistungen des Erntesystems sehr gut mit den berechneten Werten übereinstimmen**. Der Unterschied zwischen dem aufgearbeiteten Volumen des Harvesters und der gerückten Menge des Forwarders erklärt sich durch den jeweiligen X-Holzanteil.

Eine **deutliche Verzögerung** ist **bei der Abfuhr** zu beobachten, die auf eine unzureichende Disposition der Fuhrunternehmen sowie ungünstige Witterungsbedingungen zurückzuführen ist.
Gemäß den Ergebnissen des Kalkulationsmodells hätte das gesamte Hiebsvolumen bei einer effizienten Abfuhrplanung sowie annehmbaren Wetterbedingungen innerhalb von 14 Tagen vollständig ins Werk transportiert werden können. Entsprechend dem real beobachteten Abtransport, der unmittelbar nach Hiebsende einsetzte (vgl. Abbildung 96, S. 214), beginnt die Abfuhr auch in dem Kalkulationsmodell zum gleichen Zeitpunkt und ist 28 Tage nach Hiebsbeginn abgeschlossen (vgl. Abbildung 97, S. 214).
Bei einer Abfuhr aus dem laufenden Hieb, welche z.B. ab einem gerückten Volumen von 500 Fm einsetzt, beträgt die kalkulierte Durchlaufzeit der operativen Prozesse insgesamt 20 Tage (vgl. Abbildung 98, S. 214).

Insgesamt liefert das Kalkulationsmodell **realistische Referenzwerte** für eine objektive Bewertung von Produktionsleistungen und Bereitstellungskosten sowie der Durchlaufzeiten operativer Holzernteprozesse.

7.1.3 Weiterentwicklungen der Maschinen- und Fahrzeugtechnik

Wenngleich im Bereich der Erntetechnik keine signifikanten Produktivitätssteigerungen in Folge technischer Weiterentwicklungen zu erwarten sind (vgl. Kap. 4.9, S.138), so zeichnet sich die Branche dennoch durch einen **hohen Innovationsgrad** aus. Zudem sind gerade im Transportbereich Ansätze **neuartiger Fahrzeugkonzepte** zu beobachten.
Bei den Entwicklungen sind grundsätzlich zwei Richtungen zu unterscheiden:

- Jene, die eine meßbare **Leistungssteigerung** bewirken und
- Solche, die primär durch ihre **multifunktionalen Einsatzmöglichkeiten** Rationalisierungspotentiale erschließen lassen.

Beide eröffnen letztlich die Möglichkeit, einzelne Teilprozesse **effizienter** und dadurch **kostengünstiger** ausführen zu können. Angesichts unzähliger Detaillösungen, die diverse Auswirkungen zur Folge haben können, werden in der folgenden Darstellung lediglich **ausgewählte Beispiele** für beide Kategorien vorgestellt.

Im Bereich der Forsttechnik werden Leistungssteigerungen in der Regel zum einen durch stärkere Motorisierung respektive Hydrauliksysteme bewirkt, zum anderen durch die Erschließung neuer Einsatzbereiche durch modifizierte Ernteverfahren (z.B. Hanglagen).
Als Beispiel für eine konstruktionsbedingte Steigerung der Produktivität von Forwardern sei das flexible Rungensystem *LoadFlex3* genannt (Abbildung 82).

a) **b)** **c)**

Abbildung 82 : System LoadFlex3 a) eingeklappt b) ausgeklappt c) mit Sortensektionen

Durch die mechanisch veränderbare Breite des Rungenkorbs läßt sich zum einen das **Ladevolumen** unter geeigneten Bedingungen **erhöhen**, zum anderen ist eine **räumliche Aufteilung** der Ladefläche möglich. Ferner ist durch den niedrigeren Schwerpunkt eine Reduktion von Kippbewegungen bei Fahrten in unebenem Gelände zu erwarten sowie ein **schnelleres Be- und Entladen** durch kürzere Kranzyklen in Folge geringerer Hubhöhen über niedrigere Rungen. Berücksichtigt man die Leistungseinbußen, die sich mit ansteigender Anzahl getrennt zu rückender Sortimente einstellen (vgl. Abbildung 58 b), S. 125), so eröffnet dieses System offensichtliche Potentiale zur Produktivitätssteigerung.

Im Bereich des **Rundholztransports** sind unter Einhaltung der gesetzlichen Rahmenbedingungen höhere Transportleistungen in erster Linie durch **Gewichtseinsparungen** bei der Fahrzeugkonfiguration erzielbar (vgl. Kap. 3.2.2.3 b), S 76). In Folge des verschärften Wettbewerbs ist seit einigen Jahren ein stetiger Trend in Richtung **Leichtbauweise** zu verzeichnen. Abbildung 83 a) zeigt Aluminium-Komponenten für den Aufbau eines Kurzholzzuges, die im Vergleich zur Verwendung von Eisen und Stahl eine deutliche Gewichtsreduzierung ermöglichen.

a) **b)**

Abbildung 83 : a) LKW-Aufbauten in Aluminium-Leichtbauweise b) Maschinenwagen (Leichtbau)[1]

Durch eine konsequente Verwendung hochwertiger Leichtbau-Materialien läßt sich der Maschinenwagen eines Kurzholzzuges, wie in Abbildung 83 b) abgebildet, mit einem Gesamtgewicht von 11.800 kg **inklusive Kurzholzkran** herstellen, ohne dadurch Stabilitäts- und Qualitätsverluste in Kauf nehmen zu müssen.
Ein entsprechender Anhänger wiegt zwischen 2.900 kg und 3.400 kg, so daß sich ein kompletter Kurzholzzug mit einem **Leergewicht unter 15 Tonnen** zusammenstellen läßt. Insofern stellt sich eine Gewichtseinsparung zwischen drei bis fünf Tonnen gegenüber jenen Fahrzeugen ein, die derzeit überwiegend eingesetzt werden.
Das Kostenpotential, das aus einer derartigen Steigerung der Nutzlast resultiert, wurde bereits eingehend in Kap. 4.6.2 diskutiert (vgl. Abbildung 62, S. 129).
Spezialanfertigungen ermöglichen sogar eine Verladung des Hängers auf den Maschinenwagen („huckepack“), wodurch sich Spritverbrauch und Reifenverschleiß reduzieren und bei Leerfahrten Mautkosten lediglich für drei Achsen anfallen.[2]

Eine Alternative zur konsequenten Gewichtsreduzierung eines Fahrzeuges ist in einem **ausgedehnten Einsatzspektrum** zu sehen. Starre Rungensysteme, ein fixierter Kranaufbau und das Fehlen einer ebenen Ladefläche begrenzen weitgehend den Transport alternativer Güter.
Neue Einsatzmöglichkeiten eröffnet hier beispielsweise der *WoodTrailer*, der über ein **umklappbares Rungensystem** verfügt und sich dadurch neben Schnittholz auch standardisierte Container transportieren lassen (vgl. Abbildung 84).

[1] Quelle: www.alucar.com
[2] GABRIEL, O.: Harry Naumann fährt huckepack, Forst & Technik 010/2005, S. 38 ff.

a)

b)

Abbildung 84 : System WoodTrailer a) Transport von Rundholz bzw. Schnittholz b) Transport von Containersystemen [1]

Eine interessante Ergänzung zu diesem Konzept stellt die so genannte *SmartBox* dar, ein **zusammenfaltbarer Schüttgutcontainer**. [2] Eine Fremdbe- und Entladung vorausgesetzt, kann mit dem Fahrzeug Rundholz ins Werk transportiert werden und mit der **gleichen Fahrzeugkonfiguration** sowohl Schnittholz als auch jeder genormte Container als neue Fracht verladen werden.

Ein weiteres Beispiel für den Einsatz standardisierter Fahrzeugtechnik für das **Umsetzen von Forstmaschinen** zeigt die Lösung des österreichischen Forstmaschinenherstellers Konrad. Anstelle eines teuren Spezialtiefladers (vgl. Tabelle 14, S. 122) läßt sich der Harvester *Highlander* mit **jeder Sattelzugmaschine** umsetzen (Abbildung 85).

Abbildung 85 : Umsetzen eines Harvesters mit Standard-Sattelzugmaschine [3]

Die Erntemaschine wird bei dieser Lösung quasi Teil des Gespanns, indem sie vorne über die eigene Bergstütze und eine Sattelplatte mit der Zugmaschine verbunden wird, während das Heck lediglich auf einer herkömmlichen Tandemachse aufliegt.

Auch im **Bereich der Holzernte** sind vermehrt Entwicklungen von multifunktionalen Maschinensystemen zu verzeichnen. Als Beispiel wird der **Harwarder** *Valmet 801 Combi* vorgestellt, der die Funktionen eines Harvesters und eines Forwarders in einer Maschine vereint (Abbildung 86). Das Potential der Maschine läßt sich insbesondere dann voll ausschöpfen, wenn der Prozeß der **Aufarbeitung** mit der **Verladung kombiniert** werden kann. Dies wird erreicht, wenn ein möglichst hoher Anteil an Abschnitten direkt in die Rungen aufgearbeitet wird und somit ein zusätzliches Beladen in Forwarderfunktion überflüssig macht.

---

[1] Quelle: Innofreight Logistics GmbH

[2] vgl. EBERHARDINGER, A., VON BODELSCHWINGH, E.: Neue Entwicklungen im Holztransport, Wald und Holz 2/05, S. 52 ff.

[3] Quelle: Konrad Forsttechnik

a) **b)** **c)**

Abbildung 86 : Kombimaschine Valmet 801 beim a) Fällen b) Aufarbeitung c) Entladen

Im Vergleich zu einem Zweimaschinensystem nimmt die Rentabilität der Kombimaschine mit sinkender Eingriffstärke und abnehmender Gesamtmenge pro Hieb deutlich zu.
Auch unter **logistischen Gesichtspunkten** bringt dieses Arbeitsverfahren einige offensichtliche Vorteile mit sich. So stellt das Bordcomputermaß ein äußerst präzises Dispositionsmaß dar, da das gesamte Holz nicht aufgearbeitet im Wald, sondern in der Regel bereits **fertig gerückt** an der Waldstraße liegt.
Wie erste Untersuchungen gezeigt haben, besitzen derartige Kombimaschinen das Potential, um erfolgreich einzelne Nischen zu besetzen. Weitere Details zu diesem Maschinentyp finden sich in VON BODELSCHWINGH, PAUSCH (2003).

Wie die einzelnen Darstellungen exemplarisch gezeigt haben, lassen sich durch **technische Weiterentwicklungen** bzw. **innovative Ansätze** bei geeigneten Einsatzbedingungen teilweise **deutliche Verbesserungspotentiale** erschließen, um operative Prozesse der Rundholzbereitstellung zu verbessern.

7.2 Organisatorische Reorganisationsmaßnahmen

Der Integrationsprozeß von einzelnen Akteuren zu einem **Netzwerk komplexer Wertschöpfungsketten** bedingt bei den einzelnen Partnern teilweise tiefgreifende organisatorische Veränderungen. Deren theoretische Aspekte sowie die Realisierung betriebsübergreifender Wertschöpfungsketten wurden im Hinblick auf verbindliche **Voraussetzungen** und erzielbare **Auswirkungen** bereits eingehend in Kapitel 3.1.2 (S. 44) vorgestellt und diskutiert.
Sehr ausführlich wird dieser Implementierungsprozeß auch von HÖGNÄS (2000) am Beispiel von *Metsähallitus* beschrieben.[1] Im Mittelpunkt steht die Bereitschaft der beteiligten Akteure, eine Kooperationsform einzugehen, bei der sie sich in ein Verhältnis gegenseitiger Abhängigkeit begeben. Kernstück ist die Einhaltung **bilateraler Lieferverpflichtungen und Abnahmegarantien**, unabhängig von jeweiligen Marktverhältnissen, sowie die betriebsübergreifende Abwicklung von **Schlüsselprozessen**, welche sich erst in einem Logistiknetzwerk effektiv durchsetzen lassen.
Aus Sicht des Lieferanten sind mit dieser Reorganisation **strategische Grundsatzentscheidungen** verbunden, die letztlich den Umfang eigener Kernkompetenzen zur Diskussion stellen.
Bezogen auf den Bereitstellungsprozeß des Rundholzes bedeutet dies: Welche Leistungen werden in welchem Umfang eingekauft, was sind die verbleibenden **Kernaufgaben** des eigenen Betriebes. Für große Forstbetriebe läßt sich eine allgemein gültige Empfehlung nur schwer aussprechen und somit ist jeder Fall individuell zu prüfen. Konkrete Ansätze für unterschiedliche Bewirtschaftungsmodelle und Organisationsformen für den Kleinprivatwald werden derzeit eingehend in zahlreichen Untersuchungen diskutiert.[2]
Grundsätzlich eröffnet jedoch die verstärkte **Spezialisierung** und der Bezug von Dienstleistungen ein Potential zur Senkung eigener Fixkosten, wodurch der Forstbetrieb am Holzmarkt sehr flexibel agieren kann.
Damit verknüpft ist in der Regel die Frage nach der jeweils **geeigneten Verkaufsform**, auf dem Stock, Frei-Werk bzw. frei Waldstraße. Während letztere angesichts zu vieler Brüche in der Prozeßkette allgemein als wenig zukunftsträchtig angesehen wird, erfordert die Belieferung Frei-Werk entsprechende **Erfahrung** der jeweiligen Akteure sowie ein vertraglich fixiertes **Mindestvolumen**.
Im Hinblick auf die zunehmende Komplexität hochmechanisierter Holzernteketten ist für einzelne Teilprozesse eine **Funktionalisierung** bestimmter Arbeitsbereiche unerläßlich, bei denen **Teams mit fundiertem Spezialwissen** gefordert sind. So werden beispielsweise im Bereich der Holzernteplanung ausgeprägte Kenntnisse sowohl bezüglich der eingesetzten EDV-Anwendungen (vgl. Kap. 7.1.1.1, S. 144) als auch der einzelnen Ernteverfahren vorausgesetzt.[3]
Diese Funktionalisierung der Stellen ist jedoch **nicht gleichbedeutend** mit einer funktionalen Ausrichtung der Arbeitsprozesse. Der ganzheitliche Ansatz gemäß der Philosophie von SCM (vgl. Kap. 3.1.2, S. 44) beruht auf einer **konsequenten Ausrichtung** der einzelnen Teilarbeiten **am Gesamtprozeß**.

---

[1] HÖGNÄS, T.: Towards Supplier Partnerships in Timber Harvesting and Transportation, 2000, S. 13 ff.
[2] vgl. BOLLIN, EKLKOFER (2000), BECKER, HECKER (2002), JAAKKO PÖYRY (2002), OSWALD et al. (2003), VON BODELSCHWINGH, BAUER (2005)
[3] vgl. DUFFNER, W.: Zukunftsweisende Betriebs- und Organisationsformen im Großprivatwald, in: Rationalisierungsmöglichkeiten im Forstbetrieb, 1994, S. 71 ff.

Insofern ist einer **umfassenden** und möglichst **durchgängigen Planung** der einzelnen Teilprozesse zwischen Hiebsbeginn und Anlieferung im Werk wesentliche Bedeutung beizumessen. Mit Rücksicht auf eine kontinuierliche Auslastung eingesetzter Ressourcen sollte der Planungszeitraum mindestens **zwei Einschlagsperioden** (=Jahre) umfassen. Da langfristige Planungen speziell in der Forst- und Holzwirtschaft in der Regel zahlreichen Unsicherheiten (z.B. Kalamitäten) unterlegen sind, ist eine kontinuierliche Anpassung der kurzfristigen, operativen Planung erforderlich. Mittels einer **rollierenden Planung** kann flexibel auf veränderte Rahmenbedingungen reagiert werden, ohne daß Jahrespläne jeweils von Grund auf neu zu erarbeiten sind (vgl. Abbildung 69, S. 141).
Mit dem Ziel einer möglichst optimalen Auslastung eines Erntesystems ist in Abhängigkeit der eigenen Betriebsgröße eventuell eine **Flächen- bzw. Mengenbündelung** mit benachbarten Forstbetrieben zu prüfen.[1] Dabei ist im Hinblick auf die Eingriffstärke [Efm/ha], das mittlere Baumvolumen [Efm] sowie weitere wesentliche Einflußfaktoren (vgl. Kap. 4.6, S. 121) eine **kritische Hiebsgröße** [Efm] zu erreichen, um den Anteil fixer Kosten (z.B. Maschinenumsetzen, Administration) zu senken. Bei hochmechanisierten Ernteverfahren sollte im Kleinprivatwald eine Untergrenze zwischen 1.000 Efm und 1.500 Efm nicht unterschritten werden, im Staats- und Großprivatwald sind Arbeitsblöcke zwischen 2.000 und 5.000 Efm anzustreben.
Mit Rücksicht auf den **drastischen Leistungsabfall** bei der Aufarbeitung und Rückung schwacher Baumdimensionen sowie dem starken Anstieg des X-Holzes (vgl. Kap. 4.3.3, S. 102) ist von der Rundholzbereitstellung in Beständen mit einem mittleren Baumvolumen unterhalb von 0,15 Efm **dringend Abstand zu nehmen**. Bei derart frühzeitigen Pflegeeingriffen bieten energetische Nutzungsverfahren eine sinnvolle Alternative, die ausführlich bei WITTKOPF (2005) beschrieben sind.
Das langfristige Ziel sollte eine **überbetriebliche Planung** darstellen, die im Idealfall eine **regionale Holzernteplanung** ermöglicht und damit wesentlich zur Realisierung ökonomischer Skaleneffekte beiträgt. Diese Form betriebsübergreifender Planung hat sich beispielsweise in Finnland und Schweden bereits etabliert und wird zudem mit heuristischen Verfahren optimiert.[2]
Im Hinblick auf die gesteigerten Verarbeitungskapazitäten der Holz- sowie der Zellstoff- und Papierindustrie (vgl. Kap. 3.2.3, S. 81) erhöht sich auch in Deutschland der Bedarf einer betriebsübergreifenden Optimierung der Materialflüsse. Angesichts teils starker **Konkurrenzverhältnisse** sowie der **fehlenden Integration** zwischen Forst- und Holzwirtschaft gewinnt die Einrichtung einer **unabhängigen Koordinationsstelle** an Bedeutung.
Zielführend erscheint mittelfristig der Einsatz eines Fourth Party Logistics Providers (4PL), der als neutrale Institution eine betriebsübergreifende Koordination von Ressourcen zu vermitteln vermag. Das theoretische Aufgabenspektrum eines 4PL sowie die möglichen Vorteile einer zentralen Steuerung von Schlüsselprozessen wurden bereits in Kap. 3.1.2.5 (S. 56) vorgestellt.
Im Hinblick auf die stark fragmentierten Informationsflüsse in der Holzerntekette (vgl. Kap. 4.8, S. 134) würde ein Schwerpunkt zunächst in der **Integration der IT-Systeme** liegen. Darauf aufbauend lassen sich weitere Aufgabenbereiche erschließen, wie etwa eine **zentrale Verwaltung** der Werksabmaße, die **Tourenplanung** (vgl. Kap. 7.1.1.2, S. 153) oder die **Fakturierung** von Dienstleistern und Lieferanten. Die

[1] vgl. VON BODELSCHWINGH, BAUER (2005) S. 65 ff.
[2] vgl. KARLSSON,J. et al.: An optimization model for annual harvest planning, Canadian Journal of Forest Research, 2004, S. 1747 ff.

erforderliche Technologie für eine umfassende, standardisierte **Datenerfassung** sowie für die **Tourenplanung** wurde bereits in Kap. 7.1.1 (S. 144) vorgestellt.
Neben der reinen Verwaltung und Distribution von Werksabmaßen könnte langfristig, gemäß dem Vorbild der nordischen Länder, auch die **personelle Besetzung** der Vermessungsanlagen durch einen 4PL übernommen werden, wodurch sich zudem eine höhere Akzeptanz und ein größeres Vertrauen zwischen den einzelnen Akteuren einstellen kann.
Insgesamt lassen sich somit Tätigkeiten, die keinen direkten Aufgabenschwerpunkt bzw. eine Kernkompetenz der einzelnen Akteure darstellen, sukzessive an einen Logistikdienstleister übertragen. Bezogen auf den Bereitstellungsprozeß läßt sich dadurch ein **Gesamtoptimum** erreichen, was zudem **Win-Win-Effekte** für alle Beteiligten mit sich bringt.

8. Diskussion

Die Ausführungen der vorliegenden Arbeit haben einen vertiefenden Einblick in den Bereich der Rundholzlogistik vermittelt sowie die Entwicklung und die gegenwärtigen Rahmenbedingungen der deutschen Forst- und Holzwirtschaft skizziert. Im Folgenden werden das methodische Vorgehen, die Ergebnisse sowie die vorgestellten Lösungsansätze für einen ganzheitlichen SCM-Ansatz kritisch beleuchtet.

8.1 Diskussion des methodischen Vorgehens

Der ganzheitliche Ansatz, welcher der vorliegenden Arbeit zugrunde liegt, erfordert zunächst eine **Übersicht zum Status Quo** der Forst- und Holzwirtschaft, um die Ergebnisse der Situationsanalyse und notwendige Veränderungsprozesse objektiv einordnen zu können. Gleichzeitig verlangt ein betriebsübergreifender SCM-Ansatz zunächst eine theoretische Fundierung dieses vergleichsweise neuartigen Managementkonzepts, um eine **einheitliche Nomenklatur** festzulegen.
Die Komplexität der Thematik erfordert eine **schrittweise Annäherung**, die sich auf einzelne Teilbereiche untergliedert. Durch die Verkettung und Aneinanderreihung der ausgewählten Forschungsprojekte mit ihren unterschiedlichen Schwerpunkten läßt sich die gesamte Holzerntekette besonders umfassend und transparent abbilden. Der **homogene inhaltliche Aufbau**, welcher der Abfolge von Prozessen der Rundholz-Bereitstellung folgt (vgl. Abbildung 31, S. 94), zieht sich systematisch durch die einzelnen Hauptkapitel der vorliegenden Arbeit durch und unterstützt somit die Darstellung und Argumenationsführung.

Mit Hilfe **intensiver Zeitstudien** konnten die verschiedenen Ernte- und Transportsysteme sehr detailliert beobachtet und analysiert werden. Die dabei angewandte Erhebungs- und Auswertungsmethodik hat sich inzwischen in zahlreichen Studien des Lehrstuhls für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik der TU München und der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) bewährt und als **Standardverfahren** etabliert.
Mit der zwischenzeitlich neu angeschafften Zeitstudiensoftware UMT ließen sich die Einsatzmöglichkeiten noch flexibler gestalten, wie etwa bei der Eigenaufzeichnung durch die Maschinenführer (vgl. Kap. 2.3, S. 32). Diese Form der Datenerhebung wird seither auch von anderen Forschungsstellen angewandt bzw. durch eine GPS-gestützte Erhebung von Fahrstrecken erweitert.
Durch die **einheitliche Erhebungsmethodik** ist gewährleistet, daß die Daten der ausgewählten Forschungsprojekte vergleichbar sind und für die Modellkalkulation miteinander kombiniert werden können. Diesbezüglich ist mit großer Aufmerksamkeit auf eine **identische Definition** der jeweiligen **Arbeitsablaufabschnitte** sowie der **Bezugsgrößen** geachtet worden.
Der **Methoden-Mix** aus intensiven Zeitstudien, Eigenaufzeichnungen und Leistungsaufschrieben ermöglicht eine weitaus realitätsnähere Erfassung bzw. Kalkulation von Produktionsleistungen, als es mit nur einer Variante möglich wäre. So konnte zwischen den Zeitstudiendaten und den Ergebnissen der Langzeitbeobachtungen jeweils ein **Zeitstudienfaktor** abgeleitet werden, um den die auf Zeitstudienergebnissen basierenden Leistungsdaten des Kalkulationsmodells

systematisch reduziert wurden.[1] Zusätzlich lassen sich in dem Kalkulationsmodell eine Vielzahl bedeutender Einflußgrößen berücksichtigen, so daß **die berechneten Ergebnisse weitgehend die langfristig in der Praxis erzielbaren Leistungswerte widerspiegeln**.
Insofern hat sich das methodische Konzept durchweg bewährt. Vereinfachte Erhebungsverfahren der Produktionsleistungen von Harvestern könnten den Aufwand für einen möglichen Ausbau des Kalkulationsmodells um weitere Maschinensysteme deutlich reduzieren. Über statistische Auswertungen lassen sich dann Funktionen ableiten, die auf den Harvesterabmaßen und einem vom Bordcomputer generierten Zeitstempel basieren. Erste erfolgreiche Umsetzungen dieses Ansatzes sind derzeit u.a. bei EBERHARDINGER (2005) zu finden.[2]

Das **Kennzahlensystem** zur Darstellung der Durchlaufzeiten (vgl. 4.7, S. 130), beginnend mit dem Zeitpunkt des Einschlags bis zur endgültigen Abrechnung mit dem Lieferanten, hat sich ebenfalls als äußerst zweckmäßig erwiesen. Es entspricht in seinem Umfang weitgehend den Anforderungen von WEBER et al. (2002), um in einem Logistiknetzwerk im Rahmen des **Supply Chain Controllings** Ursache-Wirkungs-Beziehungen analysieren zu können.[3]
Im Hinblick auf den Datenumfang und Detaillierungsgrad existieren bislang keine wissenschaftlichen Untersuchungen, welche den Holzfluß vom Wald zum Werk in Deutschland derart eingehend analysiert haben. Auch für Mitteleuropa ist bezüglich dieser Thematik lediglich das Projekt *„Fibre-Flow“* des schwedischen Unternehmens *Södra* anzuführen, das auf einem vergleichbaren Kennzahlensystem basiert.[4]

Im Gegensatz zu experimentellen Untersuchungen bzw. Messungen, die sich im Vorfeld umfassend planen und bei Bedarf teilweise mehrfach wiederholen lassen, ist die Untersuchung komplexer Holzernteketten bzw. Maschinensysteme in einem sehr **hohen Maß von der Kooperationsbereitschaft** respektive der aktiven Mitarbeit zahlreicher Personen abhängig. Dies gilt speziell für Langzeitbeobachtungen, bei denen teilweise sensible, betriebsinterne Daten miterhoben werden, was die Teilnahmebereitschaft zusätzlich einschränkt. So ließen sich die umfangreichen Daten der Langzeitbeobachtung von Harvestern nur in Zusammenarbeit mit staatlichen Maschinenbetrieben erfassen, private Unternehmer waren bezüglich genannter Anforderungen nicht zu gewinnen. Auch im Rahmen des Projektes *WBV Logistikstudie (VZ)* mußten von den beteiligten Projektpartnern zur Darstellung der Durchlaufzeiten teilweise **sehr sensible Daten offengelegt werden**.

Grundsätzlich sind insbesondere Eigenaufzeichnungen und Leistungsaufschriebe für die einzelnen Akteure in der Regel immer mit einem **Zusatzaufwand** zur eigentlichen Arbeitstätigkeit verbunden. Daher ist bezüglich dem Umfang zu erhebender Daten jeweils ein Mittelweg zwischen **wissenschaftlichem Detaillierungsgrad** und **zumutbarem Aufwand** zu finden, da andernfalls die Motivation zur Mitarbeit sehr schnell zu schwinden droht. Gleiches gilt in Teilen für die Experteninterviews, bei denen die Interviewpartner spontan während der Ausübung ihrer Arbeitstätigkeit befragt wurden.

---

[1] vgl. PAUSCH, R.: Ein Systemansatz zu Arbeitsvolumen und Kosten, 2002, S. 116 ff.
[2] vgl. EBERHARDINGER, A.: Einsatzbereiche und Potentiale des *Wiesent Dual* der Firma *Ponsse*, 2005.
[3] vgl. WEBER, J. et al.: Supply Chain Controlling, in: BUSCH, A., DANGELMAIER, W., Integriertes Supply Chain Management, 2002, S. 147 ff.
[4] vgl. CARLSSON, D., RÖNNQVIST, M.: Supply chain manangement in forestry - case studies at Södra Cell, European Journal of Operational Research, Nummer 163, 2004, S. 601 ff.

Insgesamt stellt das methodische Vorgehen bei der Situationsanalyse zur Rundholzlogistik einen sehr ausgewogenen Kompromiß zwischen der ganzheitlichen Sichtweise und dem nötigen Detaillierungsgrad dar.

8.2 Diskussion der Ergebnisse der Situationsanalyse

Die Situationsanalyse offenbart sehr transparent und nachdrücklich Stärken und Schwächen entlang der **gesamten Wertschöpfungskette** zwischen Wald und Werk. Diese objektive, ganzheitliche Darstellungsweise schärft das Verständnis für eine betriebsübergreifende Planung und Organisation des Bereitstellungsprozesses.
Die Situationsanalyse basiert weitgehend auf Arbeitsprozessen und -verfahren, wie sie in der Praxis üblich sind. Insofern mögen die Ergebnisse Fachleute auf den ersten Blick nicht rundweg überraschen, hatte man doch gewisse Bereiche bzw. Teilprozesse bislang schon immer als kritisch eingestuft. Allerdings täuschen zweifellos vorhandene Stärken und diverse positive Beispiele vielfach über die Gesamtsituation hinweg und **verzerren** somit eine **objektive Einschätzung**.
Diesbezüglich sind beispielsweise die teils äußerst diffizilen Einflußfaktoren hochmechanisierter Holzernteverfahren sowie die im langfristigen Einsatz erreichbaren Produktivitäten zu nennen. Des weiteren sind die ineffiziente Disposition und Koordination von Rundholzfahrzeugen, unzureichende Informationsflüsse sowie unnötig lange Durchlaufzeiten anzuführen.

Betrachtet man die Ergebnisse analog zur Gliederungsstruktur der vorliegenden Arbeit, so sind diverse Schwachstellen des gesamten Bereitstellungsprozesses bereits in einer **unzulänglichen Planung** begründet. Die mangelhafte Qualität grundlegender Planungsdaten verhindert vielfach eine umfassende Einsatzplanung und Vorkalkulation einer Hiebsmaßnahme. Dadurch ließe sich beispielsweise die Aushaltung von Sortimenten auf eine Anzahl begrenzen, die, bezogen auf den gesamten Bereitstellungsprozeß, die günstigste Größenordnung darstellt und sich nicht primär an marginalen Mehrerlösen einzelner (Spezial-) Sortimente orientiert.
Nach wie vor scheinen einzelne Revierleiter bzw. Privatwaldbetreuer mit einer **maschinengerechten Vorbereitung** der Hiebsflächen erheblich überfordert zu sein. Diese beinhaltet u.a. ein eindeutiges Auszeichnen der Erntebestände, die Anlage eines effizienten Feinerschließungssystems sowie entsprechend dimensionierte Lagerplätze.
Ein weiterer Planungsschwerpunkt ist in der Bündelung mehrerer Hiebsmaßnahmen zu **Aufarbeitungsblöcken** zu sehen. Für hochmechanisierte Ernteverfahren sind durchschnittliche Hiebsgrößen von 115 Efm im Kleinprivatwald bzw. 766 Efm im Staatswald bei weitem **nicht dem Organisationsaufwand angemessen** und schlagen sich letztlich in vergleichbar hohen Erntekosten nieder.

Die Ergebnisse zu den **operativen Prozessen** gewähren transparente und detaillierte Einblicke und stellen besonders deutlich die entscheidenden Einflußfaktoren heraus. Speziell die Langzeitbeobachtungen der Erntemaschinen relativieren augenscheinlich die Aussagekraft von Produktivitätsmodellen, die ausschließlich aus Zeitstudiendaten abgeleitet sind, wodurch die Leistung **deutlich überbewertet** wird. Neben der Arbeit von PAUSCH (2002) existieren bislang keine vergleichbaren Untersuchungen, die auf einer derart umfangreichen Datengrundlage an tageweisen Leistungsaufschrieben

von Harvestern basieren.[1] Gleiches gilt für die Erfassung der Forwarderleistungen, diesbezüglich sind keine längerfristigen Beobachtungen bekannt.
Für die Analyse der operativen Prozesse von Holzernteketten hat sich die Herleitung und Verkettung von **Produktivitätsmodellen** als äußerst brauchbar erwiesen. Im Gegensatz zu diversen Kalkulationsmodellen[2] wurde in der vorliegenden Arbeit erstmalig der Transport, als wesentlicher Bestandteil des Bereitstellungsprozesses, berücksichtigt.
Wie die Ausführungen im Detail gezeigt haben, ist von einer pauschalen Abschätzung möglicher Rationalisierungspotentiale dringend Abstand zu nehmen, da im Einzelnen zu viele Einflußfaktoren zu berücksichtigen sind. Insbesondere bei **schwachen Baumdimensionen** stellt das mittlere Baumvolumen jedoch die wichtigste Größe dar. Ausgehend von einem Baumvolumen von 0,2 Efm verursacht gemäß Abbildung 57 (S. 124) beispielsweise ein Absinken um lediglich 0,05 Efm einen **Leistungsabfall des Harvesters um 22% (!)**. Eine nicht unwesentliche, aber oft unterschätzte Bedeutung hat speziell bei derartig geringen Baumdimensionen der **X-Holzanteil**, der schnell auf bis zu 10% des Gesamtvolumens ansteigt.
Des weiteren ist die **jährliche Maschinenauslastung** eine bedeutende Einflußgröße für die Erntekosten. DENNINGER (2002) nennt diesbezüglich für Harvester in Deutschland eine Schwankungsbreite zwischen 800 und 3.200 MAS/a, detailliertere Größenangaben existieren nicht.
Diverse Kalkulationen zu **Rundholz-Transportkosten** in Deutschland basieren bislang im Wesentlichen auf Regiesätzen der Befragungen von VON BODELSCHWINGH (2001). In der vorliegenden Arbeit wurde erstmals eine detaillierte Kostenkalkulation sowohl für Kurzholzzüge als auch für kranlose Sattelzüge erarbeitet.
Grundsätzlich ist bei der Modellierung von Logistikketten zu beachten, daß es sich um **abstrahierte Modelle** handelt. In der Praxis kann die **spezifische Personal- und Maschinenkostenstruktur** einzelner Unternehmen **erheblich davon abweichen**. So reicht die Spanne der Personalkosten vom ungelernten Arbeiter aus einem „Billiglohnland“ bis hin zu betriebseigenem, qualifiziertem und langjährig beschäftigtem Fachpersonal. Dennoch wirken sich bei hochmechanisierten Ernteverfahren die **Maschinenkosten stärker auf die Gesamtkosten aus als die Personalkosten.**

Eine ganzheitliche Betrachtung offenbart erst das Ausmaß einer bislang **fehlenden Integration** zwischen Forst- und Holzwirtschaft. Überaus deutlich fällt dieses Manko bei der Bewertung der **Informationsflüsse** entlang der gesamten Holzerntekette aus. Für den in weiten Teilen ineffizienten Datenaustausch sind in erster Line **gravierende Defizite bei der Standardisierung** von Prozessen und EDV-Formaten verantwortlich. Hinzu kommen die überwiegend mangelhafte Ausstattung mit zeitgemäßer Informations- und Kommunikationstechnologie sowie vielfach ungenügende Kenntnisse im Umgang mit selbiger. So gesehen kommentiert DUFFNER (2000) sehr pointiert die allgemeine Praxis, die „immer noch lieber auf den ortskundigen Förster mit Dienstwagen als Medium zur Datenübertragung als auf Datenbanken und Computernetzwerke“ setzt.[3] Für die Übermittlung von Werksabmaßen präferiert auch die Holzindustrie - von Ausnahmen abgesehen - nicht den zeitgemäßen Austausch von Datenpaketen via DSL über das Internet, sondern von Postpaketen mit Endlosausdrucken, die von DHL, der gelben Post, geliefert werden. Im Vergleich zu

[1] Die Ergebnisse von PAUSCH (2002) basieren teilweise auf der Datengrundlage des Forschungsprojektes *Harvester (I.)*
[2] vgl. HEMM, M.: Softwareeinsatz für die Produktionslogistik in der Holzernte, 2002
[3] DUFFNER, W.: Forstwirtschaft in Mitteleuropa. Fossil oder Zukunftsbranche? 2000

Ländern, bei denen die Forst- und Holzwirtschaft einen ähnlichen Stellenwert einnimmt, ist die Harmonisierung von Datenformaten und eine effiziente Informationsübermittlung inzwischen bei weitem fortgeschrittener.
Augenfällig und nachdrücklich belegen letztlich die beobachteten **Durchlaufzeiten** die Notwendigkeit für ein betriebsübergreifendes Supply Chain Management, welches die einzelnen Akteure in einem Logistiknetzwerk integriert.
Gegenwärtig werden **Qualitäts- und Volumenverluste**, die sich bei einer Anlieferung im Werk von durchschnittlich 49 Tage nach Hiebsbeginn einstellen, scheinbar allgemein in Kauf genommen.
Ein Vergleich mit der bislang einzigen Studie, in der mit nahezu identischer Methodik die Thematik von Durchlaufzeiten bei der Rundholzbereitstellung untersucht wurde, zeigt interessanterweise, daß auch bei *Södra* in Schweden im Durchschnitt 45 Tage zwischen dem Beginn der Hiebsmaßnahme und der vollständigen Anlieferung im Werk vergehen.[1] [2]
Im Hinblick auf die daraus resultierenden monetären Auswirkungen werden jedoch sowohl von den Lieferanten als auch den Kunden nachhaltige Verbesserungsmaßnahmen gefordert. Für die Wissenschaft birgt die eingehende Analyse von Durchlaufzeiten von Rundholz noch ein **hohes Forschungspotential**, um diese **finanziellen Verluste** für die gesamte Holzerntekette und ihre Partner zu **quantifizieren.** Fundierte Aussagen würden dazu beitragen, die Bedeutung der Logistik in diesem Sektor weiter herauszustellen.
Dieser Stellenwert wird ebenfalls durch die Literaturrecherche der vorliegenden Arbeit unterstützt, welche den Strukturwandel und den gegenwärtigen Status Quo der gesamten Branche sehr deutlich darstellt. Die Ergebnisse zeigen eine **sichtliche Diskrepanz** zwischen der seit mehreren Jahren stark **expandierenden** Holz-, Zellstoff- und Papierindustrie und einer vergleichsweise **statischen** Forstwirtschaft.
In Folge des tiefgreifenden Strukturwandels haben sich die Produktionskapazitäten der deutschen Holzwirtschaft inzwischen zu den bedeutendsten in Europa entwickelt. Gemäß der Delphistudie „Trendanalyse Zukunft Holz“ wird der Konzentrationsprozeß weiter fortschreiten, an dessen Ende sich Produktionsbedingungen einstellen, die mit denen der Automobilindustrie gleichzusetzen sind.[3] Diesen Bedingungen sind die Rundholz-Bereitstellungsprozesse anzupassen, da sie sich definitiv nicht mit den gegenwärtigen Strukturen und Technologien realisieren lassen.

[1] ANONYMUS: Project Fibre Flow. Presentation 2nd Wood Conference in Forest Logistics, 2001.
[2] vgl. CARLSSON, D., RÖNNQVIST, M.: Supply chain manangement in forestry - case studies at Södra Cell, European Journal of Operational Research, Nummer 163, 2004, S. 601 ff.
[3] vgl. KNAUF, M., FRÜHWALD, A.: Trendanalyse Zukunft Holz. Delphistudie zur Entwicklung der deutschen Holzindustrie, 2004, S. 81

8.3 Diskussion der Lösungsansätze

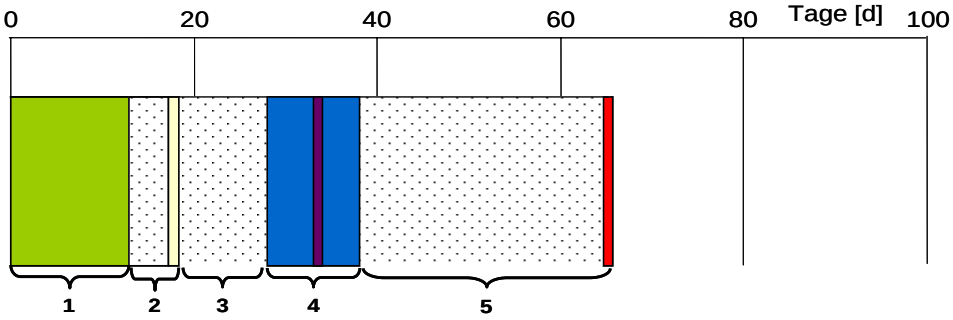
Gemäß dem Ist-Soll-Vergleich kristallisiert sich in dem Aktionsprogramm ein besonderer Schwerpunkt im Bereich Informations- und Kommunikationstechnologie heraus. Die vorgestellten Lösungsansätze bewirken eine nachhaltige Verbesserung der Informationsbasis und sind zugleich Voraussetzung für betriebsübergreifende Optimierungsansätze. Richtungweisend ist, daß Informationen dabei weitgehend ohne Zusatzaufwand erfaßt und weitergeleitet werden und die Kommunikation somit **integraler Bestandteil** des Arbeitsprozesses wird.
Da die Einführung dieser Technologie für alle Akteure mit unterschiedlichen Investitionskosten verbunden ist, wird die Bereitschaft für diesen Schritt vor allem von einer **flächendeckenden, betriebsübergreifenden Nachfrage** abhängig sein. Insofern ist wiederum der Aufbau eines Logistiknetzwerkes unausweichlich, in dem **nennenswerte Rundholzmengen** disponiert werden und sich die beteiligten Partner auf eine **verbindliche Verwendung** dieser informatorischen Schnittstellen verständigen. In erster Linie wird es Aufgabe der großen Landesforstbetriebe sowie ihrer wichtigsten Abnehmer sein, die Implementierung standardisierter Informationssysteme zu forcieren. Gleichzeitig ist jedoch auch der Privatwald gefordert, sich in diesen Veränderungsprozeß aktiv einzubringen.

Eine betriebsübergreifende Optimierung eröffnet insbesondere im Transportbereich durch die Kombination technischer und organisatorischer Ansätze noch ein großes Verbesserungspotential. Im Mittelpunkt steht eine **intelligentere Fahrzeugauslastung**, die durch eine Reduktion der Leerfahrten sowie der Wartezeiten am Werk zu erreichen ist und gleichzeitig kombinierte Transportverfahren und alternative Verkehrsträger berücksichtigt. Im Hinblick auf kontinuierlich ansteigende Treibstoffkosten sowie auf die LKW-Maut gewinnt diese Thematik zunehmend an Bedeutung. Inzwischen hat sich auch in der Industrie die Einsicht durchgesetzt, daß die Spediteure als wichtiger Partner zu begreifen sind und keine weitere Senkung der Transportentgelte verkraften können. Insofern ist das wirtschaftliche Potential einer verbesserten Fahrzeugauslastung primär als Chance zu sehen, **künftige Kostensteigerungen abpuffern zu können**.

Einige der aufgezeigten Lösungsansätze wurden insbesondere im Rahmen des Projektes *WBV Logistikstudie (VZ)* bereits **erfolgreich implementiert** und sind seitdem **fester Bestandteil im Praxisalltag**. Die Auswirkungen einzelner Maßnahmen lassen sich in einem Vergleich zweier Erhebungsperioden bemessen. Demnach konnte insbesondere der Aufwand für **administrative Tätigkeiten** nachhaltig reduziert werden; so erfolgt z.B. die Erfassung, Übermittlung und Weiterverarbeitung des Waldmaßes durch das MDE-Gerät „*TDS Recon“* nach einem standardisierten Procedere, durch den Versand von Lageplänen auf Basis der Top50 konnten **Einweisungen von LKWs** (vgl. Tabelle 13, S. 120) **vollständig eliminiert** werden. Künftig werden Spediteure die Polter grundsätzlich eigenständig auffinden können. Die vorgestellte Navigationslösung für die Forstwirtschaft wird sowohl die Organisation als auch die Rundholzabfuhr per se grundlegend reformieren. Die vereinfachte und schnellere Erfassung von Werksabmaßen über die ELDAT-Schnittstelle wurde eingehend diskutiert (vgl. Abbildung 76, S. 150).

Insgesamt ließ sich der **Holzfluß** vom Wald ins Werk im Vergleich zur ersten Erhebungsperiode **deutlich beschleunigen**. Diese Beschleunigung ist in erster Linie auf die verbesserten Informationsflüsse zurückzuführen. Wie nachstehende Abbildung 87 zeigt, wurde das Holz im Durchschnitt **38 Tage nach Hiebsbeginn**

komplett im Werk angeliefert, was gegenüber der ersten Erhebungsperiode (vgl. Abbildung 63, S. 130) einer **Verkürzung der Leerzeiten um 14 Tage** (= 48%) entspricht. Die Zeitspanne zwischen der Poltererfassung und dem Transportbeginn (3) reduzierte sich von 23,5 Tagen auf 10 Tage.



Zeitspanne	1	2	3	4	5
Mittelwert [d]	18,7	7,2	10,9	**10,4**	31,8
Median [d]	**14**	**4**	**10**	5	**25**
Min [d]	1	1	1	2	2
Max [d]	163	83	99	106	143
STABW. [d]	17,2	9,2		14,4	16,8

Abbildung 87 : Durchlaufzeiten Ernte bis Abrechnung, Implementierungsphase

Die **Gesamtdauer** zwischen Einschlagsbeginn und Endabrechung beläuft sich auf durchschnittlich **63 Tage**, was insgesamt einer **Reduktion der Durchlaufzeit um 25 Tage** bzw. um etwa ein Drittel entspricht.
Für eine **objektive Bewertung** der Durchlaufzeiten einer Hiebsmaßnahme liefert das Kalkulationsmodell der vorliegenden Arbeit **realistische Referenzwerte**, mit dem sich ferner Produktionsleistungen und Bereitstellungskosten individuell berechnen lassen. Dieses Modell ermöglicht erstmalig ein **Benchmarking für Durchlaufzeiten** operativer Holzernteprozesse. Obwohl die Kalkulation jeweils auf Produktivitätsmodellen des *Valmet 901.2* und *Valmet 820* basiert, können die Ergebnisse durchaus auf Maschinen vergleichbarer Leistungsklassen übertragen werden.

Ökonomische Kostensenkungspotentiale lassen sich in erster Linie durch **Skaleneffekte** respektive der Schaffung größerer Einheiten erschließen. Daß revier- bzw. betriebsübergreifende Ansätze jedoch **nicht ausschließlich von Besitzgrößen abhängig** sind, sondern auch kleinere Waldbesitzer im Verbund aussichtsreich agieren können, zeigen Beispiele erfolgreicher Pilotprojekte aus dem Kleinprivatwald, wie z.B. der *Waldmärkerschaft Uelzen*[1] oder der *WBV Logistikstudie (VZ)*. Durch die räumliche und zeitliche Bündelung können Teilflächen zu **Aufarbeitungsblöcken** zusammengefaßt werden, wodurch sich letztlich eine **Win-Win-Situation** für alle beteiligten Akteure einstellt.

[1] vgl. BECKER, G.; HECKER, M.: Modellprojekt einer integrierten Holzbereitstellungs- und Logistikkette Wald-Werk für die Forstbetriebsgemeinschaft 'Waldmärkerschaft Uelzen eG', 2002

Folgende Abbildung 88 zeigt einen Aufarbeitungsblock im Kleinprivatwald, dessen Einschlagsvolumen sich insgesamt auf 1.463 Fm beläuft, wobei die Hiebsgrößen der neun Waldbesitzer zwischen 88 und 312 Fm schwanken.

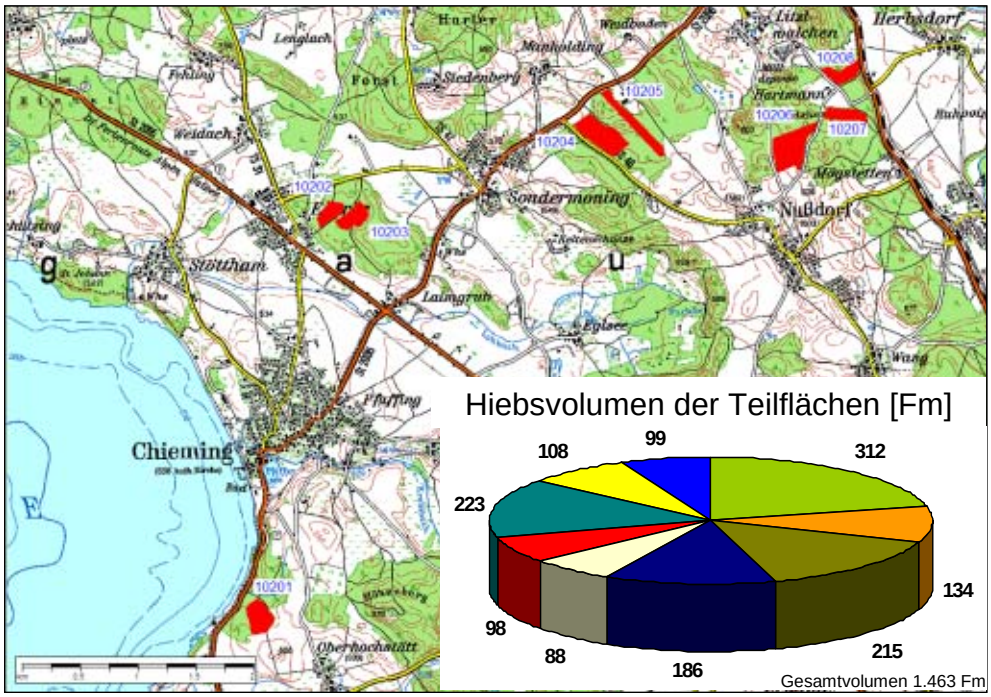


Abbildung 88 : Beispiel für Aufarbeitungsblock, WBV Traunstein

Wie der Kartenmaßstab verdeutlicht, liegen die Teilflächen nicht weiter als fünf Kilometer auseinander, so daß die Maschinen auf der **eigenen Achse** zum nächsten Bestand umsetzen können.

Grundsätzlich stellt das skizzierte Aktionsprogramm Beispiele möglicher Lösungsansätze vor, die im Einzelfall an **unterschiedliche Rahmenbedingungen** anzupassen sind. Es handelt sich dabei jedoch keineswegs um rein theoretische Ansätze, die erst zu entwickeln sind und sich in der Praxis bewähren müssen, vielmehr befinden sie sich bei innovativen Betrieben bereits heute in der Einführungsphase bzw. sind zentraler Bestandteil des Bereitstellungsprozesses.
Die Einschätzung, daß sich technische und organisatorische Lösungsansätze aus dem Staats- bzw. Großprivatwald nur bedingt für Strukturen und Prozesse des Kleinprivatwaldes eignen, mag zweifellos zutreffend sein. Gleichwohl sollten sich jedoch Beispiele erfolgreicher Reorganisationsmaßnahmen aus dem Kleinprivatwald, welche in der vorliegenden Arbeit mehrfach vorgestellt wurden, durchaus auch unter größeren Strukturen umsetzen lassen. Grundsätzlich sind bei derartigen Veränderungsprozessen nicht selten Widerstände innerhalb der gesamten Wertschöpfungskette abzubauen und Partikularinteressen neuen Zielen unterzuordnen.

Die vorrangigen Ziele für die Gestaltung moderner Holzernte- und Logistikketten sind in einer möglichst **geringen Kapitalbindung** im gesamten Bereitstellungsprozeß mit entsprechend **kurzen Durchlaufzeiten** zu sehen. Seitens der Lieferanten erfordert dies eine Bündelung der Angebotsmenge zu **größeren Einheiten**, die eine effiziente, kostengünstige Ernte und Abfuhr ermöglichen. Die wesentlichen Einflußfaktoren und kritischen Bereiche für die einzelnen Teilprozesse von Holzernteketten sowie mögliche Rationalisierungspotentiale wurden in der vorliegenden Arbeit sehr deutlich herausgearbeitet.

8.4 Schlußfolgerungen

Die Ergebnisse der Literaturrecherche und Situationsanalyse zeigen, daß die Kerninhalte von SCM sehr eng mit den Fragestellungen und Problemen von Holzernteketten korrelieren bzw. sich sogar besonders deutlich gewisse Parallelen herauskristallisieren. Voraussetzung für die **Reorganisation** dieser Versorgungsketten ist zunächst ein Wechsel der Blickrichtung, weg von einer eher funktional bzw. regional begrenzten Sichtweise, hin zu einer **konsequenten Ausrichtung am Gesamtprozeß**. Die Bedeutung einer ganzheitlichen Betrachtung von Supply Chains wurde speziell bezüglich der Bereitstellung von Schleifholz auch frühzeitig von der Wissenschaft erkannt. [1] [2] Von der erfolgreichen Umsetzung dieser Philosophie profitierten bislang in erster Linie innovative Unternehmen mit einer integrierten Forst- und Holzwirtschaft.
Der **Wettbewerb** auf dem Sektor forstlicher Dienstleistungen sowie der Software-, Fahrzeug- und Maschinenhersteller ist eine **wesentliche Triebfeder** für technische Verbesserungen und innovative Lösungsansätze. Die vorgestellten **technischen Komponenten** für ein betriebsübergreifendes Supply Chain Management in der deutschen Forst- und Holzwirtschaft sind in nahezu vollständigem Umfang **auf dem Markt vorhanden**. Sie bieten zudem die nötige Flexibilität, so daß ihr Einsatz nicht ausschließlich auf hochmechanisierte Ernteverfahren begrenzt ist. Ziel für alle Beteiligten der Holzerntekette sollte in ihrem eigenen Interesse sein, einzelne, bereits existierende Module in die Praxis umzusetzen und damit eine Politik der kleinen Schritte zu verfolgen. Allerdings bleiben Investitionen in technischen Fortschritt weitgehend nutzlos, solange es sich um Insellösungen handelt, die **keine flächige Anwendung und Nachfrage** erfahren bzw. lediglich einseitig Vorteile für einzelne Akteure generieren.
Durch die anhaltenden Konzentrationsprozesse und Kapazitätserweiterungen der Holz-, Zellstoff- und Papierindustrie werden Veränderungen gegenwärtig **beschleunigt** bzw. **gefördert** und letztlich **gefordert**. Diese Dynamik begünstigt innerhalb der gesamten Branche gleichzeitig die grundlegende Bereitschaft, neue innovative Wege zu beschreiten. Dabei setzt sich auch zunehmend die Einsicht durch, daß die einzelnen Akteure als **wichtige Partner** in der gesamten Wertschöpfungskette zu begreifen sind, für die adäquate Rahmenbedingungen geschaffen werden müssen, um letztlich nicht nur wirtschaftlich „überleben“ zu können, sondern mit ausreichendem Kapital langfristig auch neu investieren zu können.

Insofern bestätigt sich in mancher Hinsicht bereits die Erkenntnis des einleitenden Zitates, daß inzwischen auch in der Forst- und Holzwirtschaft die Ära der Logistiknetzwerke begonnen hat, in denen sich die einzelnen Partner zu integrierten Supply Chains zusammenschließen und als Kollektiv am Ergebnis eines Gesamtoptimums partizipieren.

[1] vgl. STEINLIN, H.: Gedanken über die Bereitstellung von Industrieholz. Forsttechnische Informationen 12/1966, S. 89 ff.
[2] vgl. KELLER, B.: Einflüsse des Einschlagzeitpunktes, der Lagerart und Lagerdauer auf den Wert von Fichten-Schleifholz, 1973, S. 242

9. Zusammenfassung

Gegenwärtig ist in der deutschen Forst- und Holzwirtschaft eine Dynamik zu beobachten, die geprägt ist von zahlreichen Investitionsmaßnahmen der holzbe- und verarbeitenden Industrie zur Modernisierung und Erweiterung der Produktionskapazitäten. Gleichzeitig befindet sich die Forstwirtschaft in einem kontinuierlichen Reformprozeß, um ihrerseits auf diese teils **tiefgreifenden Strukturveränderungen** zu reagieren.
Von beiden Marktpartnern wird speziell dem Bereitstellungsprozeß von Rundholz eine wesentliche Bedeutung beigemessen, ist doch die Holzvermarktung die mit Abstand **wichtigste Einnahmequelle** für die Forstwirtschaft und die **kontinuierliche Rohstoffversorgung** hat für die Industrie oberste Priorität.
Ein Benchmarking von Holzernteketten verdeutlicht, daß sich die effizientesten und kostengünstigsten Strukturen insbesondere in Ländern finden, bei denen die Forst- und Holzindustrie traditionell in einem Unternehmen integriert sind.

Der theoretische Ansatz des **Supply Chain Managements** (SCM) eröffnet eine Möglichkeit, diese hierzulande bislang fehlende Integration zu kompensieren. Im Mittelpunkt dieses neuartigen Konzepts steht die **betriebsübergreifende Planung und Steuerung** der Wertschöpfungsketten. Im Gegensatz zu temporären Kooperationsformen basiert SCM auf einer **langfristigen Form der Zusammenarbeit,** bei der die bedeutendsten Beziehungen zu Unternehmen vor- und nachgelagerter Wertschöpfungsstufen auf ein Optimum ausgerichtet sind, das sich am Gesamtprozeß respektive dem Endprodukt orientiert.
Eine herausragende Stellung nimmt dabei die **Vernetzung** der einzelnen Partner mittels leistungsfähiger Informations- und Kommunikationstechnologie (IuK) ein, um frühzeitig Unsicherheiten und Risiken innerhalb der Wertschöpfungskette zu verringern und dadurch Lagerbestände zu reduzieren, Durchlaufzeiten zu verkürzen und letztlich den Kundenservice zu verbessern. Mit zunehmender Komplexität werden dabei Steuerungsaufgaben und administrative Tätigkeiten vielfach an spezielle Dienstleister übertragen.

Neben der Erarbeitung dieser theoretischen betriebswirtschaftlichen Grundlagen stellt die ausführliche **Situationsanalyse** zu den einzelnen Teilprozessen sowie der Rahmenbedingungen innerhalb **der Holzerntekette** den wesentlichen Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit dar. Mit einem aufwendigen Methoden-Mix wurde eine sehr umfangreiche und äußerst detaillierte Datenbasis für hochmechanisierte Ernteverfahren und Transportvorgänge geschaffen. Mittels ausführlicher Zeitstudien wurden Leistungsdaten eines breiten Kollektivs von Erntemaschinen erfaßt, die mit Ergebnissen parallel durchgeführter Langzeitbeobachtungen abgeglichen wurden. Dadurch konnte belegt werden, daß Produktivitätsmodelle, die ausschließlich auf Zeitstudiendaten beruhen, die langfristig in der Praxis erzielbaren Leistungswerte teilweise **deutlich überschätzen**. Im Falle des Forwarders liegt die Differenz bei einem Faktor 1,4, beim Harvester bei 2. Wenngleich die Produktivität respektive die Holzerntekosten von zahlreichen spezifischen Einflußfaktoren abhängig sind, kristallisiert sich dennoch das **mittlere Baumvolumen** [Efm] des ausscheidenden Bestandes als **wichtigste Kenngröße** heraus.
Um die operativen Prozesse vollständig abzubilden, wurde der **Holztransport** als wichtiges Glied der Holzerntekette ebenfalls intensiv beleuchtet. Durch die gesetzliche Limitierung zulässiger Gesamtgewichte hängt die Transportleistung wesentlich vom Leergewicht bzw. von der **Nutzlast** eines Fahrzeuges ab. In

Fallstudien zeigte sich, daß sowohl bei der eingesetzten Fahrzeugtechnik als auch bei der Organisation der Holzabfuhr noch ein **hohes Verbesserungspotential** zu sehen ist. Gegenwärtig werden in Praxis und Wissenschaft alternative Transportkonzepte diskutiert, die sich speziell mit dem Einsatz kranloser Sattelzüge befassen. Voraussetzung ist jedoch eine Direktbeladung durch den Forwarder in unmittelbarer Nähe zur Rückegasse, da diese Verfahren gegenüber dem Kurzholzzug erst ab Transportentfernungen von ca. 120 km kostengünstiger sind.

Durch die Zusammenführung aller erhobenen Leistungsdaten wurde für die operativen Prozesse ein **Kalkulationsmodell** erstellt, mit dem sich die Bereitstellungskosten Frei-Werk berechnen lassen. Dabei werden sowohl die wichtigsten Einflußfaktoren der jeweiligen Hiebsmaßnahme als auch unterschiedliche Auslastungsgrade des Erntesystems berücksichtigt. Durch Variation dieser Eingangsgrößen konnten mittels diverser Modellkalkulationen unterschiedliche **Rationalisierungspotentiale** aufgezeigt werden.
Des weiteren lassen sich mit dem Kalkulationsmodell anhand der kumulierten Produktionsleistungen **realistische Referenzwerte für Durchlaufzeiten** einer Hiebsmaßnahme ableiten, was für den Teil operativer Holzernteprozesse erstmalig ein **Benchmarking** ermöglicht.

Im Rahmen einer umfassenden Untersuchung, bei der die Bereitstellungsprozesse von **3.367 Holzpolter** mit einem Volumen von annähernd 120.000 Fm Rundholz **systematisch analysiert** wurden, konnte belegt werden, daß zwischen Einschlagsbeginn und Anlieferung im Werk durchschnittlich 49 Tage vergehen. Berücksichtigt man im weiteren Verlauf die administrativen Prozesse bis zur endgültigen Abrechnung der gelieferten Sortimente, verstreichen weitere 39 Tage.
Im Durchschnitt beträgt die **Gesamtdurchlaufzeit somit 88 Tage**. Dies bedeutet, daß die **Leerzeiten fast dreimal größer sind als die reinen Prozeßzeiten**.
Wenngleich bislang keine umfassende wissenschaftliche Quantifizierung dieser suboptimalen Bereitstellungsprozesse vorliegt, so lassen sich allein die **Zinskosten** für gebundenes Kapital sowie **Qualitätsverluste** des Rundholzes durch Verblauung auf mindestens **2 €/Fm** beziffern.[1]
Der Kerngedanke des betriebsübergreifenden SCM-Ansatzes basiert auf der Vermeidung derartiger **Wertverluste** und **ineffizienter Prozesse**. Voraussetzung ist jedoch eine größtmögliche Transparenz über Produktions- und Liefermengen. Der Informationsfluß gegenwärtiger Holzernteketten ist allerdings teilweise von **gravierenden Defiziten** gekennzeichnet. Diese beruhen primär auf einer fehlenden Standardisierung der Prozesse und EDV-Formate, einer mitunter mangelhaften Ausstattung zeitgemäßer Informations- und Kommunikationstechnologie sowie teils ungenügenden EDV-Kenntnissen einzelner Akteure.

Insofern offenbart sich in dem Gesamtbild der Situationsanalyse in mancher Hinsicht eine **große Diskrepanz** zwischen gegenwärtiger Alltagspraxis und dem allgemeinen Anspruch an optimale Bereitstellungsprozesse respektive den noch weitreichenderen Ambitionen des Supply Chain Managements. Durch die Integration einzelner Wertschöpfungsketten zu einem Logistiknetzwerk eröffnet die Philosophie von SCM einen erfolgsversprechenden Ansatz, der sich in der Praxis bereits in anderen Branchen bewährt hat.

In einem **Soll-Konzept** wurden technische und organisatorische Ansätze für ein betriebsübergreifendes Supply Chain Management für die Bereitstellungsprozesse

[1] vgl. THEES (1998), LANGHEIM (1998), KRAFT (2000), FRIEDL et al. (2004)

des Rundholzes skizziert. Ein Schwerpunkt liegt dabei im Bereich **informations-technischer Reorganisationsmaßnahmen**, da auch die organisatorischen Veränderungen vielfach eine Modifikation vorhandener IuK-Systeme bedingen. Die Einführung und konsequente Umsetzung dieser unumgänglichen Modernisierung inkompatibler EDV-Formate und IT-Anwendungen wird dabei wesentlich von einer **flächendeckenden Anwendung und Nachfrage** abhängig sein. Die gegenwärtigen Veränderungsprozesse innerhalb der gesamten Branche sind diesbezüglich als durchaus förderlich einzustufen.
In einem **Aktionsprogramm** werden in der vorliegenden Arbeit mögliche Lösungsansätze beschrieben, mit denen das vorgestellte Soll-Konzept sukzessive in die Praxis umgesetzt werden kann. Es handelt sich dabei keineswegs um rein theoretische Ansätze, die erst zu entwickeln sind, bzw. um Lösungen aus dem Ausland, die an hiesige Strukturen angepaßt werden müssen. Vielmehr wurden einzelne Ernte- und Transportverfahren sowie entsprechende Logistiksoftware in eigenen Forschungsprojekten detailliert untersucht und deren Auswirkungen nach der Praxiseinführung dokumentiert.
Augenfällige und **meßbare Verbesserungen** konnten so insbesondere bei der Implementierung zeitgemäßer IuK-Technologie sowie des Datenstandards ELDAT realisiert werden. Neben einer deutlichen Vereinfachung und Beschleunigung administrativer Tätigkeiten ließ sich innerhalb einer fünfmonatigen Implementierungs-phase die **Durchlaufzeit** zwischen Hiebsbeginn und Endabrechung um durchschnittlich **25 Tage bzw. 28% reduzieren**.

Anhand diverser Kalkulationsbeispiele wurden verschiedene Stellgrößen aufgezeigt, aus denen sich insgesamt ein **realistisch realisierbares Potential zwischen 4 bis 7 €/Fm** ableiten läßt. Das **effektive Potential**, welches auch **kalkulatorische Kosten** wie etwa die Einweisung von LKWs berücksichtigt, dürfte dagegen **mindestens doppelt so groß** sein.
Die Analyse hochmechanisierter Holzernteketten und die Erarbeitung möglicher Verbesserungsansätze stellt einen Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit dar. Die umfassende monetäre Quantifizierung des Rationalisierungspotentials sowie dessen Aufteilung an die einzelnen Akteure ist als eine eigenständige Thematik weiterer Forschungsarbeiten zu betrachten.

10. Literaturverzeichnis

ANDERSSON,G., CARLSSON, D.: Efficient haulage, in techniques for profitable and sustainable forestry, Report no. 2. The Research Institute of Sweden, 1997.

AFFENZELLER, G., STEINMÜLLER, T.: Eine technische Metamorphose. Der Ponsse Buffalo Dual, in Forstzeitung 2/2005.

ANONYMUS: Fusionen auch in der Forstwirtschaft; Holzkurier Heft 23, S.19; 2000.

ANONYMUS: Deutscher Forstwirtschaftsrat und Deutscher Holzwirtschaftsrat fordern bessere Rahmenbedingungen, Pressemitteilung DFWR; 2000.
Quelle: http://www.dfwr.de/pressemeldungen/2.htm

ANONYMUS: Haindl Papier geht nach Finnland. Die Welt, 30.5.2001.

ANONYMUS: Project Fibre Flow. Presentation 2nd Wold Conference in Forest Logistics, Växjö, 2001.

ANONYMUS: Agrarbericht der Bundesregierung, 2003
Quelle:http://www.verbraucherministerium.de/index-1DFF344B4CAD4DA9B958652C5E5A90FD.html

ANONYMUS: Supply Chain Management;2004.
Quelle: http://www.uni-protokolle.de/Lexikon/SCM.html

ANONYMUS: Konzepte, Lösungen und Entwicklungen – Wird das Internet EDI verdrängen? 2004.
Quelle: www.ecin.de/edi/loesungen

ANONYMUS: Strukturentwicklung in der Sägeindustrie, 2004
Quelle: http://www.saegeindustrie.de/index_saegeindustrie.cfm

ANONYMUS: Rundholzvermessungsanlagen mit Forstlicher Sortierüberprüfung (FSÜ), Stand: 15.3.2004.
Quelle: www.werksvermessung.de

ANONYMUS: Methoden der empirischen Sozialforschung,
in Wikipedia, die freie Enzyklopädie
Quelle: http://de.wikipedia.org/wiki/Methoden_der_empirischen_Sozialforschung

ARLINGER, J.: StanForD,
Quelle: www.skogsforsk.se

BAUER, J.: Die deutsche Sägewerksbranche – Wettbewerbsanalyse nach Porter. Diplomarbeit am Lehrstuhl für Forstpolitik und Forstgeschichte, Freising; 2001.

BAUER, J., VON BODELSCHWINGH, E.: Verbesserung des Informationsflusses in der Holzerntekette durch den Einsatz der Logistiksoftware „GeoMail“, Abschlußbericht zum Forschungsprojekt ST 135 der Bayerischen Staatsforstverwaltung, 2003.

BAUMEISTER, B.: Ergonomie in Harvestern. Fallstudie zur allgemeinen Arbeitszufriedenheit der Maschinenführer unter Berücksichtigung neuartiger Krankheitserscheinungen, Diplomarbeit am Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik, Freising; 2004.

BAUMGARTEN, H., WOLF, S.: Perspektiven der Logistik: Trend-Analysen und Unternehmensstrategien, Berlin; 1993.

BAUMGARTEN, H.: Auf halbem Weg, 4PL in der Praxis, in: Logistik Heute, 11/2001; 2001

BAUMGARTEN, H., DARKOW, I.: Konzepte der Supply-Chain Steuerung, in: BUSCH, A., DANGELMAIER, W. (Hrsg.), Integriertes Supply Chain Management, Gabler Verlag, Wiesbaden; 2002.

BAYERISCHE STAATSFORSTVERWALTUNG: Jahresberichte und Statistikbände von 1960 bis 2003.

BECKER, G.; HECKER, M. : Modellprojekt einer integrierten Holzbereitstellungs- und Logistikkette Wald-Werk für die Forstbetriebsgemeinschaft 'Waldmärkerschaft Uelzen eG. Abschlußbericht zum Forschungsprojekt des Deutschen Holzabsatzfonds, 2002.

BERGER, C.: Entwicklung eines Eignungstests für Harvesterfahrer, AFZ-Der Wald 6/2005.

BERGMANN, A.: Kundenorientierte Rohholzbereitstellung bei vollmechanisierter Holzernte. Ein System für die optimale Einteilung von Sägeabschnitten mit Bordcomputern auf Vollerntern.
Dissertation Georg-August-Universität Göttingen, 1997.

BMBF, Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie: Rahmenkonzept ”Produktion 2000” 1995-1999, Bonn; 1995.

BMVEL, Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft: Die zweite Bundeswaldinventur - Das Wichtigste in Kürze; Berlin, 2004. Quelle: http://www.bundeswaldinventur.de/enid/1e7ac1c694ca0ceb9319d0e0faccc8e1,0/31.html

BIEDENKOPF, K.: Vortrag auf dem Symposium des Bundesverbandes deutscher Banken und der technischen Universität Dresden, Dresden; 2000.

BOGNER, A., MENZ, W.: Das theoriegenerierenden Experteninterview. Theorie, Methode, Anwendung, in BOGNER, A., LITTIG, B., MENZ, W.: Das Experteninterview, Verlag Leske + Budrich, Opladen; 2002.

BOLLIN, N., EKLKOFER, E.: Mobilisierungsstudie Holz. Ergebnisse einer Umfrage im Kleinprivatwald in Niederbayern, 2000.

BINNER, H.: Unternehmensübergreifendes Logistikmanagement, Carl Hanser Verlag, München / Wien; 2002.

BRUCKER, A.: Strukturwandel in der Sägeindustrie. Vortrag 10. Hamburger Forst- und Holztagung, Hamburg; 2000.

BUER, L.: Supply Chain Management im deutschen Mittelstand, Grundlagen und empirische Analyse, Books on Demand GmbH, Hamburg; 2003.

CARLSSON, D., RÖNNQVIST, M.: Supply chain manangement in forestry – case studies at Södra Cell AB, in European Journal of Operational Research, Nummer 163, 2004.

CHASE, R. , AQUILANO, N., JACOBS, F.: Production on Operations Management: Manufacturing and Services, 8. Edition, Boston; 1998.

CHRISTOPHER, M.: Logistics and Supply Chain Management. Strategies for Reducing Cost and Improving Service. Edition 2. Pearson Education Ltd. Great Britain. Financial Times Pro-fessional Ltd.; 1998.

COOPER, M., ELLRAM, L.: Characteristics of Supply Chain Management and the Implications for Purchasing and Logistics Strategy, in The International Journal of Logistics Management, Volume 4, Nummer 2; 1993

COOPER, M. LAMBERT, D., PAGH, J. : Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics, in The International Journal of Logistics Management, Volume 8, Nummer 1; 1997.

COUNCIL OF LOGISTICS MANAGEMENT: www.clm1.org, 2004.

DALKOVSKI, K.: Machbarkeitsstudie einer Transportkooperation in der schwedischen Forstwirtschaft mittels Befragungen und Literaturstudie, Diplomarbeit am Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik, Freising; 2001.

DANZAS GmbH (Hrsg.): Danzas Lotse, Leitfaden für Exporte und Importe im Land-See-Luftverkehr, Verkehrs-Verlag J. Fischer GmbH & Co. KG, 12. Ausgabe; 2004.

DELFMANN, W.: in GABLER LEXIKON LOGISTIK: Management logistischer Netzwerke und Flüsse, Wiesbaden; 1998.

DELFMANN, W.: Kernelemente der Logistik-Konzeption. Eine Einführung für den interessierten Studenten; 2000.
Quelle: http://www.uni-koeln.de/wiso-fak/planung.de

DELFMANN, W., ALBERS, S.: Supply Chain Management in the global context, Arbeitsbericht Nr. 10 des Seminars für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 2000
Quelle: http://www.uni-koeln.de/wiso-fak/planung.de

DENNINGER, W.: Stand der mechanisierten Holzernte in Niedersachsen. Holz-Zentralblatt Nr. 77/2002.

DEPPE, H.-J.: Zum Strukturwandel in der Holzindustrie. Vortrag 10. Hamburger Forst- und Holztagung, Hamburg; 2000.

DIETER, M., THOROE, C.: Forst- und Holzwirtschaft in der Bundesrepublik nach neuer Sektorenabgrenzung. in Forstwissenschaftliches Centralbaltt Nr. 122, Blackwell Verlag, Berlin; 2003.

DUFFNER, W.: Gestaltung des Forstbetriebes im Jahre 2000, AFZ-Der Wald 47/1988.

DUFFNER, W.: Forstwirtschaft in Mitteleuropa. Fossil oder Zukunftsbranche? Vortrag Jahrestagung des Forstvereins für Oberösterreich und Salzburg, in Sandl; 2000

DUFFNER, W.: Zukunftsweisende Betriebs- und Organisationsformen im Großprivatwald, in: Rationalisierungsmöglichkeiten im Forstbetrieb. in Reihe Agrarpolitik der Hans-Seidel-Stiftung e.V., 1994.

DÜRRSTEIN, H.: Zukunft der Forsttechnik, Vortrag 4.Forstlicher Unternehmertag in Weihenstephan am 20.3.2003.

EBERHARDINGER, A.: Schleifholzanlieferung in der Papierindustrie. Situationsanalyse und logistische Verbesserungsmöglichkeiten. Diplomarbeit am Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik, Freising; 2004.

EBERHARDINGER, A., VON BODELSCHWINGH, E.: Neue Entwicklungen im Holztransport, Wald und Holz Nr. 2, 2005.

EBERHARDINGER, A.: Einsatzbereiche und Potentiale des *Wiesent Dual* der Firma *Ponsse*, Abschlußbericht des gleichnamigen Forschungsprojektes, bislang unveröffentlicht; 2005.

FJELD, D.: The *Wood Suppy Game* as an educational application for simulating industrial dynamics in the forest sector, in: Supply Chain Management for Paper and Timber Industries, Helsinki; 2001.

FORRESTER, J.W.: Industrial Dynamics: A Major Breakthrough for Decision Makers in Harvard Business Review; 1958.

FRIEDL, K., KANZIAN, C., STAMPFER, K.: Netzwerk Holz. Endbericht FPP; 2004. Quelle: http://www.fpp.at

FUNK, M.: Strategien des Forstbetriebes zur wertschöpfungssteigernden Prozeßoptimierung in der Holzbereitstellung; Vortrag zum Winterkolloquium Forst und Holz der Universität Freiburg; 1999.

FUNK, M.: Zellstoffwerk Stendal. Bedeutung für Holzmarkt und Forstunternehmer. Vortrag Forstlicher Unternehmertag in Weihenstephan am 18.3.2004.

GABLER LEXIKON LOGISTIK: Management logistischer Netzwerke und Flüsse, hrsg. Von Peter Klaus, Winfried Krieger; Wiesbaden; 1998.

GABRIEL, O.: Holzvorräte auf Rekordniveau. Forst & Technik Nr. 11; 2004.

GABRIEL, O.: Harry Naumann fährt huckepack, Forst & Technik Nr. 2; 2005.

GEARY, S., CHILDERHOUSE, P., TOWILL, D.: Uncertainty and the seamless Supply Chain, in Supply Chain Management Review, Ausgabe July/August, Newton; 2002.

GENFORS, W.: Anforderungen an Holzernteketten aus Sicht eines globalen Forstkonzerns. Vortrag Forstlicher Unternehmertag in Weihenstephan am 20.3.2003.

GENFORS, W.: Wirtschaftswachstum durch Waldnutzung. AFZ-Der Wald 14/2004.

GERICKE, J.: Etappen bis zum 5PL, Logistik Heute, 4/2003, 2003.

GÖPFERT, I.: Stand und Entwicklung der Logistik, Logistik Management 1/99; 1999.

GÖPFERT, I.: Logistik Führungskonzeption. Gegenstand, Aufgaben und Instrumente des Logistikmanagements und –controllings, München; 2000.

GÖPFERT, I.: Einführung, Abgrenzung und Weiterentwicklung des Supply Chain Managements, in: BUSCH, A., DANGELMAIER, W. (Hrsg.), Integriertes Supply Chain Management, Gabler Verlag, Wiesbaden; 2002.

GÖTHLICH, S.: Fallstudien als Forschungsmethode. Manuskript aus den Instituten für Betriebswirtschaftslehre der Universität Kiel, Nr. 578, 2003.

GRILL, F.: Wie machen es die Großen? Neue Ansätze und deren Praxiseinführung. Vortrag am Symposium Holzlogistik in Kuchl am 10.04.2003.

HÄBERLE, S.: Repräsentative Zeitbedarfsermittlung auf induktivem Wege - eine Utopie? Forstarchiv. 57. Jahrgang, 1986.

HECKER, M. et al.: Wertschöpfungspotentiale und ihre Realisierung entlang von Holzernte- und Logistikketten, Forst und Holz 53/1998.

HECKER, M., RESSMANN, J.: Informationstechnologie und Human Capital – Forst- und Holzwirtschaft vor dem nächsten Jahrtausend, Schweizerische Zeitung für Forstwesen, 6/1999.

HEINIMANN, R.: Logistik der Holzproduktion – Stand und Entwicklungsperspektiven Forstwissenschaftliches Centralblatt Nr. 118; 1999.

HEISERICH, O-E.: Logistik, Gabler Verlag, Wiesbaden; 2002.

HEMM, M.: Softwareeinsatz für die Produktionslogistik in der Holzernte, Diplomarbeit am Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik, Freising; 2002.

HEMM, M.: Simulationssoftware für die Entscheidungsunterstützung in der forsttechnischen Produktion. Zwischenbericht des gleichnamigen Forschungsprojektes, 2004.

HÖFLE, H.: The State of Forestry Informations Systems in Germany. IUFRO Workshop „Forestry information systems 2000 in Finland", 2000.

HÖGNÄS, T.: Towards Supplier Partnerships in Timber Harvesting and Transportation, Forestry Publications of Metsähallitus, Helsinki; 2000.

HOLZABSATZFOUNDS: Die deutsche Forstwirtschaft. Zahlen und Fakten, 2004.

HUG, J.: Optimierung von Geschäftsprozessen in der Forstwirtschaft durch den Einsatz von Informationstechnologie. Dissertation Georg-August-Universität Göttingen, 2004.

IHDE, G. B. : Transport, Verkehr, Logistik; Vahlens Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, 2. Auflage; 1992.

IHDE, G. B. : Transport, Verkehr, Logistik; Vahlens Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, 3. Auflage; 2001.

JAAKKO PÖYRY: Mobilisierung bestehender Holzeinschlagsreserven. Schulungsunterlagen des Deutschen Holzabsatzfonds, 2002.

KANWISCHER, D.: Experteninterviews – die Erhebung, Verwaltung und Dekonstruktion von Expertenwissen, in KANWISCHER, D., RHODE-JÜCHTERN, T.: Qualitative Forschungsmethoden in der Geographiedidaktik, Nürnberg,2002.

KARLSSON,J., RÖNNQVIST, M., BERGSTRÖM, J.: An optimization model for annual harvest planning, Canadian Journal of Forest Research, Volume 34, 2004.

KELLER, B.: Einflüsse des Einschlagzeitpunktes, der Lagerart und Lagerdauer auf den Wert von Fichten-Schleifholz.
Dissertation an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, 1973.

KELLER, B.: Bedarf und Ansprüche an die Rohstoffe für die Papierherstellung, AFZ-Der Wald 26/2000.

KIBAT, K.: Umsatz hält nicht Schritt mit Mengenwachstum, Holz-Zentralblatt Nr. 98/2004.

KLAUS, P., KRIEGER, W.: in GABLER LEXIKON LOGISTIK: Management logistischer Netzwerke und Flüsse, Wiesbaden; 1998.

KNAUF, M., FRÜHWALD, A.: Trendanalyse Zukunft Holz. Delphistudie zur Entwicklung der deutschen Holzindustrie; 2004.

KNOLMAYER, G., WALSER, K.: Informationen zum Supply Chain Management im Internet, in: Wirtschaftsinformatik 42; 2000.
Quelle: http://www.ie.iwi.unibe.ch/publikationen/journals/resource/scm_internet.pdf

KOETHER, R.: Logistik als Managementaufgabe, in Taschenbuch der Logistik, Carl Hanser Verlag, München / Wien; 2004.

KÖHLER, J.: Die Sägeindustrie versorgt ZS zu einem Drittel; AFZ-Der Wald 17/2004.

KORTEN, S., KAUL, C., SCHNEIDER, J.: RFID-Technologie in der Holzerntekette, AFZ-Der Wald 18/2005.

KÖSTERS, C.: Betriebliche Kostenwirkungen der LKW Maut; 2003.
Quelle: http://www.dortmund.ihk.de/home/infodienste/downloads/

KRAFT. D.: Die Prozeßkette Holzernte: Leistungs- und Wertschöpfungsprozeß aus der Sicht eines Forstunternehmens, Forst und Holz 5/2000.

KRAMPE, H.: Informationsaustausch in der Logistik, in: DÜCK, O. (edit.): Materialwirtschaft und Logistik in der Praxis. WEKA Fachverlag, Augsburg; 1998.

KRAUHAUSEN, J.: Höherer Holzeinschlag – Chance und Herausforderung. Holz-Zentralblatt Nr. 92, 2004.

KRIEGHOFF, T.: Heute eingesetzte Fahrzeugtechnik zum Rundholztransport im Straßenverkehr. Vortrag am Informationstag „Holztransport“ am 18.07.2003, Rotenburg; 2003.

KROTH, W., BARTELHEIMER, P.: Holzmarktlehre, Paul Parey Verlag, Hambug; 1993.

KRULIS-RADA J.S.: Marketing-Logistik, Bern; 1977.

KRUSE, H.: Neue Ansätze zur Prozeßführung in der Holzwerkstoffindustrie. Vortrag 10. Hamburger Forst- und Holztagung, Hamburg; 2000.

KUMMER, S. :Supply-Chain Management und E-Logistik. Unterlagen zur Vorlesung. Institut für Transportwirtschaft, Wirtschaftsuniversität. Wien; 2001

LANGHEIM, J.: Die Holzerntekette aus der Sicht des Sägewerks, Vortrag Forstlicher Unternehmertag in Weihenstephan am 12.2.1998.

LANGLEY, J.: Supply Chain Integrated Management; Proceedings of the Conference “Logistics – For the Forest Industry”, New Zealand; 1997.

LEINERT, S.: Zukunftsfähige Organisation der Waldwirtschaft, Forst und Holz Nr. 21, 1998a

LEINERT, S.: Voraussetzungen für die Mobilisierung der erforderlichen Angebotsmenge zur Belieferung eines großen Sulfatzellstoffwerkes in Norddeutschland. Beurteilung von Logistikketten. Studie im Auftrag des Absatzförderungsfonds der deutschen Forstwirtschaft, Bonn; 1998b

LEE, H.L., et al.: Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect. Management Science, No. 43; 1997.

LAWRENZ, O., HILDEBRAND, K., NENNINGER, M.: Supply Chain Management, Verlagsgesellschaft Vieweg & Sohn; Braunschweig, Wiesbaden; 2000.

LIEBOLD, R., TRINCZEK, R.: Experteninterview, online Auszug aus KÜHL, S. et al.: Qualitative Methoden der Organisationsforschung, 2005.
Quelle: http://www.qualitative-research.net/organizations/or-exp-d.htm

LÖFFLER, H.: Forstliche Verfahrenstechnik (Holzernte). Manuskript zu den Lehrveranstaltungen1991, 3. Auflage, München; 1992.

LÜCKGE, F.J.: Internationale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Sägeindustrie, Forst und Holz, 12/1998.

LÜTHY, C.: Holzrücken mit Forwarder, Wald und Holz Nr. 4, 1997.

LÜTHY, C.: Kalkulationsgrundlage für das Holzrücken mit Forwarder. Interner Bericht. WSL Forschungsprojekt 2.91.720, Birmensdorf; 1997.

MAHLER, G.: Vermessung, Schnittstelle zwischen Forst- und Holzwirtschaft, Forst & Technik, 2/1995.

MAHLER, G., PFEIL, CH.: Die beispiellose Erfolgsgeschichte einer Forstmaschine, AFZ-Der Wald 26/1998.

MANTAU, U. et al.: Standorte der Holzwirtschaft. Abschlußbericht 2003.

MC NEEL, J.F., RUTHERFORD D.: Modelling Harvester-Forwarder System Performance in a Selection Harvest, Journal of Forest Engineering, Vol. 6, No. 1;1994.

MENTZER, J. et al.: Defining Supply Chain Management, Journal of Business Logistics, Vol. 8, No. 1; 2001.

MILLING, P., GROESSLER, A.: Management von Material- und Informationsflüssen in Supply Chains: System-Dynamics-basierte Analysen; 2001.
Quelle: http://iswww.bwl.uni-mannheim.de/Forschung/Publikationen/scm_sd.pdf

MEUSER, M., NAGEL, U.: Experteninterviews – vielfach erprobt, wenig bedacht, in GRAZ, D., KRAIMER, K.: Qualitativ, empirische Sozialforschung, VS Verlag, Wiesbaden; 1991.

MÖHLER, W.: Prozeßoptimierung in der Praxis, AFZ-Der Wald 11-12/2002.

NEHER, A.: Vision oder Mythos? Fourth Party Logistics Provider (4PL), Logistik Heute, 9/2001, 2001.

NICK, L.: Forstmaschinenstatistik, KWF-Eigenverlag, 2004

OHNO, T.: Toyota Production System: Beyond Large Scale Prodiction, Cambridge; 1998.

OHRNER, G.: Der Siegeszug der Harvester, LWF aktuell Nr. 26, 2000.

OSWALD, K., RIECHENSTEINER, D., THEES, O., LEMM, R.: Verbesserungen von organisatorischen Strukturen und betrieblichen Abläufen in der Holzproduktion, Abschlußbericht des gleichnamigen Forschungsprojektes, 2003.

OTTO, A., KOTZAB, H.: Ziel erreicht? Sechs Perspektiven zur Ermittlung des Erfolgsbeitrags des Supply Chain Management, in: HAHN, D., KAUFMANN, L., (Hrsg.), Handbuch Industrielles Beschaffungsmanagement, 2. Auflage, Gabler Verlag, Wiesbaden; 2002.

PAGE, K.:Managing Organisational Change, Kogan Page Limited; 1990.

PAUSCH, R.: Ein System-Ansatz zur Untersuchung von Zusammenhängen zwischen Waldstruktur, Arbeitsvolumina und Kosten der technischen und biologischen Produktion in Forstrevieren ost- und nordbayerischer Mittelgebirge, Dissertation Technische Universität München, 2002.
abgekürzter Titel: „Ein Systemansatz zu Arbeitsvolumen und Kosten“

PAUSCH, R., PONITZ, K.: Harvesterleistung und Hiebsbedingungen, Forst & Technik Nr. 4; 2002.

PAUSCH, R., VON BODELSCHWINGH, E.: Produktivität und organisatorische Erfordernisse beim Einsatz von Eingriffharvestern am Beispiel der Maschinenbetriebe der Bayerischen Staatsforstverwaltung. Abschlußbericht zum Forschungsprojekt A35, 2003.

PFOHL, H.-CH.: Logistiksysteme, Betriebswirtschaftliche Grundlagen, 6. Auflage; Springer-Verlag; 2000.

PILLER, F.: Quantitative Beschäftigungswirkungen der Informationsrevolution. Auswirkungen des Einsatzes der neuen IuK-Technologien auf die menschliche Arbeit, Würzburg; 1997.
Quelle: http://www.wifak.uni-wuerzburg.de/bwl2.html

PIRSON, L.: Klotzen - oder doch lieber Kleckern? Einkaufsführer Holz-Zentralblatt, 1999.

POHL, R.: Validierung einer Holzerntesimulation mit Hilfe speziell durchgeführter Zeitstudien, Diplomarbeit am Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik, Freising; 2005.

POIRIER, C.: Advanced Supply Chain Management, Berett-Koehler Publishers, San Francisco; 1999.

PORTER, M.: Wettbewerbsvorteile. Spitzenleistungen erreichen und behaupten, Frankfurt am Main; 1989.

PURFÜRST, T.: Berücksichtigung des Fahrereinflusses in Produktivitätsmodellen für Harvester – Methodik und erste Ergebnisse. Vortrag Forstwissenschaftliche Tagung in Weihenstephan am 7.10.2004.

REFA-Fachausschuß Forstwirtschaft: Arbeitsstudien, Arbeitsorganisation und Qualitätsmanagement in der Forstwirtschaft.. REFA–Fachbuchreihe Arbeitsgestaltung, 1. Auflage; Stuttgart, 1998.

RENNER, P.: Globalisierung und Kundenorientierung – ein Widerspruch? Anforderungen an die Logistik im globalen Netzwerk; Bayern Innovativ, Symposium „Logistik Innovativ“ mit Fachausstellung; Prien, 2000.

RETTENMEIER, J.: Mittel- und langfristige Entwicklungen der Holzindustrie als Herausforderung für gemeinsame Anpassungsprozesse mit der Forstwirtschaft, Vortrag an der Forstkammer Baden-Württemberg in Reutlingen am 17.03.2000. Quelle: http://www.holz.cc/Holz-Artikel133.html

REIGER, G.: Potential der Großsägewerke nutzen, Holz-Zentralblatt Nr. 21/2000.

RIEGER, G.: Leistung von Forstmaschinen. Forsttechnische Umschau. Forstarchiv. 55. Jahrgang, 1984.

ROEDER, H.: Entwicklungen in der Forst- und Holzwirtschaft. Vortrag Forstlicher Unternehmertag in Weihenstephan am 20.3.2003.

RÖNNQVIST, M.: Integrated routing and transportation planning, Seminarunterlagen “Forest operations and logistic planning”,FORAC Research Consortium, 2005. Quelle: http://www.forac.ulaval.ca/index.php?id=17&L=1

SALTER, R.: Electronic commerce for the New Zealand forest industry; Proceedings of the Conference “Logistics – For the Forest Industry”; New Zealand, 1997.

SAVOLA, J., JOKINEN, O.: Eine finnische Lösung für die Holzernte. AFZ-Der Wald 13/1995.

SCHITTER, S.: Logistik bei Holz Binder unter dem Einfluß des Road Pricing. Symposium „Schluß mit Leerfahrten – Neue Logistikmodelle für die euRegionale Holzwirtschaft“; Kuchl, 2003.

SCHÖNSLEBEN, P., HIEBER, R.: Gestaltung von effizienten Wertschöpfungspartnerschaften, in: BUSCH, A., DANGELMAIER, W., Integriertes Supply Chain Management, Gabler Verlag, Wiesbaden; 2002.

SCHMIDT, W., SCHULZ-SPAETHELF, J.: in GABLER LEXIKON LOGISTIK: Management logistischer Netzwerke und Flüsse, Wiesbaden; 1998.

SCHNELL, R. HILL, P., ESSER, E.: Methoden der empirischen Sozialforschung. 4. Auflage, Oldenburgverlag, München; 1993.

SCHULTE, A.: Nordrhein-Westfalen zieht Bilanz für Forst und Holz. Holz- Zentralblatt Nr. 74, 2003.

SCHWER, C.: Machbarkeitsstudie zur Implementierung von „Radio-Frequency-Identifikation"-Technologie in der Holzerntekette, Diplomarbeit am Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik, Freising; 2003.

SLAK, N. et al.: Operations Management, 1998

SOPPA, R.: ELDAT im Stau?, Forst & Technik 12/2004.

STAMPFER, K.: Optimierung von Holzerntesystemen im Gebirge, Habilitationsschrift an der Universität für Bodenkultur, Wien; 2002.

STATISTISCHES BUNDESAMT DEUTSCHLAND, Jahrbuch, Wiesbaden; 2003.

STEINLIN, H.: Gedanken über die Bereitstellung von Industrieholz. Forsttechnische Informationen Nr. 12,1966.

STEVEN, M., KRÜGER, R.: Informationssysteme für das Supply Chain Management, in: BUSCH, A., DANGELMAIER, W., Integriertes Supply Chain Management, Gabler Verlag, Wiesbaden; 2002.

STEVENS, G.: Integrating the Supply Chain. International Journal of Physical Distribution and Material Management, Volume 19, Nr. 8; 1989.

STINNES LOGISTICS: Holzverladebahnhöfe in Deutschland, Stand 15.09.2004. Quelle: http://www.stinnes-freight-logistics.de

STÖLZLE, W., HOFFMANN, A.: Herausforderungen an ein globales Supply Chain Management, in: Zentes, J. et al. (Hrsg.): Außenhandel. Marketingstrategien und Managementkonzepte, Wiesbaden; 2004.

SWOBODA, B.: Wertschöpfungspartnerschaften in der Konsumgüterindustrie. Ökonomische und ökologische Aspekte des ECR-Managements, in WiSt – Wirtschaftswissenschaftliches Studium, Heft 9; 1996.

TAYLOR, F.W.: The Principles of scientific Management, Harper & Brothers, New York, 1911.

THEES, O.: Verbesserung von Strukturen und Abläufen in der Holzerntekette, in WSL (Hrsg.) : Optimierung der Produktionskette „Holz"; 1998.

THONEMANN, U., BEHRENBECK, K., DIEDERICHS, R., GROßPIETSCH, J., KÜPPER, J., LEOPOLDSEDER, M.: Supply Chain Champions. Was sie tun und wie Sie einer werden, Financial Times Deutschland, Gabler Verlag, Wiesbaden; 2003.

THOROE, C.: Technischer Fortschritt als Triebkraft der Entwicklung. Vortrag 10. Hamburger Forst- und Holztagung, Hamburg; 2000.

TOWILL, D. R.,: Time compression and Supply Chain Management – A Guided Tour, in Supply Chain Management – An International Journal, Volume 1, Nr. 1; 1996.

VACIK, H. LEXER, M., STAMPFER, K., HOCHBICHLER, E., DÜRRSTEIN, H., SPÖRK, J. : CONES - Computergestützte Entscheidungshilfe für Verjüngungseingriffe im Seilgelände, BFW-Berichte, Wien; 2003.

VAHRENKAMP, R.: Produktions- und Logistikmanagement, München / Wien; 1994.

VDP: Leistungsbericht 2004, Verband Deutscher Papierfabriken.

VDS: Jahresbericht 2003/2004, Verband der Deutschen Säge- und Holzindustrie e.V.

VON BODELSCHWINGH, E.: Rundholztransport - Logistik, Situationsanalyse und Einsparpotentiale, Diplomarbeit am Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik, Freising; 2001.

VON BODELSCHWINGH, E., SOMMER, W.; HÖLDRICH, A.: PDA statt Stoppuhr - Neue Möglichkeiten im Bereich forstlicher Zeitstudien, AFZ-Der Wald 26/2003.

VON BODELSCHWINGH, E, PAUSCH, R.: Untersuchung zur Kombimaschine Valmet 801 Combi, Abschlußbericht des gleichnamigen Forschungsprojektes, 2003.

VON BODELSCHWINGH, E, PAUSCH, R.: Der Valmet 801 Combi – Erster Praxis Einsatz in Deutschland, AFZ-Der Wald 17/2004.

VON BODELSCHWINGH, E.: Rationalisierungsmöglichkeiten beim Rundholztransport durch das System „ValmeTrailer“. Abschlußbericht zum Forschungsprojekt der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, 2004.

VON BODELSCHWINGH, E.: Ein typisches Sinnbild für mangelnde Innovationsbereitschaft der gesamten Branche? Holz-Zentralblatt Nr. 38/2005.

VON BODELSCHWINGH, E., BAUER, J.: WBV Logistik-Studie. Optimierung der Holzernteketten und Mobilisierung im Privatwald. Abschlußbericht zum Forschungsprojekt des Deutschen Holzabsatzfonds, 2005.

VON ITZENPLITZ, C.: Logistik – der Schlüssel zum Erfolg, AFZ-Der Wald 17/2004.

VORHER, W.: Zellstoffwerke in Deutschland, AFZ-Der Wald 26/2000.

WACKER, H.: Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Sägeindustrie im europäischen Vergleich. Vortrag Deutscher Sägewerkskongreß, Würzburg; 2004.

WALDMANN, J.: in GABLER LEXIKON LOGISTIK: Management logistischer Netzwerke und Flüsse, Wiesbaden; 1998.

WALTER, H.: Bestimmungsgrößen des Schadumfangs bei unterschiedlichen Durchforstungsverfahren der Fichte mit Langkran-Radharvestern, Diplomarbeit am Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik, Freising; 2001.

WARKOTSCH, W.: Report on Log Transporting at Bruply Sawmills Cape, 1986.

WARKOTSCH, W.: Der Wald als Arbeitsplatz der Zukunft. Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Bd.12 „Forstwirtschaft im Konfliktfeld Ökologie – Ökonomie“. Dr. Friedrich Pfeil, München; 1997.

WARKOTSCH, W., ZIESAK, M.: Die Holzerntekette – Probleme und Lösungsansätze. in: Beiträge zur Walderschließung und forstlichen Arbeitswissenschaft, Schriftenreihe des Instituts für Forsttechnik, Band 8, Wien,1998.

WARKOTSCH, W.: Begrüßungsrede am 3. Forstlicher Unternehmertag in Weihenstephan am 17.06.1999.

WARKOTSCH, W.: Reengineering der Rundholzlogistik, Vortrag Deutscher Sägewerkskongress, Mainz; 2001.

WEBER, J.; DEHLER, M.: Erfolgswirkungen einer logistischen Führungskonzeption, 2001.
Quelle: http://www.whu.edu/control/logistikzentrum.de

WEBER, J.; DEHLER, M., WERTZ, B.: Supply Chain Management und Logistik, in WiSt – Wirtschaftswissenschaftliches Studium, Heft 5; 2000.

WEBER, J.; BACHER, A., GROLL, M.: Supply Chain Controlling, in: BUSCH, A., DANGELMAIER, W., Integriertes Supply Chain Management, Gabler Verlag, Wiesbaden; 2002.

WEIXLER, H.; FELLER, S. SCHAUER, H.: Produktivität und Pfleglichkeit eines Langkran-Harvesters. Bericht zum Projekt ST 33 der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. 1997.

WEGENER, G., ZIMMER, B.: Analyse der Transportketten von Holz, Holzwerkstoffen und Restholzsortimenten als Grundlage für produktbezogene Ökobilanzen. 2005.
Quelle: http://www.infoholz.de/html/f_page.phtml?p1=1121703662&p3=34439

WILDEMANN, H.: Logistik Prozeßmanagement, TCW Verlag GmbH, 1. Auflage München; 1997.

WILDEMANN, H.: Unternehmensübergreifende Logistik – Supply Chain Management, in: KOETHER, R., Taschenbuch der Logistik, Carl Hanser Verlag, Leipzig; 2004.

WITT, H.: Forschungsstrategien bei quantitativer und qualitativer Sozialforschung, in Forum Qualitative Sozialforschung (Online-Journal), Volume2, Nr. 1; 2001. Quelle: http://www.qualitative-research.net/fqs-texte/1-01/1-01witt-d.htm

WITTKOPF, S.: Bereitstellung von Hackgut zur thermischen Verwertung durch Forstbetriebe in Bayern. Dissertation Technische Universität München, 2005.

ZMP: Forst und Holz. Marktbilanz, Verlag ZMP Zentrale Markt- und Preisberichtstelle GmbH, Bonn; 2004.

Internetquellen:

www.achleitner.at am 21.09.2005

www.alucar.com am 21.09.2005

www.ecin.de/edi/loesungen , Konzepte, Lösungen und Entwicklungen – Wird das Internet EDI verdrängen? am 11.10.2004
www.glossar.de/glossar/z_edi.htm am 15.10. 2004

www.huttner.de am 20.09.2004

www.innofreight.com am 5.08.2005

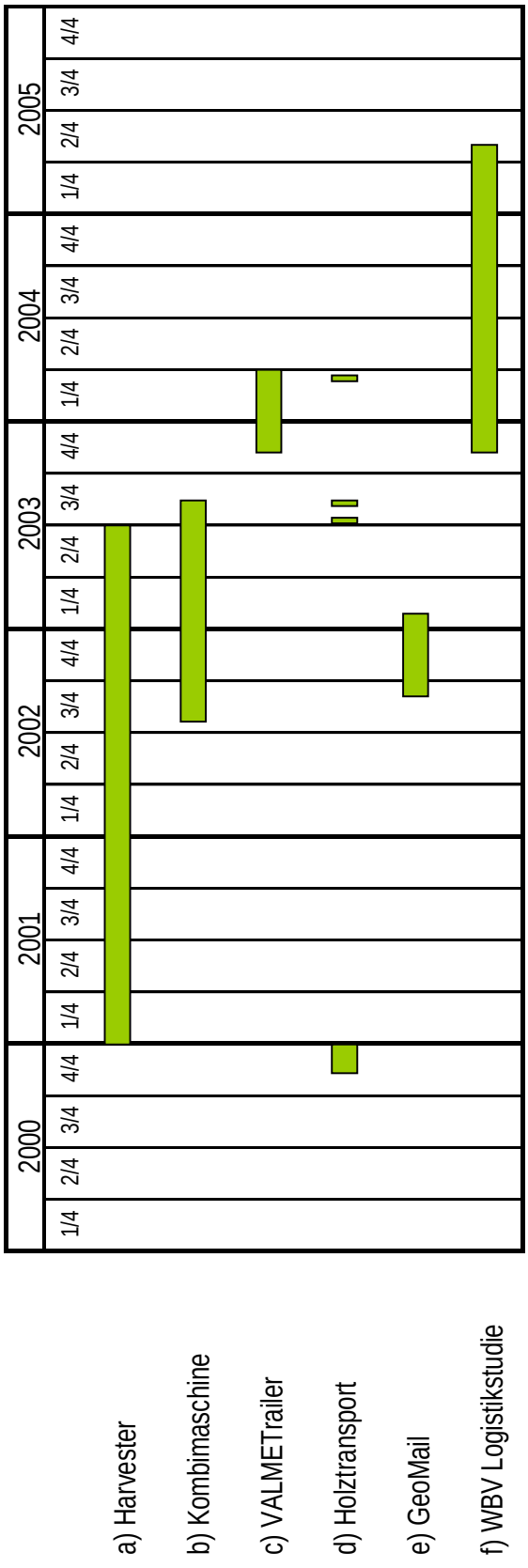
www.forsttechnik.at am 6.07.2005

www.latschbacher.at am 26.09.2004

www.logiball.de am 17.10.2005

11. Anhang

Anhang 1 : Zeitrahmen der einzelnen Projekte



Anhang 2 : Definitionen der Arbeitsablaufabschnitte (RAZ) bei zyklenweisen Zeitstudien

Zeitstudie Forwarder

Arbeitsablauf-abschnitt	Tätigkeit der Maschine	Trennpunkt (Beginn und Ende der Tätigkeit)	Bezug
Leerfahrt Waldweg, Straße	Fahren vom Entladeort zur Rückegasse auf Waldweg bzw. Forststraße	Einfahrt in Rückegasse bzw. Beginn Beladen	Strecke [m] [1]
Lastfahrt Waldweg,Straße	Fahren vom Ende der Rückegasse zum Entladeort auf Waldweg bzw. Forststraße	Ankunft am Entladeort (Polter bzw. Trailer), Räder stehen	Strecke [m] [1]
Leerfahrt Gasse	Fahren zum Beladeort auf Rückegasse (ohne Ladung)	Räder stehen, Beginn Beladen	Strecke [m] [1]
Lastfahrt Gasse	Fahren zum Entladeort auf Rückegasse (mit Ladung)	Ausfahrt Rückegasse	Strecke [m] [1]
Arbeitsfahrt Gasse	Fahrbewegungen zwischen den Beladezyklen	Räder stehen	
Kranzyklus Beladen	Greifen und Laden der Abschnitte auf den Rungenkorb	Stamm fällt aus Greifer, Ausrichten von Stämmen **inklusive**	Sortiment, Stückzahl [N]
Kranzyklus Entladen	Entladen der Abschnitte aus dem Rungenkorb auf Polter bzw. Trailer	Stamm fällt aus Greifer, Ausrichten von Stämmen **inklusive**	Sortiment, Stückzahl [N]
Sonstiges Kran Wald	Wegräumen von störenden Gipfeln bzw. Reisigmaterial	Gipfel bzw. Reisig werden aus Greifer losgelassen, liegen am Boden	
Sonstiges Kran Runge	Ausrichten von Stämmen auf dem Rungenkorb	letzter Stamm fällt aus Greifer, Fortsetzen der Ladetätigkeit	

[1)] Ablesen von Bordcomputersystem

Zeitstudie Rundholz LKW

Arbeitsablauf-abschnitt	Tätigkeit des Fahrzeugs	Trennpunkt (Beginn und Ende der Tätigkeit)	Bezug
Fahren Autobahn	Fahren auf Autobahn	Verlassen der Autobahn	Strecke [km] [2]
Fahren Landstraße	Fahren auf Landstraße	Verlassen der Landstraße	Strecke [km] [2]
Fahren Forststraße	Fahren auf Forststraße (kein Teer)	Verlassen der Forststraße (kein Teer)	Strecke [km] [2]
Arbeitsvorbereitung Laden	Ausfahren der Stützen, Kran in Arbeitsposition bringen	Beginn Ladevorgang	
Arbeitsvorbereitung Fahren	Kran in Transportstellung bringen, Stützen einfahren	Stützen eingefahren	
Kranzyklus Beladen	Greifen und Laden der Abschnitte auf das Fahrzeug	Stamm fällt aus Greifer, Ausrichten von Stämmen **inklusive**	Sortiment, Stückzahl [N]
Kranzyklus Entladen	Entladen der Abschnitte vom Fahrzeug	Stamm fällt aus Greifer, Ausrichten von Stämmen **inklusive**	Sortiment, Stückzahl [N]
Ladung sichern	Ladung mit Gurten sichern	Gurte fest verzurrt	
Ladung entsichern	Sicherungsgurte lösen	Gurte verstaut	

[2)] Ablesen von Tacho

Zeitstudie Holzlistenmanagement

Arbeitsablauf-abschnitt	Tätigkeit	Trennpunkt (Beginn und Ende der Tätigkeit)	Bezug
Listen strukturieren	Listen nach Partienummer sortieren	letzten Ausdruck abgelegt	
Kopfdaten eingeben	Eingabe der Kopfdaten der Holzliste	Schließen der Eingabemaske (Bildschirm)	HAB-Nummer
Werksabmaße eingeben	Eingabe der Vermessungsdaten	Bestätigen der Verbuchung der Liste	Volumen [Fm]
Gegenkontrolle	Abgleich der eingegebenen Daten mit Summe der Werksdaten, ggf. Fehlersuche	Signatur auf dem jeweiligen Ausdruck	

Anhang 3 : Leitfaden für die Befragung von Forstunternehmern und Einsatzleitern

1. Haben Sie neben den eigenen Maschinen noch zusätzliche Einsätze von Subunternehmern zu koordinieren?
   Falls ja, wie viele und welche Art von Maschinen.
2. Unterscheiden sich beide Varianten in der Vorplanung grundsätzlich?
3. Inwieweit betreffen Sie Ausschreibungsverfahren?
   Abgabe des eigenen Angebotes / evtl. Entscheidung für Subunternehmer.
4. Wie hoch bewerten Sie Ihren zeitlichen Aufwand für die Erstellung eines Angebotes?
   Sind weitere Ihrer Mitarbeiter integriert? [Rahmen / Durchschnitt]
5. Inwieweit spielen [bezügl. Punkt 4] unterschiedliche Hiebsgrößen & Anzahl der Sortimente eine Rolle? [250/500/1000/2000 Fm]
6. Wie schätzen Sie das Verhältnis abgegebener Angebote und erhaltener Zuschläge ein?
   Bsp. [1:3 also 33%]
7. Wo sehen Sie Verbesserungsansätze bei der Auftragsvergabe?
8. Wie beurteilen Sie die Qualität der Planungsdaten, die Sie zur Angebotserstellung von den Auftraggebern erhalten?
   Welche Planungsdaten sind NOTWENDIG? Übereinstimmung mit Realität [%]?
9. Wo sehen Sie Verbesserungsmöglichkeiten bei Forstbeamten/Privatwaldbetreuern im Bereich der mechanisierten Holzernte?
   Organisation, Technik, Kommunikation
10. Besteht Bedarf an digitalem Datenmaterial, inwieweit wird dieses derzeit verwendet?
11. Wie lang ist in der Regel der Vorlauf zwischen Angebot und Einschlagsbeginn?
    [Rahmen / Durchschnitt]
12. Schauen Sie sich grundsätzlich jeden Bestand vor der Angebotsabgabe persönlich an?
    Wie lange dauert dies in der Regel? [250/500/1000/2000 Fm]
13. Wie groß ist Ihre durchschnittliche Anfahrtsstrecke zur Bestandsbesichtigung?
    [Rahmen / Durchschnitt]
14. Ist der zuständige Forstbeamte/Privatwaldbetreuer bei der Bestandesbesichtigung vor Ort?
    In wieweit ist seine Anwesenheit für Sie persönlich wichtig?
15. Erfolgt dieses Vorzeigen der Maßnahmenflächen zusammen mit Ihren Mitbewerbern?
16. Wie beurteilen Sie die Qualität der Hiebsvorbereitung vor Ort?
    Kriterien?
17. Wo liegen aus Ihrer Sicht typische Stärken und Schwächen bei der Hiebsvorbereitung durch den Forstbeamten/Privatwaldbetreuer ?
    Welche Potentiale sind aus Ihrer Sicht dadurch realisierbar? [Rahmen / Durchschnitt]
18. Wie groß sollte Ihrer Ansicht nach das Einschlagsvolumen eines Hiebes mindestens sein?
    Bei Umsetzen auf Achse / mit Tieflader [Entfernungsgrenzen]
19. Wie beurteilen Sie die Hiebsvorbereitung in Bezug auf technische Befahrbarkeit?
20. Wie beurteilen Sie die in der Regel vorgesehenen Rückeentfernungen?
    Distanzen min – max
21. Wer weist die LKW-Fahrer beim Umsetzen der Maschinen ein?
    Probleme, Dauer
22. Können Sie einen fixen Kostensatz für das Umsetzen einer Maschine mit Tieflader nennen?
    Kalkulationspauschale, eigene Kosten
23. Welche Personen sind beim Umsetzen in der Regel beteiligt?
    Dauer?
24. Weisen Sie in der Regel Ihre Maschinenführer vor jedem neuen Hieb persönlich ein?
    Falls ja, wie lange dauert das? [Rahmen / Durchschnitt]

25. Wie oft kontrollieren Sie den Hiebsfortschritt vor Ort?
    Gründe?
26. Welche anderen Möglichkeiten nutzen Sie für den eigenen Überblick über den aktuellen Hiebstatus?
27. Wo sehen Sie diesbezüglich Verbesserungsmöglichkeiten?
28. Inwieweit sind Sie persönlich bei Reparaturmaßnahmen an den Maschinen beteiligt?
    ggf. Zeitaufwand?
29. Werden Zwischenergebnisse von Produktionslisten erstellt?
    Ausdrucke von Bordcomputer
30. Werden diese dann bei Ihnen im Büro weiterverarbeitet? Wie?
31. Wer erledigt die Eingabe dieser Daten und wie lange dauert dieser Vorgang?
    pauschal pro Hieb/Fm
32. Inwiefern sind Sie bei der endgültigen Vermessung der Holzmengen einbezogen?
33. Welche Rolle spielt diesbezüglich das Harvestermaß?
    offiziell / für ihren Betrieb
34. Falls nach Werkseingangsmaß abgerechnet wird, wann erhalten Sie dieses in der Regel?
    [Rahmen / Durchschnitt]
35. Inwieweit stimmt das Werksmaß mit dem Harvestermaß überein?
    % [Rahmen / Durchschnitt]
36. Wie hoch ist Ihr Zeitanteil bei der Endabrechung eines Hiebes?
    [Rahmen / Durchschnitt] 250/500/1000/2000 Fm
37. Wie lange ist der Zeitraum zwischen Einschlagsende und Zahlungseingang?
    [Rahmen / Durchschnitt]
38. Sind die vorgesehenen Lagerplätze in der Regel entsprechend der Hiebsmenge dimensioniert?
39. Wie beurteilen Sie die Erreichbarkeit der Lagerplätze durch LKW`s?
40. Erfolgen Abfuhren aus laufenden Hieben?
    Falls ja, wer disponiert diese?
41. Wer kontrolliert dann die laufende Abfuhr und wie?
42. Finden Direktverladungen von Trailern statt? Sind diese künftig geplant?
43. Könnten Sie Frei-Werk-Lieferungen aus logistischer Sicht anbieten?
    Wo liegen Engpässe?
44. Sehen Sie Tendenzen, diese Form der Lieferung künftig einzuführen?
    alternative Verkaufsformen? Stockverkauf?
45. Wo sehen Sie für Ihren Betrieb Vorteile der Frei-Werk-Lieferung?
46. Wo sehen Sie für Ihren Betrieb Nachteile der Frei-Werk-Lieferung?
47. Welche technischen Entwicklungen erwarten Sie im Bereich der Holzerntekette bis zum Jahr 2010?
48. Geht der künftige Trend aus Ihrer Sicht eher Richtung Allround- oder Spezialmaschinen?
    Bereich Nadelholz
49. Wie werden sich Ihrer Meinung nach die Holzerntekosten bis zum Jahr 2010 weiter entwickeln?
    Aufarbeitung/Rückung/Overhead
50. Welche Organisations- und Arbeitsformenformen werden sich Ihrer Ansicht nach entwickeln?
    Arbeitsschichten, MAS, Ausbildung der Fahrer
51. Welche möglichen Kooperationsformen sehen Sie zwischen Unternehmer, Forst und Industrie?
52. Wie beurteilen Sie die künftige Rolle von Forstunternehmer-Verbänden in Deutschland?
53. Ist eine verstärkte Funktionalisierung von Stellen im Bereich der Holzerntekette zu erwarten bzw. notwendig?
54. Wie würde sich aus Ihrer Sicht ein Idealablauf der Holzerntekette gestalten?
55. Sind die wichtigsten Punkte angesprochen worden?

Anhang 4: Aufarbeitung

Tabelle 19: Detailübersicht über die Struktur der Einzelzeiten [1]

			Ablaufabschnitt (Einzelzeit in Minuten)							
			Fahren	Positionieren	Fällen/Auf arbeiten	technische Entnahme	sonstiges Kran	AZ Fahrer	AZ Maschine	nicht auswertbar
Maschinentyp	Valmet 901	Anzahl	201	288	288	54	50	9	29	25
		Summe	59,14	43,06	237,62	23,59	10,57	27,34	113,70	12,55
		05. Perzentil	,06	,06	,30	,06	,07	,43	,26	,05
		25. Perzentil	,09	,09	,51	,13	,11	2,04	1,25	,25
		Median	,13	,12	,67	,34	,18	2,93	1,86	,46
		75. Perzentil	,20	,17	,96	,60	,26	,	3,17	,72
		95. Perzentil	1,52	,32	1,78	,	,	,	,	,
		99. Perzentil	,	,	,	,	,	,	,	,
	TJ 1270 A	Anzahl	325	445	411	25	49	9	8	5
		Summe	62,17	79,11	296,04	5,72	12,84	4,32	36,39	15,79
		05. Perzentil	,07	,08	,30	,02	,09	,17	,16	,69
		25. Perzentil	,11	,12	,50	,07	,16	,19	1,21	,94
		Median	,16	,16	,66	,13	,22	,31	3,87	4,29
		75. Perzentil	,23	,22	,87	,33	,36	,	,	,
		95. Perzentil	,48	,34	1,40	,	,	,	,	,
		99. Perzentil	,94	,63	2,04	,	,	,	,	,
	Königstiger	Anzahl	248	360	327	43	86	5	9	8
		Summe	58,73	73,53	335,69	13,73	25,73	20,20	37,69	96,16
		05. Perzentil	,07	,07	,42	,10	,07	,91	,06	,96
		25. Perzentil	,13	,12	,65	,17	,12	2,66	2,08	2,18
		Median	,18	,18	,86	,29	,18	6,01	3,51	8,83
		75. Perzentil	,28	,25	1,12	,49	,36	,	,	,
		95. Perzentil	,59	,44	2,56	,	1,17	,	,	,
		99. Perzentil	,	,81	6,73	,	,	,	,	,

Tabelle 20 : Arbeitszeitverteilung – tage-/schichtweise Auswertung [1]

		Maschinentyp			
		Valmet 901 II	Atlas Königstiger	Timberjack 1270 A	Ponsse Ergo
Betriebsstunden (Zähler) [MAS]	Mittel	7,2	7,6	6,5	6,1
	Median	8,0	8,0	7,0	6,4
	Summe	3228	3162	2615	1701
Arbeitszeit ohne Unterbrechungen [h]	Mittel	7,9	8,1	6,4	6,1
	Median	9,0	8,8	6,9	6,5
	Summe	3509	3372	2566	1706
Wartung, Reparatur [h:min]	Mittel	0:41	0:39	1:16	1:35
Sonst. Unterbr. [h:min]	Mittel	0:22	0:07	0:14	0:46
Pausen [h:min]	Mittel	0:00	0:11	0:23	0:46
Arbeit bei Dunkelheit [h:min]	Mittel	0:58	0:51	0:24	0:22

Tabelle 21 : X-Holz Funktion [1]

X-Holz Funktion:

X-Holzanteil = 0,0177 + 0,00895 * 1 / mBVol +0,0531 * VLaub / VGes

mBVol = mittleres Baumvolumen [fm] = aufgezeichnete Gesamtmenge / Baumzahl ,
VLaub = verkaufsfähiges Laubholzvolumen [fm o.R.]
VGes = Gesamtvolumen inklusive X-Holz [fm o.R.]
N = 555, korrigiertes R^2 = 0,299, Standardabweichung des Schätzers = 0,040

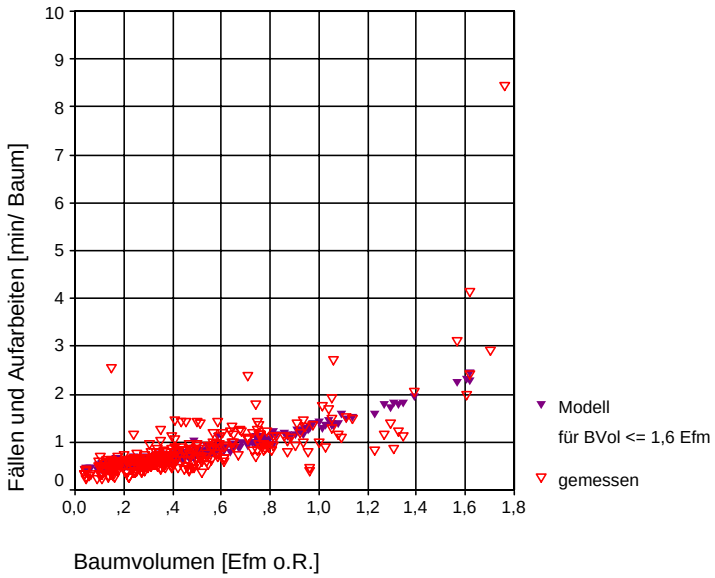
Statistik zur X-Holz Funktion:

	Nicht standardisierte Koeffizienten				
	B	Standardf ehler	Beta	T	Signifikanz
(Konstante)	1,767E-02	,003		5,694	,0000
1 / mbvol	8,950E-03	,001	,479	13,310	,0000
fm laubholz / fm gesamt	5,309E-02	,010	,200	5,553	,0000

[1] Quelle: PAUSCH, VON BODELSCHWINGH, 2003

Regressionsmodell Valmet 901

Zeitbedarf Fällen und Aufarbeiten [min/Baum] =
= 0,273 + 0,276 * BVol + 0,554 * BVol ² + 0,0446 * Stck.
N = 266, korrigiertes R² = 0,54, Standardabweichung des Schätzers = 0,322.
BVol = Baumvolumen [fm], Stck = Anzahl Sortenstücke pro Baum.



Zeitbedarf Fällen und Aufarbeiten abhängig vom Baumvolumen

Statistiken, Zeitbedarfsfunktion Fällen und Aufarbeiten

Koeffizienten[a]

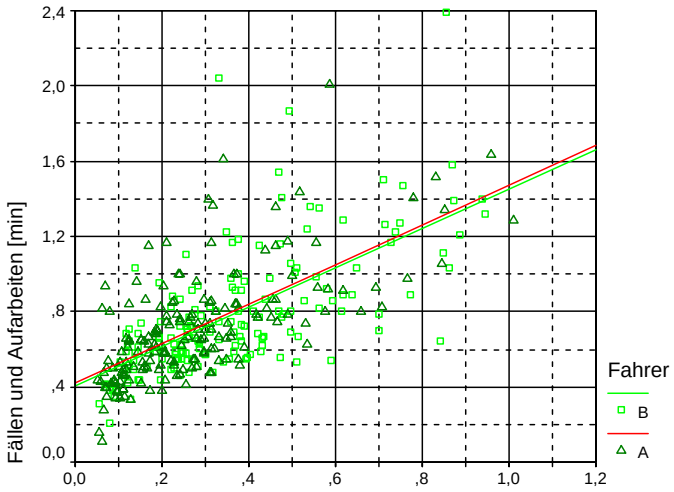
	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten		
	B	Standardfehler	Beta	T	Signifikanz
Konstante	,2730	,0802		3,406	,0008
BVol	,2759	,2013	,188	1,371	,1716
BVol²	,5543	,1404	,536	3,946	,0001
N Sortenstücke pro Baum	,0446	,0156	,124	2,866	,0045

a. Abhängige Variable: Einzelzeit Fällen Aufarbeiten [min]

Quelle: PAUSCH, VON BODELSCHWINGH, 2003

Regressionsmodell Timberjack 1270D

Zeitbedarf Fällen und Aufarbeiten [min/Baum] =
= 0 ,416 + 1,039 * BVol
BVol = Baumvolumen [fm], N = 341, korrigiertes R^2 = 0,449, Standardabweichung des Schätzers = 0,236



Efm pro Baum (Faktor 0,81)

Zeitbedarf Fällen und Aufarbeiten abhängig vom Baumvolumen

Statistiken, Zeitbedarfsfunktion Fällen und Aufarbeiten

Koeffizienten[a]

	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten		
	B	Standardfehler	Beta	T	Signifikanz
(Konstante)	,416	,024		17,662	,000
Baumvolumen [Efm]	1,039	,062	,671	16,699	,000

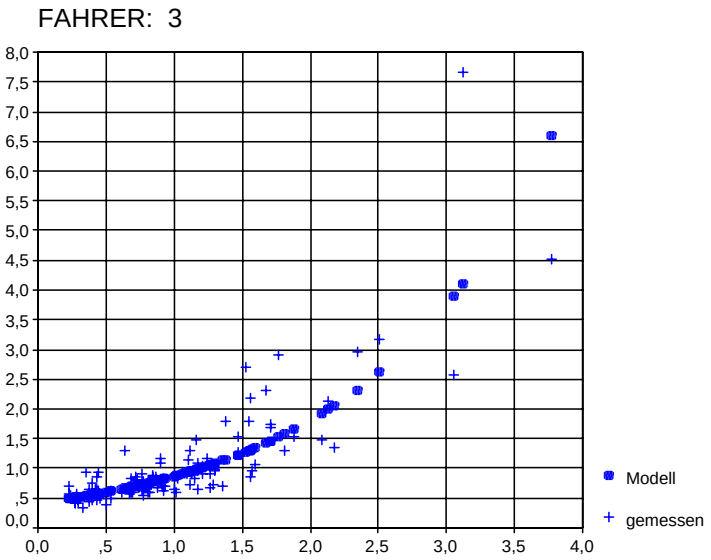
a. Abhängige Variable: Einzelzeit Fällen und Aufarbeiten [min]

Quelle: PAUSCH, VON BODELSCHWINGH, 2003

Regressionsmodell Königstiger

Fahrer 3

Zeitbedarf Fällen und Aufarbeiten [min/Baum] =
$= 0,4183 * 2,077^{BVol}$
N = 106, korrigiertes R^2 = 0,747, Standardabweichung des Schätzers = 0,274; BVol = Baumvolumen [fm]



Zeitbedarf Fällen und Aufarbeiten abhängig vom Baumvolumen

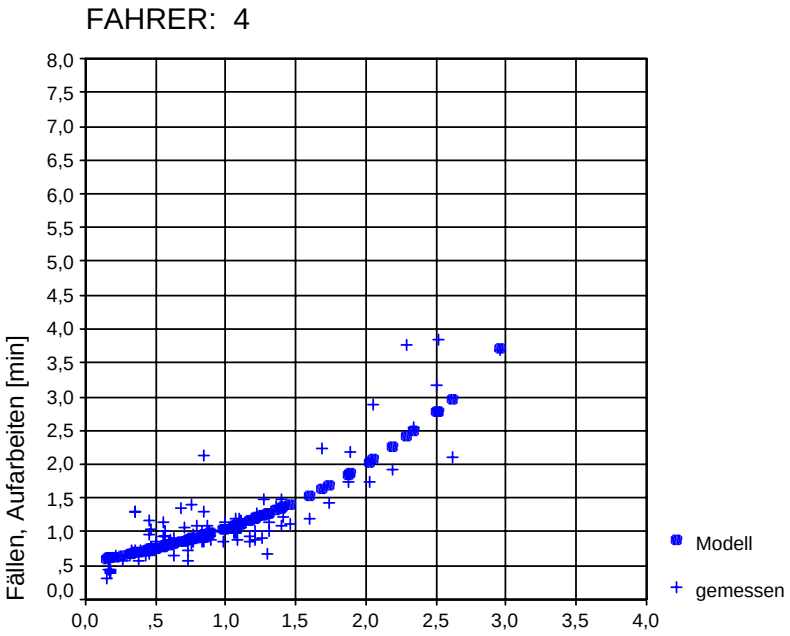
Statistiken, Zeitbedarfsfunktion Fällen und Aufarbeiten

Parameter	Standardfehler	T	Sig T
2,076682	0,085550	24,274	0,0000
0,418297	0,020771	20,138 ,	0,0000

Quelle: PAUSCH, VON BODELSCHWINGH, 2003

Fahrer 4

Zeitbedarf Fällen und Aufarbeiten [min/Baum] =
= 0 ,553 * 1,902 ^{BVol}
N = 89, korrigiertes R^2 = 0,698, Standardabweichung des Schätzers = 0,265, BVol = Baumvolumen [fm]

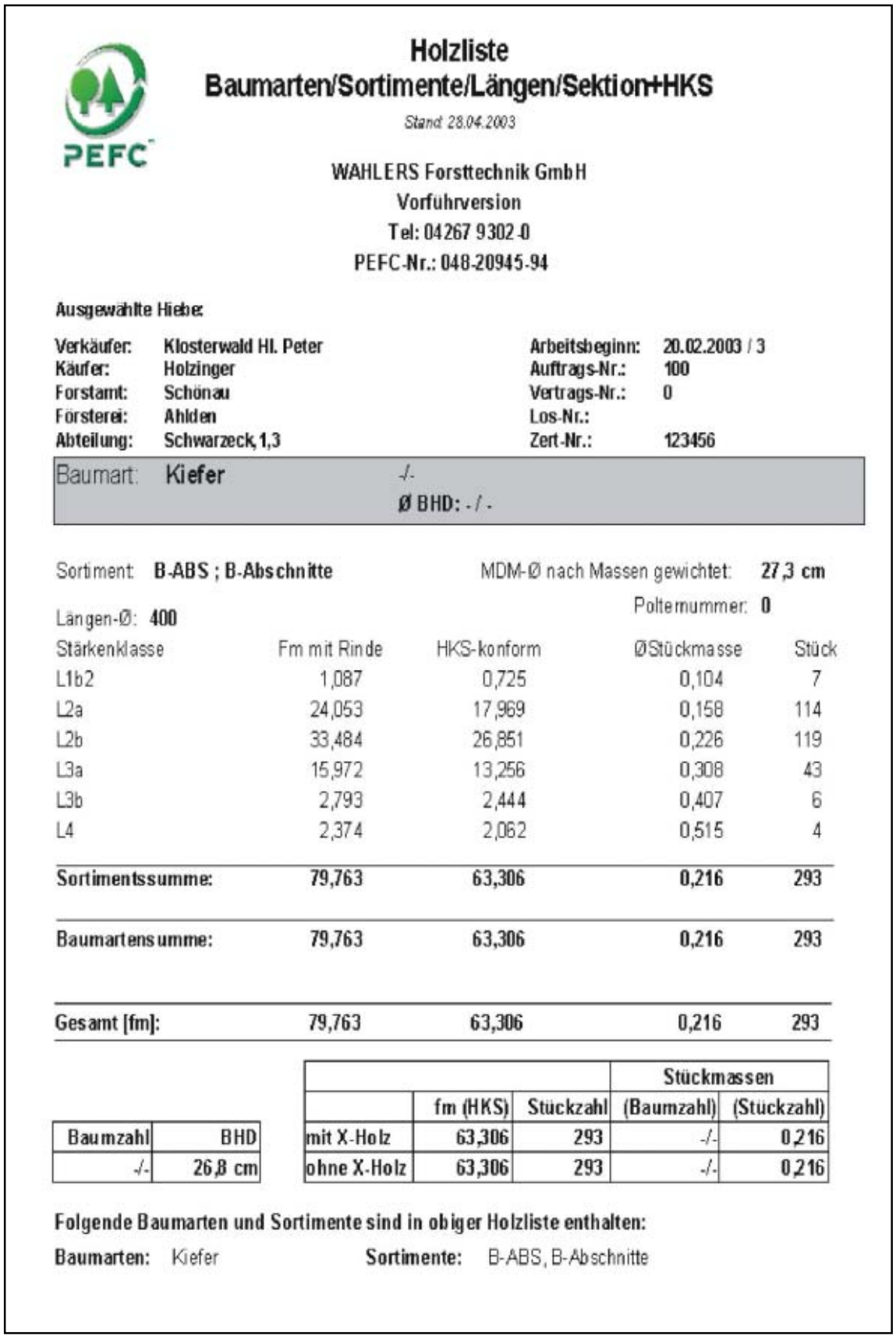


Zeitbedarf Fällen und Aufarbeiten abhängig vom Baumvolumen

Statistiken, Zeitbedarfsfunktion Fällen und Aufarbeiten

Parameter	Standardfehler	T	Sig T
1,902007	0,084957	22,388	0,0000
0,552896	0,028865	19,154 ,	0,0000

Quelle: PAUSCH, VON BODELSCHWINGH, 2003



Holzliste
Baumarten/Sortimente/Längen/Sektion+HKS

Stand 28.04.2003

WAHLERS Forsttechnik GmbH
Vorführversion
Tel: 04267 9302-0
PEFC-Nr.: 048-20945-94

Ausgewählte Hiebe:

Verkäufer:	**Klosterwald Hl. Peter**	**Arbeitsbeginn:**	**20.02.2003 / 3**
Käufer:	**Holzinger**	**Auftrags-Nr.:**	**100**
Forstamt:	**Schönau**	**Vertrags-Nr.:**	**0**
Försterei:	**Ahlden**	**Los-Nr.:**	
Abteilung:	**Schwarzeck,1,3**	**Zert-Nr.:**	**123456**

Baumart: **Kiefer** -/-
Ø BHD: - / -

Sortiment: **B-ABS ; B-Abschnitte** MDM-Ø nach Massen gewichtet: **27,3 cm**
Poltemummer: **0**
Längen-Ø: **400**

Stärkenklasse	Fm mit Rinde	HKS-konform	ØStückmasse	Stück
L1b2	1,087	0,725	0,104	7
L2a	24,053	17,969	0,158	114
L2b	33,484	26,851	0,226	119
L3a	15,972	13,256	0,308	43
L3b	2,793	2,444	0,407	6
L4	2,374	2,062	0,515	4
Sortimentssumme:	**79,763**	**63,306**	**0,216**	**293**
Baumartensumme:	**79,763**	**63,306**	**0,216**	**293**
Gesamt [fm]:	**79,763**	**63,306**	**0,216**	**293**

Baumzahl	BHD
-/-	26,8 cm

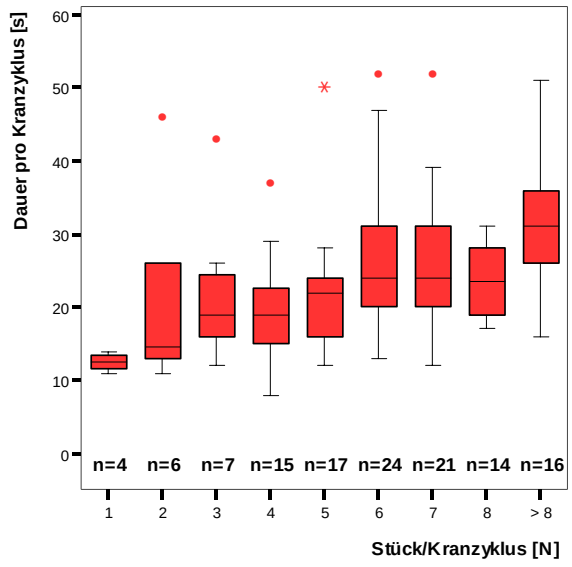
			Stückmassen	
	fm (HKS)	Stückzahl	(Baumzahl)	(Stückzahl)
mit X-Holz	63,306	293	-/-	0,216
ohne X-Holz	63,306	293	-/-	0,216

Folgende Baumarten und Sortimente sind in obiger Holzliste enthalten:

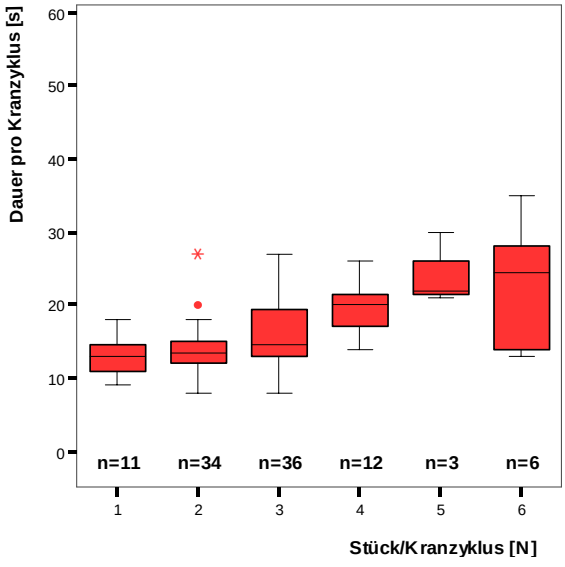
Baumarten: Kiefer **Sortimente:** B-ABS, B-Abschnitte

Abbildung 89 : Beispielauswertung der Harvestermaße mit Ponsse Optilist

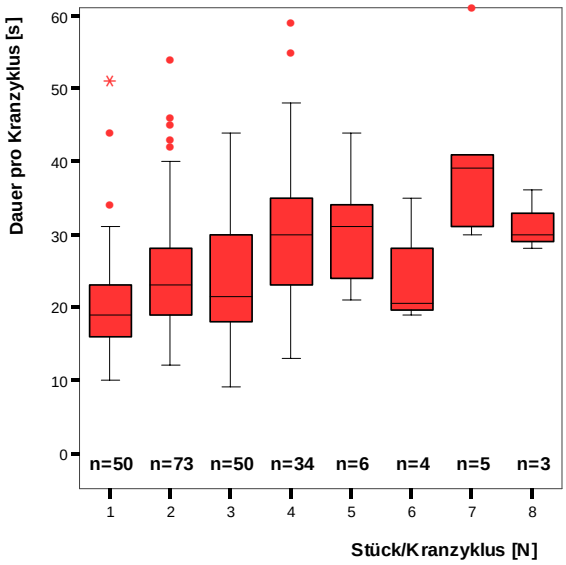
Anhang 5 : Beladedauer Forwarder



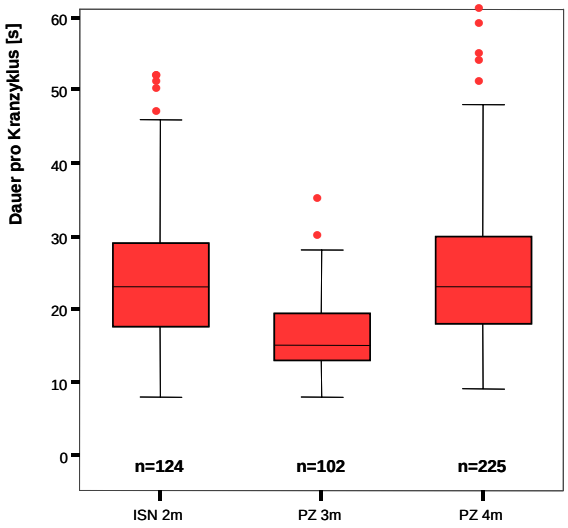
ISN 2m



PZ 3m



PZ 4m



gesamt

Zeitbedarfswerte:

Sortiment	Mittelwert [s]	Median [s]	Standard-abweichung [s]	n_gesamt
ISN 2m	24,32	23	9,41	124
PZ 3m	15,91	15	5,19	102
PZ 4m	25,24	23	9,41	225
gesamt	22,89	21	9,86	451

Anhang 6 : Funktionen der Ablaufabschnitte (Kalkulationsmodell)

<table>
<tr><th>Harvester:
Valmet 901.2</th><th>Forwarder:
Valmet 820</th></tr>
<tr><td>Leerfahrt

Dauer [s] =
17,009641 + 0,511295 * Fahrstrecke [m]

(ca. 7 km/h)</td><td>Leerfahrt

Dauer [s] =
17,009641 + 0,511295 * Fahrstrecke [m]

(ca. 7 km/h)</td></tr>
<tr><td>Arbeitsfahrt

Dauer [s] =
41,7012 + 1,1683 * Fahrstrecke [m]</td><td>Arbeitsfahrt

Dauer [s] =
41,7012 + 1,1683 * Fahrstrecke [m]</td></tr>
<tr><td>Positionieren

Gassenbäume: 6,7 s / Baum
Bäume aus Best: 7,5 s / Baum</td><td>Beladen

Dauer [s] =
39,9180 + 6,4384* NBeladen
-,0100 * NBeladen²

(gilt bis max. ca. 300 – 330 Stück pro Fuhre)</td></tr>
<tr><td>Fällen und Aufarbeiten

Fichte dominierend:

Dauer [s] =
0,273
+0,276* Bvolumen [Efm o.R.]
+0,554*Bvolumen²
+0,0446* Zahl Sortenstücke pro B.

Kiefer dominierend:

Dauer [s] =
- 0,867
+ 55,521 * Bvolumen [Efm o.R.]
+ 41,875 * Bvol ² [Efm o.R]²
+ 2,434 * Zahl Sortenstücke pro B
+ 5,981 * Zwiesel [0 , 1]
+ 3,038 * stark astig [0 , 1]</td><td>Lastfahrt

Dauer [s] =
17,009641 + 0,511295 * Fahrstrecke [m]

Entladen

Dauer [s] =
39,868 +
+ 45,343 * Holzvolumen [Efm o. R./Fuhre]
+ 1,526 * N Laden (Sa)
- 211,967

(gilt für Fuhren zwischen ca. 6 und 12 m³)

Sonstiges Kran Wald

Dauer [s/ Efm] = 6,27</td></tr>
<tr><td>Technische Entnahme

a) Erstdurchforstung mittl. Bvol <=0,25 Efm o.R.
Dauer [s/ Baum] = 1,76 (Mittel Var 1,3,5)
(Var 5 Wert ähnlich wie Var 1,3)

b) sonst:
Dauer [s/ Baum] = 0</td><td>Sonstiges Kran Runge

Dauer [s/ Efm] = 5,52

Umsetzen auf Achse

Dauer [s] = Strecke [m] / Fahrgeschwindigkeit [m/s]

∅15 km/h auf Forst- und Teerstraße</td></tr>
<tr><td>Sonstiges Kran Wald

Dauer [s/ Efm] = 2,25 (Mittel Var 4,5)</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>Umsetzen auf Achse

Dauer [s] = Strecke [m] / Fahrgeschwindigkeit [m/s]

∅ 12 km/h auf Forst- und Teerstraße</td></tr>
</table>

Quelle: VON BODELSCHWINGH, PAUSCH, 2003, mod.

Anhang 7 : Maschinenkostenkalkulation einer Harvester-Forwarder-Kombination

Tabelle 22 : Maschinenkostenkalkulation Valmet 901.2

A Eingangsdaten									
	Motorleistung	125	125	125	125	125	125	125	125
1. Anschaffungskosten		(Österreichische Forstliche Bundesversuchsanstalt, 2001)							
1	Maschine	297.000	297.000	297.000	297.000	297.000	297.000	297.000	297.000
	Zusatzgerät	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sonstiges	0	0	0	0	0	0	0	0
	Summe	297.000	297.000	297.000	297.000	297.000	297.000	297.000	297.000
2. Normale Nutzungsdauer									
	H in MAS	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000
3. Veraltungszeit									
	N in Jahren	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
4. jährliche Auslastung									
	J in MAS/a	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	3000
5. Auslastungsschwelle									
	Sw in MAS/a	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
6. Kalkulationszinsfuß									
	p in %	5	5	5	5	5	5	5	5
7. Faktor für Verzinsungsbasis (Löffler 1992, S. 72)									
	f	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
8. Restwert Maschine (Forbrig, 2000, S. 123)									
0,1	R in €	29.700	29.700	29.700	29.700	29.700	29.700	29.700	29.700
9. Reparatur- und Wart.kost.faktor									
	r	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
10. Kraftstoff									
	Verbr. l/MAS	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9
	Kosten €/l	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
11. Schmiermittel (Forbrig, 2000, S. 126)									
	Schmiermittelfaktor	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
12. Personalkosten									
	M.führerlohn	17	17	17	17	17	17	17	17
	NKZuschlag	80	80	80	80	80	80	80	80
	sonst. Std.	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17
	Anzahl (eff.)	1	1	1	1	1	1	1	1
	Hilfskraftlohn	0	0	0	0	0	0	0	0
	NKZuschlag	80	80	80	80	80	80	80	80
	sonst. Std.	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17
	Anzahl (eff.)	0	0	0	0	0	0	0	0
13. Versicherungsprämie		(Reichenbach 2002, mdl. Mitteilung, 2,15% des Neupreises bei 5000 Selbstbeteiligung)							
	€ / a	6.386	6.386	6.386	6.386	6.386	6.386	6.386	6.386
14. Steuern									
	€ / a	0	0	0	0	0	0	0	0
15. sonstige Organisations- und Verwaltungskosten, Unterstellkosten, ohne Umsetzkosten									
	€ / a	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000
B Kalkulation									
1. Fixkosten (unveränderlich)									
	1.1 Zinsen	7,43	6,36	5,57	4,95	4,46	4,05	3,71	2,97
	1.2 Versicherung	5,32	4,56	3,99	3,55	3,19	2,90	2,66	2,13
	1.3 Steuern	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1.4 Unterstellkosten	16,67	14,29	12,50	11,11	10,00	9,09	8,33	6,67
		29,41	25,21	22,06	19,61	17,65	16,04	14,71	11,77
2.Teilfixe Kosten (bedingt veränderlich)									
	2.1 Abschreibung	29,70	25,46	22,28	19,80	17,82	17,82	17,82	17,82
	2.2 Reparaturkosten	26,40	22,63	19,80	17,60	15,84	15,84	15,84	15,84
		56,10	48,09	42,08	37,40	33,66	33,66	33,66	33,66
3. Variable Kosten (voll veränderlich)									
	3.1 Treibstoff	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97
	3.2 Schmiermittel	4,39	4,39	4,39	4,39	4,39	4,39	4,39	4,39
		15	15	15	15	15	15	15	15
4. Summe Sachkosten									
		100,87	88,66	79,50	72,37	66,67	65,06	63,73	60,79
5. Personalkosten									
	5.1 Maschinenführer	35,80	35,80	35,80	35,80	35,80	35,80	35,80	35,80
	5.2 Hilfskräfte	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		35,80	35,80	35,80	35,80	35,80	35,80	35,80	35,80
6.Summe 4 + 5									
		136,68	124,46	115,30	108,17	102,47	100,87	99,53	96,59
	J in MAS/a	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	3000
7. Gesamtkosten je MAS		136,68	124,46	115,30	108,17	102,47	100,87	99,53	96,59

Tabelle 23 : Maschinenkostenkalkulation Valmet 820

A Eingangsdaten									
	Motorleistung	80	80	80	80	80	80	80	80
1. Anschaffungskosten	(Österreichische Forstliche Bundesversuchsanstalt, 2001)								
1	Maschine	186.000	186.000	186.000	186.000	186.000	186.000	186.000	186.000
	Zusatzgerät	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sonstiges	0	0	0	0	0	0	0	0
	Summe	186.000	186.000	186.000	186.000	186.000	186.000	186.000	186.000
2. Normale Nutzungsdauer									
	H in MAS	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
3. Veraltungszeit									
	N in Jahren	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
4. jährliche Auslastung									
	J in MAS/a	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	3000
5. Auslastungsschwelle									
	Sw in MAS/a	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
6. Kalkulationszinsfuß									
	p in %	5	5	5	5	5	5	5	5
7. Faktor für Verzinsungsbasis (Löffler 1992, S. 72)									
	f	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
8. Restwert Maschine (Forbrig, 2000, S. 123)									
0,1	R in €	18.600	18.600	18.600	18.600	18.600	18.600	18.600	18.600
9. Reparatur- und Wart.kost.faktor									
	r	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
10. Kraftstoff									
	Verbr. l/MAS	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
	Kosten €/l	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
11. Schmiermittel	(Forbrig, 2000, S. 126)								
	Schmiermittelfaktor	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
12. Personalkosten									
	M.führerlohn	15	15	15	15	15	15	15	15
	NKZuschlag	80	80	80	80	80	80	80	80
	sonst. Std.	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17
	Anzahl (eff.)	1	1	1	1	1	1	1	1
	Hilfskraftlohn	0	0	0	0	0	0	0	0
	NKZuschlag	80	80	80	80	80	80	80	80
	sonst. Std.	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17
	Anzahl (eff.)	0	0	0	0	0	0	0	0
13. Versicherungsprämie	(Reichenbach 2002, mdl. Mitteilung, 2,15% des Neupreises bei 5000 Selbstbeteiligung)								
	€ / a	3.999	3.999	3.999	3.999	3.999	3.999	3.999	3.999
14. Steuern									
	€ / a	0	0	0	0	0	0	0	0
15. sonstige Organisations- und Verwaltungskosten, Unterstellkosten, ohne Umsetzkosten									
	€ / a	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000
B Kalkulation									
1. Fixkosten (unveränderlich)									
	1.1 Zinsen	4,65	3,99	3,49	3,10	2,79	2,54	2,33	1,86
	1.2 Versicherung	3,33	2,86	2,50	2,22	2,00	1,82	1,67	1,33
	1.3 Steuern	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1.4 Unterstellkosten	16,67	14,29	12,50	11,11	10,00	9,09	8,33	6,67
		24,65	21,13	18,49	16,43	14,79	13,45	12,32	9,86
2.Teilfixe Kosten (bedingt veränderlich)									
	2.1 Abschreibung	18,60	15,94	13,95	12,40	11,16	11,16	11,16	11,16
	2.2 Reparaturkosten	8,27	7,09	6,20	5,51	4,96	4,96	4,96	4,96
		26,87	23,03	20,15	17,91	16,12	16,12	16,12	16,12
3. Variable Kosten (voll veränderlich)									
	3.1 Treibstoff	9,67	9,67	9,67	9,67	9,67	9,67	9,67	9,67
	3.2 Schmiermittel	3,87	3,87	3,87	3,87	3,87	3,87	3,87	3,87
		14	14	14	14	14	14	14	14
4. Summe Sachkosten									
		65,06	57,70	52,18	47,88	44,45	43,10	41,98	39,52
5. Personalkosten									
	5.1 Maschinenführer	31,59	31,59	31,59	31,59	31,59	31,59	31,59	31,59
	5.2 Hilfskräfte	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		31,59	31,59	31,59	31,59	31,59	31,59	31,59	31,59
6.Summe 4 + 5									
		96,65	89,29	83,77	79,47	76,04	74,69	73,57	71,11
	J in MAS/a	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	3000
7. Gesamtkosten je MAS		96,65	89,29	83,77	79,47	76,04	74,69	73,57	71,11

Anhang 8 : Kostenkalkulation LKW

Tabelle 24 : Kostenkalkulation Kurzholzzug

A. Technische Angaben		Maschinenwagen	Hänger	KH-Zug
Motorleistung	PS	440		440
Anzahl der Reifen	Stk.	6	4	10
z. Gesamtgewicht	t	22	18	40
Nutzlast	t			22
Anzahl der Achsen	Stk.	3	2	5
B. Kalkulationsdaten				
Jahrslaufleistung	km	120.000	120.000	120.000
Nutzungsdauer	Jahre	7	10	
Kalk. Gesamtlauleistung	km	840.000	1.200.000	
Reifenlaufleistung Achse 1	km	150.000	250.000	
Reifenlaufleistung Achse 2	km	180.000	250.000	
Reifenlaufleistung Achse 3	km	180.000		
Reifenpreis Achse 1	€	350	800	1.150
Reifenpreis Achse 2	€	1.350	800	2.150
Reifenpreis Achse 3	€	1.350		1.350
Kraftstoffverbrauch	l/100 km	40		40
Kraftstoffpreis Eigentankung	€/l	0,94		0,94
Kraftstoffpreis Fremdtankung	€/l	0,99		0,99
Anteil Eigentankung	%	75		75
Kraftstoffpreis im Durchschnitt	€/l	0,9525		0,9525
C. Kapitalwerte				
Kaufpreis netto mit Bereifung	€	170.000	33.000	203.000
Restwert	€	17.000	3.300	20.300
Wiederbeschaffungspreis Fahrzeug	€	170.000	33.000	
Wiederbesch.-Preis ohne Reifen und Restwert	€	151.300	28.100	179.400
- davon sind leistungsabhängig abzuschreiben	%	50		
- davon sind zeitabhängig abzuschreiben	%	50	100	
Umlaufvermögen	€	17.000		17.000
D. Leistungsdaten				
Jahreslaufleistung	km	120.000	120.000	120.000
Jahreseinsatzzeit	Tage	240	240	240
Tageseinsatzzeit	Std.	12	12	12

E. Kostenrechung	Maschinenwagen	Hänger	KH-Zug	Auswertung	
Kostenart	€ / a	€ / a	€ / a	Cent / km	€ /d
Abschreibung	10.807		10.807	9,01	45,03
Kraftstoffkosten	45.720		45.720	38,10	190,50
Schmierstoffe / Öle	685,8		686	0,57	2,86
Reifenkosten	2.080	768	2.848	2,37	11,87
Reparaturen / Wartung	14.571	1.584	16.155	13,46	67,31
variable Fahrzeugkosten	**73.864**	**2.352**	**76.216**	**63,51**	**317,57**
Jahresbruttolohn / Fahrer	28.000		28.000		116,67
Fahrerfaktor	1,2		1,2		
Jahresbruttolohn / Fahrzeug	33.600		33.600		140,00
Sozialaufwendungen	10.080		10.080		42,00
Spesen	4.800		4.800		20,00
Fahrerpersonalkosten	**48.480**		**48.480**	**40,40**	**202,00**
Verzinsung des Umlaufvermögens	1.619		1.619		6,75
Verzinsung des Anlagevermögens	5.100	990	6.090		25,38
Abschreibung	10.807	2.810	13.617		56,74
Kfz-Steuer	1.560		1.560		6,50
LKW Maut	0		0		0,00
Kfz.-Versicherungen	5.500	1.000	6.500		27,08
Transportversicherungen	600		600		2,50
Kommunikation	600		600		2,50
fixe Fahrzeugkosten	**25.786**	**4.800**	**30.586**	**25,49**	**127,44**
Verwaltungskosten (15%)			26.597	22,16	110,82
Fahrzeugbetriebskosten, gesamt			**181.879**	**151,57**	**757,83**

F. Auswertung

Durchschnittskosten bei 120.000 km/a Laufleistung

	Im Einsatz	Im Stillstand
pro Monat	**15.156,60 €**	**8.805,24 €**
pro Tag	**757,83 €**	**440,26 €**
pro Stunde	**63,15 €**	**36,69 €**
pro Kilometer	**1,52 €**	

Quelle: Rhenus Logistics, mod.

Tabelle 25 : Kostenkalkulation Sattelzug (Trailer)

A. Technische Angaben		Zugmaschine	Auflieger	Sattelzug
Motorleistung	PS	440		440
Anzahl der Reifen	Stk.	6	6	12
z. Gesamtgewicht	t	17	23	40
Nutzlast	t			25
Anzahl der Achsen	Stk.	2	3	5
B. Kalkulationsdaten				
Jahrslaufleistung	km	120.000	120.000	120.000
Nutzungsdauer	Jahre	7	10	
Kalk. Gesamtlauleistung	km	840.000	1.200.000	
Reifenlaufleistung Achse 1	km	150.000	250.000	
Reifenlaufleistung Achse 2	km	180.000	250.000	
Reifenlaufleistung Achse 3	km	180.000	250.000	
Reifenpreis Achse 1	€	350	800	1.150
Reifenpreis Achse 2	€	1.350	800	2.150
Reifenpreis Achse 3	€	1.350		1.350
Kraftstoffverbrauch	l/100 km	35		35
Kraftstoffpreis Eigentankung	€/l	0,94		0,94
Kraftstoffpreis Fremdtankung	€/l	0,99		0,99
Anteil Eigentankung	%	75		75
Kraftstoffpreis im Durchschnitt	€/l	0,9525		0,9525
C. Kapitalwerte				
Kaufpreis netto mit Bereifung	€	85.000	30.000	115.000
Restwert	€	8.500	3.000	11.500
Wiederbeschaffungspreis Fahrzeug	€	85.000	30.000	
Wiederbesch.-Preis ohne Reifen und Restwert	€	74.800	25.400	100.200
- davon sind leistungsabhängig abzuschreiben	%	50		
- davon sind zeitabhängig abzuschreiben	%	50	100	
Umlaufvermögen	€	12.500		12.500
D. Leistungsdaten				
Jahreslaufleistung	km	120.000	120.000	120.000
Jahreseinsatzzeit	Tage	240	240	240
Tageseinsatzzeit	Std.	12	12	12

E. Kostenrechung	Zugmaschine	Auflieger	Sattelzug	Auswertung	
Kostenart	€ / a	€ / a	€ / a	Cent / km	€ /d
Abschreibung	5.343		5.343	4,45	22,26
Kraftstoffkosten	40.005		40.005	33,34	166,69
Schmierstoffe / Öle	600		600	0,50	2,50
Reifenkosten	2.080	768	2.848	2,37	11,87
Reparaturen / Wartung	7.286	1.440	8.726	7,27	36,36
variable Fahrzeugkosten	**55.314**	**2.208**	**57.522**	**47,93**	**239,67**
Jahresbruttolohn / Fahrer	28.000		28.000		116,67
Fahrerfaktor	1,2		1,2		
Jahresbruttolohn / Fahrzeug	33.600		33.600		140,00
Sozialaufwendungen	10.080		10.080		42,00
Spesen	4.800		4.800		20,00
Fahrerpersonalkosten	**48.480**		**48.480**	**40,40**	**202,00**
Verzinsung des Umlaufvermögens	1.190		1.190		4,96
Verzinsung des Anlagevermögens	2.550	900	3.450		14,38
Abschreibung	5.343	2.540	7.883		32,85
Kfz-Steuer	1.560		1.560		6,50
LKW Maut	0		0		0,00
Kfz.-Versicherungen	3.500	1.000	4.500		18,75
Transportversicherungen	600		600		2,50
Kommunikation	600		600		2,50
fixe Fahrzeugkosten	**15.343**	**4.440**	**19.783**	**16,49**	**82,43**
Verwaltungskosten (15%)			17.203	14,34	71,68
Fahrzeugbetriebskosten, gesamt			**142.988**	**119,16**	**595,78**

F. Auswertung

Durchschnittskosten bei 120.000 km/a Laufleistung

	Im Einsatz	Im Stillstand
pro Monat	**11.915,66 €**	**7.122,19 €**
pro Tag	**595,78 €**	**356,11 €**
pro Stunde	**49,65 €**	**29,68 €**
pro Kilometer	**1,19 €**	

Quelle: Rhenus Logistics, mod.

Anhang 9 : Leitfaden für die Befragung von Fuhrunternehmen

Stammdaten

Datum

Fuhrunternehmen: _____

Firmensitz, PLZ.: _____

Büroausstattung

□ Fax □ PC □ mit Internetzugang

Fahrzeugtypen

Typ	LH	KH	SA	Trailer
Anzahl				

LH = Langholzfahrzeug; KH = Kurzholzfahrzeug; SA = Sattelauflieger

Festes Auftragsverhältnis

Anzahl Stammkunden [N] und Liefervolumen [%] _____

_____

Arbeitstage

□ 5 Tagewoche □ 6 Tagewoche

Samstag **als Arbeitstag** ist : □ sehr wichtig □ wichtig □ eher unwichtig □ k.A.

Könnten längere Anlieferzeiten den Samstag als Arbeitstag ersetzen ?

□ ja □ bedingt □ nein □ k.A.

Anteil Leerfahrten_____ %

Fahrzeugkosten_____ *€ / Std.*

Auswertungsbogen - Werk

Fuhrunternehmen:_____ **Datum:** _____
Uhrzeit: _____

Fahrzeugtyp(Leergewicht mit/ohne Kran):_____
□ Kurzholzzug □ Sattelauflieger □ Langholzfahrzeug

Transportentfernung: _____km
Anteil Autobahn: _____km

Waldgebiet: □ bekannt □ unbekannt
Waldbesitzer: □ Staatswald □ Privatwald □ Kommunalwald
Lagerort/Weg: □ bekannt □ unbekannt
Einweisung: □ Waldbesitzer □ Händler/Käufer □ keine

Frachtauftrag:
□ telefonisch (mobil) □ telefonisch (Büro) □ Fax □ _____
□ persönlich aus erster Hand □ aus zweiter / dritter Hand
für □ einen Tag □ 2-3 Tage □ Woche

Weitere Infos:
□ Holzliste □ Abfuhrschein □ Kartenmaterial □ Skizze □ _____

Verteilzeiten:
Warten auf Einweisung _____min (5/15/30/>30)
Telefonische Rücksprachen _____min

Probleme: □ Verfahren □ Wegzustand
□ Schranke □ Sonstige

Sortiment/Länge: □ 2 m □ 4 m ____ m lang
Poltergröße: _____fm/rm,
falls kleiner als LKW-Ladung ⇒ Anzahl Zuladungen
⇒ zeitl. Zusatzaufwand_____min.

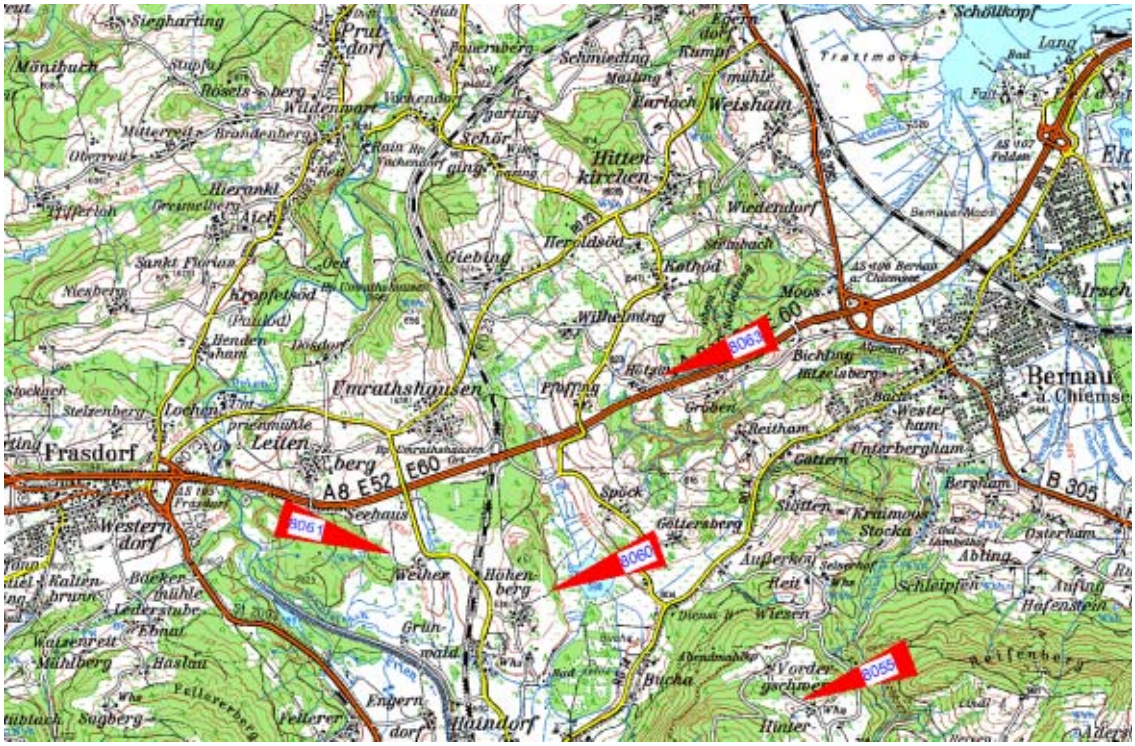
Wartezeit im Werk:
- *Verwiegen* □ keine □ 10 min □ 10-20 min
□ 30 min □ bis 1 Stunde □ > 1 Stunde

- *Holzplatz/Entladung* □ keine □ 10 min □ 10-20 min
□ 30 min □ bis 1 Stunde □ > 1 Stunde

Anhang 10 : Beispiel für Lagepläne

a) In ungeeignete Karte händisch eingezeichnet, per Fax verschickt

b) Gleiche Holzpolter in der elektronischen TOP50 markiert und als PDF Anhang per E-mail verschickt



Anhang 11 : Materialflüsse und Durchlaufzeiten

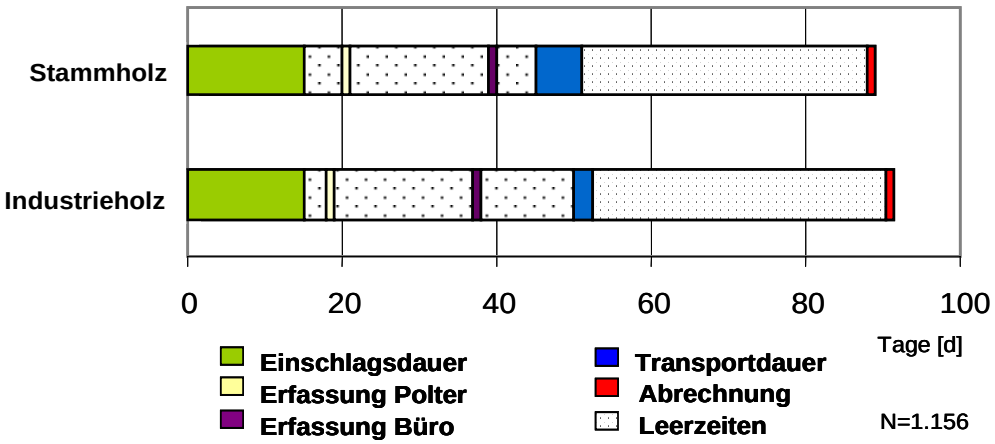


Abbildung 90 : Durchlaufzeiten von Stammholz und Industrieholz (inkl. Papierholz)

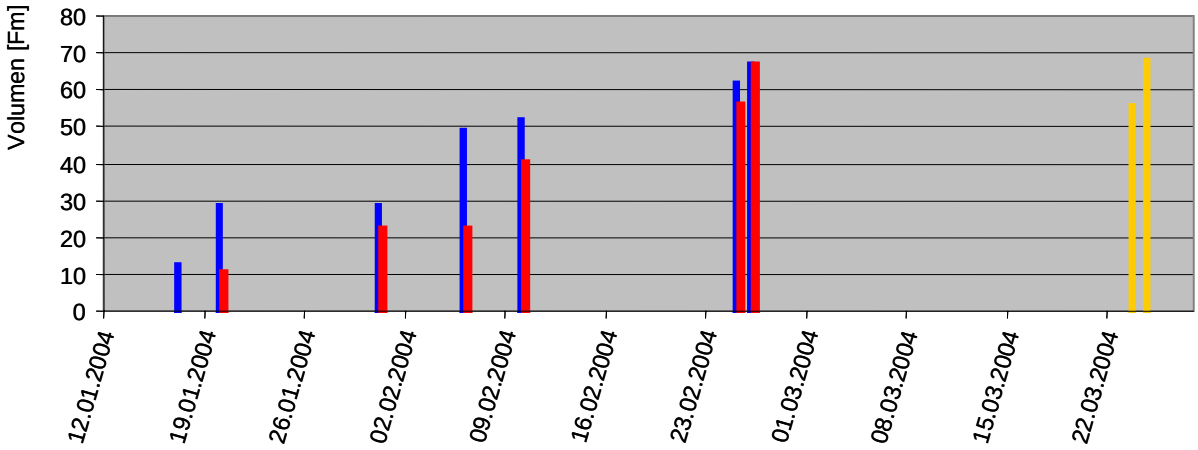


Abbildung 91 : Motormanuelle Holzernte im Starkholz, kurz; Gesamtdurchlaufzeit 67 Tage

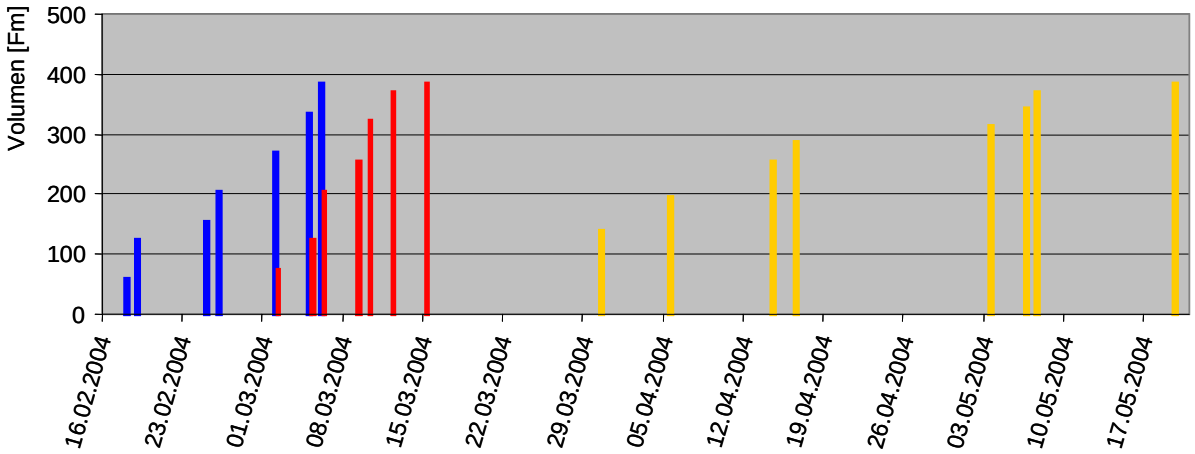


Abbildung 92 : Motormanuelle Holzernte im Starkholz, lang, Gesamtdurchlaufzeit 91 Tage

Anhang 12 : Planungsdaten - Aufarbeitungsauftrag

Aufarbeitungsauftrag

WBV Traunstein e.V.
Binderstraße 8
83278 Traunstein
Tel 0 86 1 / 20 99 738
Fax 0 86 1 / 20 99 739
wbv.ts@t-online.de

Flächennummer	**10101**	**geschätzte Hiebsmenge [Fm]**	**120**

Waldbesitzer

Name: **Leopold Hartl**
Straße: **Am Marktplatz 6**
PLZ Ort: **86443 Wunsdorf**

Zusatzleistungen

Aufarbeitung **inkl**. Rückung von Brennholz (Gipfelholz, Krumme, Faule, etc.)	☑	**20,00 €**
Zufällen bzw motormanuelle Aufarbeitung starkastiger Bäume	☐	
Beiseilen von Bäumen/Abschnitten mit Schlepperwinde	☐	
Direkte Abrechnung zwischen Waldbesitzer und Fa. Mayr		

Einsatzbedingungen

	Zuschlag	**Aufarbeitungspreis**
Stückmasse des ausscheidenden Bestandes > 0,5 Fm	0,00 €	
Rückeentfernung bis 400 m	0,00 €	
Gassenabstand 25 m	0,00 €	
Gesamtanfall von mindestens 500 Einheiten pro Auftragsblock	0,00 €	
Hanglagen bis 15 % Steigung	0,00 €	
Grundpreis		**17,50 €**

Zusammenhängende bzw. nahe beieinander liegende Teilflächen, die vom Harvester auf Achse über Forststraßen erreicht werden können ohne Umbauten zur öffentlichen Verkehrssicherheit, bilden einen Auftragsblock. Im Auftragsblock kann auf der Teilfläche die anfallende Mindestmenge geringer als 100 Einheiten sein.

Sückmasse 0,31 - 0,5 Fm	**Zuschlag 1**	1,00 €	☐	
Stammasse 0,15 - 0,3 Fm	**Zuschlag 2**	2,00 €	☐	
Rückeentfernung 401 - 800 m	**Zuschlag 3**	0,50 €	☑	0,50 €
Rückeentfernung weiter als 800 m	**Zuschlag 4**	1,00 €	☐	
Gassenabstand bis 30 m	**Zuschlag 5**	2,00 €	☐	
Gassenabstand über 30 m	**Zuschlag 6**	3,00 €	☐	
Die Mindestmenge beträgt 100 Einheiten.				
Mengenanfall 201 - 499 Einheiten	**Zuschlag 7**	1,00 €	☐	
101 - 200 Einheiten	**Zuschlag 8**	2,00 €	☑	2,00 €
Weichböden (Bänder)	**Zuschlag 9**	1,00 €	☐	
Hanglagen über 15 % Neigung	**Zuschlag 10**	1,00 €	☐	
	Gesamtpreis			**20,00 €**

Bemerkungen

Kalamitätsholz separat Lagern!
Wird als eigenes Sortiment an Fa. Oberreiter vermarktet

Abbildung 93 : Basisdaten einer Teilfläche des Aufarbeitungsauftrages

Aufarbeitungsauftrag

WBV Traunstein e.V.
Binderstraße 8
83278 Traunstein
Tel 0 86 1 / 20 99 738
Fax 0 86 1 / 20 99 739
wbv.ts@t-online.de

Zuständiger Holzvermittler

Josef Penz; Seethal 4, Telefon 0864/112360, Mobil 0170/1000923

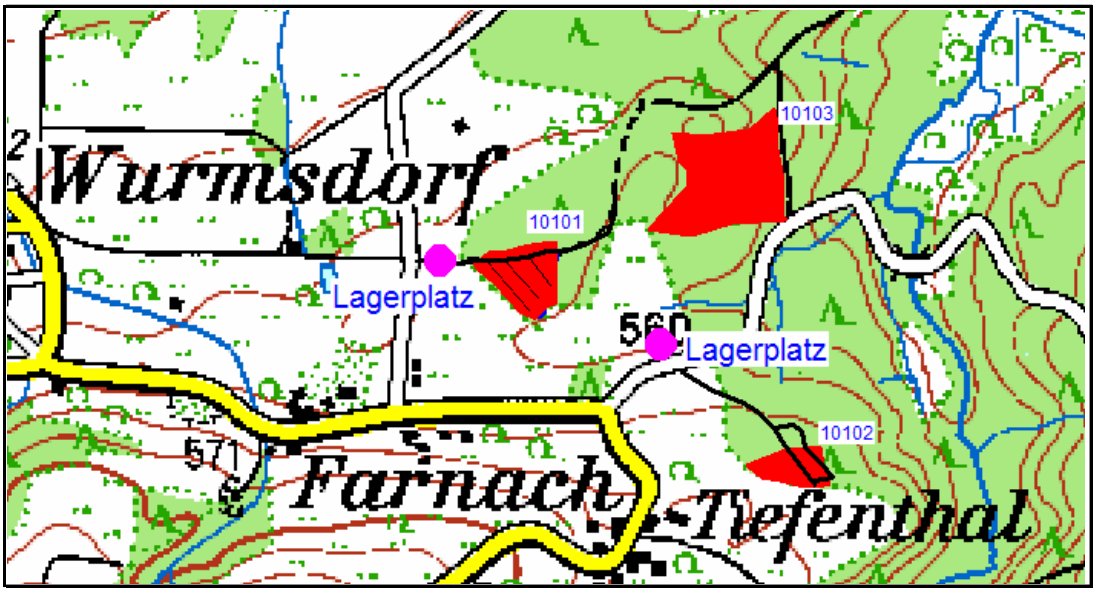
WALDORT: Chieming **EINSATZ-NR 101**

EINSATZZEITRAUM [KW] **6-8** **Schätzmenge [Fm]** **660**

Teilflächenübersicht

Waldbesitzer	Flächennummer	Schätzmenge [Fm]	Aufarbeitungspreis [€/Fm]
Leopold Hartl	10101	120	**20,00 €**
Peter Komrad	10102	240	**17,50 €**
Bernhard Vogel	10103	300	**18,50 €**

Lageplan



Bemerkung

Fläche 10010 Brennholz aufarbeiten und rücken.
Fläche 10013 kann nur bei Trockenheit gerückt werden.

Abbildung 94 : Gesamtübersicht eines Aufarbeitungsauftrages

Anhang 13: Vergleich beobachtete vs. berechnete Produktionsleistungen

Maschinenkosten

	Harvester Valmet 901.2	Forwarder Valmet 830
Maschinenkosten [€/Std.]	102,47	76,04
Jährliche Auslastung [h/a]	2.000	2.000
tägliche Arbeitszeit MAS [Std/d]	9	11
Anteil AZ [%]	20	20
Ladevolumen [Efm]	-	10

Hiebsmerkmale

Fichte dominierend	◉	Kiefer dominierend	○
Erntevolumen [Efm]	1.463		
Erntevolumen inkl. X Holz [Efm]	1.539	mittl. Baumvolumen [Efm]	0,27
Eingriffstärke [Efm/ha]	70	Anteil Zwiesel [%]	10
Anzahl Sortimente [N]	3	Anteil stark astig [%]	20
Gassenabstand [m]	20	∅ Gassenlänge [m]	160
Anteil Gassenaufhieb [%]	20	∅ Rückeentfernung [m]	220
Umsetzen auf Achse [km]	21	Umsetzen Tieflader [km]	0
Datum Einschlagsbeginn	18.01.05	Datum Rückebeginn	21.01.05

Transport

Nutzlast Rundholz LKW [t]	22	Anzahl LKW [N]	2
Einfache Transportentfernung [km]	125	Autobahnanteil [%]	80
Anfahrtsentfernung in Wald [km]	10		
		Transportleistung [Fm/d]	110,0
Touren pro Tag [N]	2	Arbeitszeit pro Tag [Std]	7,3
Kosten Autobahnmaut [€/Km]	0,12		

Abfuhrbeginn

ab Hiebsende ▼ 500

Abbildung 95 : beobachtete Hiebsmerkmale - Eingangsdaten Kalkulationsmodell

Aufarbeitungsblock WBV Traunstein, vgl. Abbildung 88, S. 172

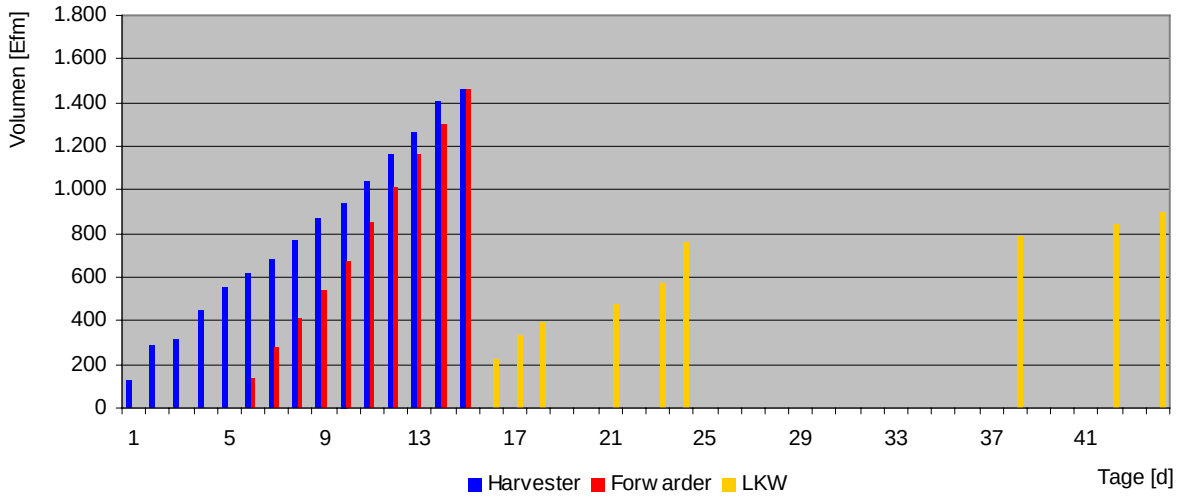


Abbildung 96 : beobachtete Produktionsleistungen (Timberjack 1270D, Timberjack 810C)

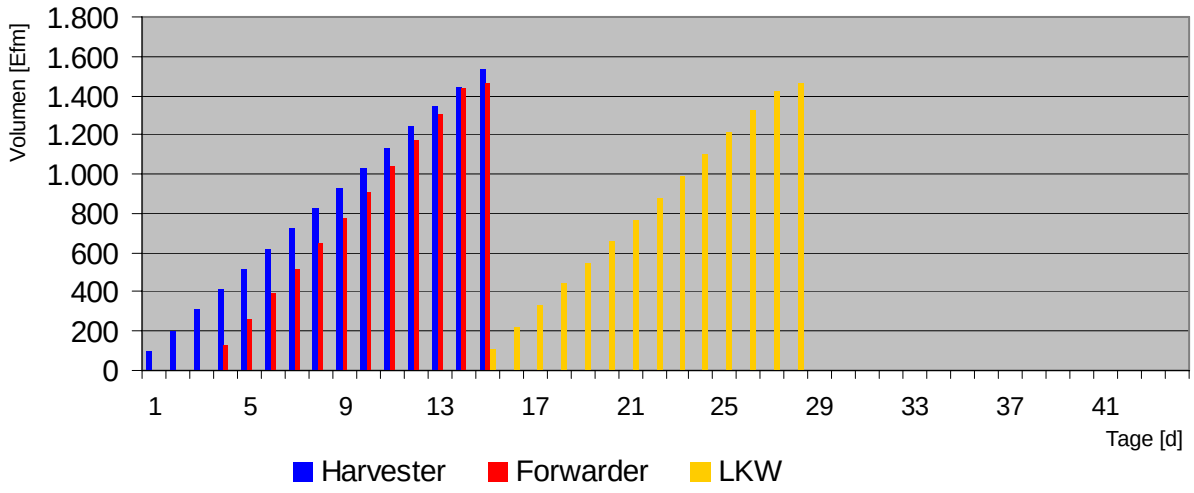


Abbildung 97 : Ergebnisse Kalkulationsmodell, Abfuhrbeginn NACH Hiebsende

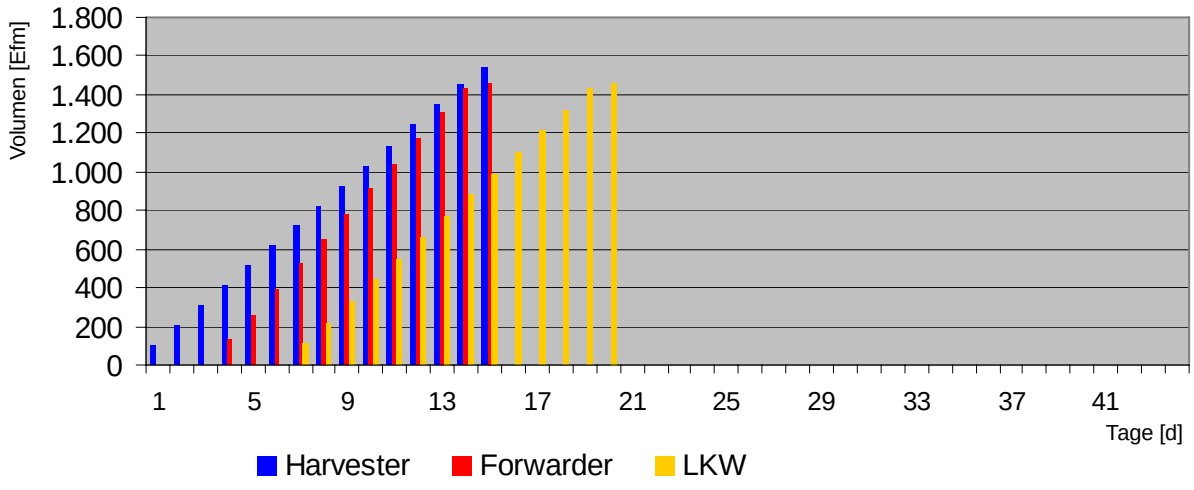


Abbildung 98 : Ergebnisse Kalkulationsmodell, Abfuhrbeginn bei Rückevolumen von 500 Efm