



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Wald- und Boden-
wissenschaften

Netzwerk Holz

Endbericht

Klaus Friedl
Christian Kanzian
Karl Stampfer

Oktober 2004



<http://www.fpp.at>
<http://www.holzindustrie.at>
<http://www.boku.ac.at/forstt>

Fachverband  
der Holzindustrie 
Österreichs  

VORWORT

Einsparungspotenziale entlang der Wertschöpfungskette Holz lassen sich nur durch ein Zusammenspiel von allen am Produktionsprozess Beteiligten realisieren. Genauso kann ein Projekt nur dann erfolgreich abgewickelt werden, wenn die daran beteiligten Partner gemeinsam die gesetzten Ziele erarbeiten. So ist auch das vorliegende Projekt von einer Vielzahl von Institutionen und Personen mitgestaltet und unterstützt worden.

Die Idee zum Projekt "Netzwerk Holz" wurde im Kooperationsabkommen Forst-Platte-Papier (FPP) entwickelt. Mit der Durchführung ist das Institut für Forsttechnik (Prof. Hubert Dürrstein) beauftragt worden. Die Finanzierung erfolgte durch das Kooperationsabkommen FPP unter Beteiligung des Fachverbandes der Holzindustrie-Berufsgruppe Sägeindustrie. Durch die Kooperation des Auftraggebers mit dem Holzcluster Steiermark konnten Ergebnisse dessen Logistik-Projektes in das vorliegende Projekt einfließen.

Bei einer Studie mit derartig vielen potentiellen Nutznießern ist die Projektsteuerung von enormer Bedeutung. Dazu ist von den Auftraggebern eine Steuerungsgruppe und ein erweitertes Projektteam eingerichtet worden, welche von Dipl.-Ing. Christian Benger geleitet werden. Seinen Teams und ihm sei dafür gedankt, dass der Leitsatz „Kommunikation der kurzen Wege“ nicht nur eine Worthülse blieb.

Die Projektbearbeitung steht und fällt mit dem zur Verfügung stehenden Team. Auf Seiten der BOKU hat es während der Projektlaufzeit verschiedenste Personalveränderungen gegeben, was eine kontinuierliche Projektbearbeitung erschwerte. Dennoch war es möglich den kumulierten Endbericht zeitgerecht fertig zu stellen, woran folgende Personen maßgeblichen Anteil hatten: Dipl.-Ing. Klaus Friedl, Dipl.-Ing. Christian Kanzian und Dipl.-Ing. Peter Daxner. Prof. Hubert Dürrstein, Dr. Ewald Pertlik und Gernot Schiffmann standen dem Projekt nicht bis zum Ende der Laufzeit zur Verfügung, aber auch Ihnen sei für die Beiträge zur erfolgreichen Projektabwicklung gedankt.

Um die Einsparungspotenziale durch ein unternehmensübergreifendes Netzwerk bewerten zu können, sind zwei virtuelle Netzwerke in den Regionen Steiermark und Oberösterreich/Salzburg gebildet worden. Die Gruppe Steiermark wurde von Prof. Josef Scheff koordiniert, in Oberösterreich/Salzburg wurde diese Funktion von Dipl.-Ing. Dominik Bancalari wahrgenommen. Beiden gebührt großer Dank für intensive Gespräche und Unterstützung bei allen möglichen Problemen. Den beteiligten Unternehmen aus der Forst-, Säge- und Papierindustrie möchte ich für die Bereitschaft zur Mitarbeit und zur Verfügung Stellung der Daten danken. Gleiches gilt für die Frachtunternehmer und Forstbetriebe, welche sich an der Fracht- und Qualitätsstudie beteiligt haben.

Zuletzt möchte ich mich bei Dipl.-Ing. Gabriele Herzog und Dipl.-Ing. Dietmar Hagauer von FPP für die reibungslose organisatorische Abwicklung dieses Projektes bedanken.

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung.....	1
1.1	Problemstellung.....	1
1.2	Zielsetzung.....	2
2	Management von Wertschöpfungsketten	3
2.1	Supply Chain Management	3
2.2	Unternehmensnetzwerke	3
2.3	Steuerung von Netzwerken	6
2.3.1	Balanced Scorecard.....	7
2.3.2	Kennzahlensysteme.....	8
2.3.3	Kennzahlen für ein Netzwerk Holz	10
3	Methodische Vorgangsweise.....	12
3.1	Grund- und Prozessdatenerhebung	12
3.2	Frachtstudie	13
3.2.1	Datenerhebung	14
3.2.2	Datenaufbereitung.....	17
3.2.3	Statistische Analyse	18
3.3	Qualitätsstudie	19
3.3.1	Versuchslayout.....	19
3.3.2	Forstbetriebe	20
3.3.3	Datenerhebung	20
3.3.4	Datenaufbereitung.....	22
3.3.4.1	Pilzartenspektrum	22
3.3.4.2	Feuchtigkeit.....	23
3.3.4.3	Temperatur	23
3.3.4.4	Flächenbestimmung.....	23
3.3.5	Statistische Analyse	25
4	Ergebnisse	26
4.1	Grund- und Prozessdaten	26
4.1.1	Grunddatenvergleich.....	26
4.1.2	Prozessdatenanalyse.....	28
4.1.2.1	Forst.....	28
4.1.2.2	Säge	31
4.1.2.3	Papier.....	34
4.1.3	Problemidentifikation.....	35

4.2	Frachtstudie	37
4.2.1	Ladezeiten im Wald.....	37
4.2.2	Distanzen Wald - Werk	44
4.2.3	Ankunfts- und Verweilzeit im Werk.....	46
4.2.4	Transport Wald - Bahnhof	63
4.2.5	Modell Fahrzeit-Distanz	65
4.2.6	Diskussion der Ergebnisse.....	67
4.3	Qualitätsstudie	69
4.3.1	Eckdaten der Untersuchung.....	69
4.3.2	Standortsabhängige Verblauung.....	73
4.3.3	Entwicklung eines Prognosemodells.....	78
4.4	Einsparungspotenzial durch Netzwerke	81
4.4.1	Optimierungen bei der Holzernte	81
4.4.2	Optimierung des Holztransports.....	85
4.4.3	Reduktion der Lagerschäden	87
4.4.4	Reduktion der Lagerbestände	88
4.4.5	Gesamtdarstellung der Potenziale	91
5	Schlussfolgerungen	93
6	Zusammenfassung	94
7	Literatur	95
8	Anhang.....	97
8.1	Glossar.....	97
8.2	Abbildungsverzeichnis.....	99
8.3	Tabellenverzeichnis.....	103
8.4	Beispiel für eine Prozessdarstellung	105

1 EINLEITUNG

1.1 Problemstellung

Die österreichische Forstwirtschaft ist geprägt durch eine sehr heterogene Waldbesitzerstruktur mit einer Vielzahl von unterschiedlichsten Interessen und sehr hohem Traditionsbewusstsein. Das Holzproduktionspotenzial in Österreich ist sehr hoch, wird aber gerade im bäuerlichen Bereich nur bedingt ausgeschöpft. Gleichzeitig verschärft die zunehmende Globalisierung der Märkte die Wettbewerbssituation, was sinkende Holzpreise bei ständig steigenden Produktionskosten bedingt. Um den Kostensteigerungen entgegenzuwirken versucht man die Produktionsprozesse möglichst zu mechanisieren und die Verwaltungseinheiten schlank zu gestalten. Im Kleinwald - und teilweise auch gemeinsam mit dem Großwald - sind Kooperationen gegründet worden, mit den Hauptzielen Holzernte und Holzverkauf gemeinsam durchzuführen. Die Umsetzung dieser Maßnahmen ist für Gebirgsbedingungen richtungsweisend, nichtsdestotrotz sind auch zukünftig alle Rationalisierungsmöglichkeiten zur Sicherstellung der Wettbewerbsfähigkeit auszuschöpfen.

Auf Seite der Österreichischen Säge- und Papierindustrie können Tendenzen in Richtung Konzentration von betrieblichen Strukturen und einer Internationalisierung der Industriestandorte - Werke in den ehemaligen osteuropäischen Ländern - identifiziert werden. Auch die Wettbewerbssituation für Säge und Papier ist geprägt von Globalisierung, was wiederum konsequentes Ausschöpfen von möglichen Einsparungspotenzialen notwendig macht.

Herkömmliche Ansätze zur Effizienzsteigerung in der Holzproduktion - wie Optimierung von einzelnen Teilprozessen - reichen nicht mehr aus, um die anstehenden Probleme bewältigen zu können. Deshalb werden in der Holzverarbeitenden Industrie immer mehr Grundsätze und Ideen zu Fertigungs-, Lagerungs- und Beschaffungsstrategien aus dem industriellen Bereich angewandt, die teilweise auch auf Seite der Holzproduzenten unterstützt werden.

Fasst man diese Strategien unter dem Begriff Supply Chain Management zusammen, dann können folgende Punkte herausgegriffen werden (Kummer, 2001; Alard et al., 1999): (1) Prozessorientierte Planung und Steuerung der Informations- und Materialflüsse, (2) Integration aller beteiligten Partner und (3) Abbau von Informationsbarrieren zwischen den Partnern entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Grundvoraussetzung für modernes Supply Chain Management ist die Gründung eines unternehmens- und branchenübergreifenden Netzwerkes.

Durch die traditionell enge Verschränkung von Forst-, Säge- und Papierindustrie ist die Wertschöpfungskette Holz besonders für ein derartiges Netzwerk prädestiniert. Beispiele für die erfolgreiche Implementierung von Holznetzwerken gibt es allerdings erst in Ansätzen. In Skandinavien herrschen vertikal integrierte Betriebe vor, deren Steuerung direkt beim Verbraucher oder bei großen Waldbesitzerverbänden angesiedelt ist.

Die Übertragbarkeit der Skandinavischen Erfahrungen auf mitteleuropäische Verhältnisse ist nur teilweise möglich, weshalb eine Analyse der Holzproduktionsprozesse und der Rahmenbedingungen für Holznetzwerke unter Gebirgsbedingungen unerlässlich ist. Auch sind keine Untersuchungen bekannt, welche die Einsparungspotenziale aufgrund der Netzwerkbildung bewerten.

Probleme innerhalb der Wertschöpfungskette ergeben sich vor allem an den Schnittstellen zwischen den Forstbetrieben und der Säge- sowie Papierindustrie. Diese äußern sich in Form von langen Transport- und Lagerzeiten und Diskussionen über die Verantwortung dafür. Vorliegende Untersuchungen beziehen sich meist auf alternative Transporttechnologien, eine umfassende Problemanalyse über den konventionellen Holztransport gibt es für österreichische Verhältnisse nicht. Lange Durchlaufzeiten vom Umschneiden des Baumes bis zum Einschnitt im Werk beeinflussen die Qualitäts- und damit Erlösentwicklung von Holz ganz maßgeblich. Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Lagerdauer und Qualitätsverlust in Folge von Verblauung sind nicht bekannt.

1.2 Zielsetzung

Ziel des vorliegenden Projektes ist eine Optimierung der Wertschöpfungskette Holz vom Wald zu den Holzverarbeitenden Betrieben. Im Detail sollen folgende Fragen geklärt werden:

- Evaluierung von unterschiedlichen Netzwerkmodellen für Wertschöpfungsketten.
- Entwicklung eines Kennzahlensystems für die Steuerung und Bewertung von Unternehmensnetzwerken.
- Durchführung einer Prozessdatenerhebung und Problemidentifikation entlang der Wertschöpfungskette Holz für zwei regionale Gruppen (Steiermark und Oberösterreich/Salzburg).
- Analyse von Problemen und Herausforderungen beim Transport des Holzes vom Wald zum Werk.
- Herleitung von Zusammenhängen zwischen Lagerdauer und Qualitätsverlusten durch Verblauung von Fichten-Rundholz.
- Entwicklung von Prognosemodellen für die Verblauung.
- Ermittlung des Einsparungspotenzials durch ein Netzwerk Holz für zwei regionale Gruppen.

2 MANAGEMENT VON WERTSCHÖPFUNGSKETTEN

2.1 Supply Chain Management

Als **Supply Chain** (Lieferkette, logistische Kette oder auch Wertschöpfungskette) wird ein unternehmensübergreifendes virtuelles Organisationsgebilde (Netzwerk) bezeichnet, das als gesamtheitlich zu betrachtendes Leistungssystem spezifische Wirtschaftsgüter für einen definierten Zielmarkt hervorbringt (Net-Lexikon, 2004).

Supply Chain Management (SCM) ist derzeit einer der dominierenden Begriffe im wirtschaftlichen Geschehen und gilt als Schlüssel zur Lösung vieler Probleme, die mit Mängeln in der Arbeitsorganisation und der optimalen Gestaltung von Arbeitsprozessen verbunden sind. Supply Chain Management ist als Konzept charakterisiert, das auf kooperativer Basis sämtliche Akteure einer Wertschöpfungskette integriert. Zentrale Aufgabe des SCM ist die Gestaltung der Beziehungen zwischen den Akteuren in der Wertschöpfungskette.

Das Supply Chain Management zielt auf eine langfristige (strategische) und kurzfristig (operative) Verbesserung von Effektivität und Effizienz industrieller Wertschöpfungsketten (Net-Lexikon, 2004). Vier Grundprinzipien bestimmen das Management von Wertschöpfungsketten:

- Kundenorientierung.
- Kooperationsprinzip.
- Informationsprinzip.
- Effizienzprinzip.

Logistikmanagement als Teil des Supply Chain Managements plant, implementiert und steuert den effizienten und effektiven Hin- und Rückfluss von Gütern, Diensten und damit verbundenen Informationen zwischen dem Ursprung und Verbrauchspunkt, sodass die Anforderungen der Kunden erfüllt werden (Net-Lexikon, 2004).

2.2 Unternehmensnetzwerke

Netzwerke sind ein hybrides Phänomen, in dem Kooperation und Wettbewerb nebeneinander existieren. Primäres Ziel von Unternehmensnetzwerken ist die Realisierung von Wettbewerbsvorteilen. Es werden dabei nicht nur die eigenen, sondern auch die Ziele und Interessen der Partner berücksichtigt, um die Steigerung des Zielerfüllungsgrades aller Netzwerkpartner zu ermöglichen. Ihre Begründung finden Netzwerke in so genannten Win-Win-Situationen.

Neben positiven Effekten weisen Netzwerke aber auch ein gewisses Risikopotenzial auf, woraus sich Herausforderungen ergeben:

- Opportunistisches Verhalten der Einzelunternehmen.
- Ausgleich von Kooperation und Wettbewerb.
- Systembeherrschung durch Netzwerkpartner.
- Unterschiedliche Unternehmenskulturen.
- Kompetenzverlust und Abhängigkeiten.
- Koordination.
- Beitragsorientierte Nutzenverteilung.

Die Merkmale Kooperationssteuerung, Kooperationsausrichtung, Wirkung der Kooperation und die kombinatorische Verknüpfung der Merkmalsausprägungen ermöglichen eine weitgehend überschneidungsfreie Netzwerktopologie (Tabelle 1).

Tabelle 1: Merkmale für Netzwerktopologie.

Merkmal	Ausprägung		
Kooperationssteuerung	polyzentrisch	hierarchisch	
Kooperationsausrichtung	horizontal	vertikal	diagonal
Ausrichtung der Kooperation	strategisch	operativ	

Wird das Kriterium Kooperationssteuerung herangezogen, dann lassen sich (1) hierarchische und (2) polyzentrische Netzwerke unterscheiden. Hierarchische Netzwerke werden sehr oft durch ein fokales Unternehmen strategisch geführt, meist dadurch ausgedrückt, dass ein Unternehmen aufgrund seiner Marktmacht eine dominante Rolle im Netzwerk ausübt. Beim polyzentrischen Netzwerk existieren dagegen gleichberechtigte Beziehungen zwischen den am Netzwerk beteiligten Unternehmen.

In Bezug auf die Kooperationsausrichtung können horizontale, vertikale und diagonale Formen auftreten, wobei je nach Ausrichtung der Kooperationswirkung strategische als auch operative Erscheinungsformen existieren.

Unabdingbar für den Erfolg einer Netzwerkkooperation ist es, Vertrauen zwischen den Partnern zu schaffen und zu verstärken. Hierbei ist im Besonderen die Quantifizierung und Verteilung des zu erwartenden Mehrwerts (Quasirente) zu berücksichtigen. Ein für zukünftige Benchmarkingprozesse durchgeführtes Pilotprojekt sollte daher neben der laufenden Prozessgestaltung und –verbesserung zu einer transparenten Darstellung des durch die Kooperation gewonnenen Vorteils führen.

Da die beiden Schlüsselfaktoren Vertrauen der Marktpartner und Verteilung des Kooperationserfolgs in der Praxis als besonders kritisch anzusehen sind, empfiehlt es sich – modellunabhängig - diese Faktoren von einem Intermediär wahrnehmen zu lassen (Abbildung 1), um zu einer überparteilichen Lösung zu kommen. Bei der Realisierung eines Netzwerkes mit Intermediär sind verschiedene Varianten möglich, welche sich durch den konkreten Aufgabenbereich des Intermediärs, den Schnittstellen zur Industrie bzw. zum Forst und durch die Möglichkeit bei den einzelnen Partnern Kosten abzubauen, unterscheiden (Holzcluster Steiermark, 2002).

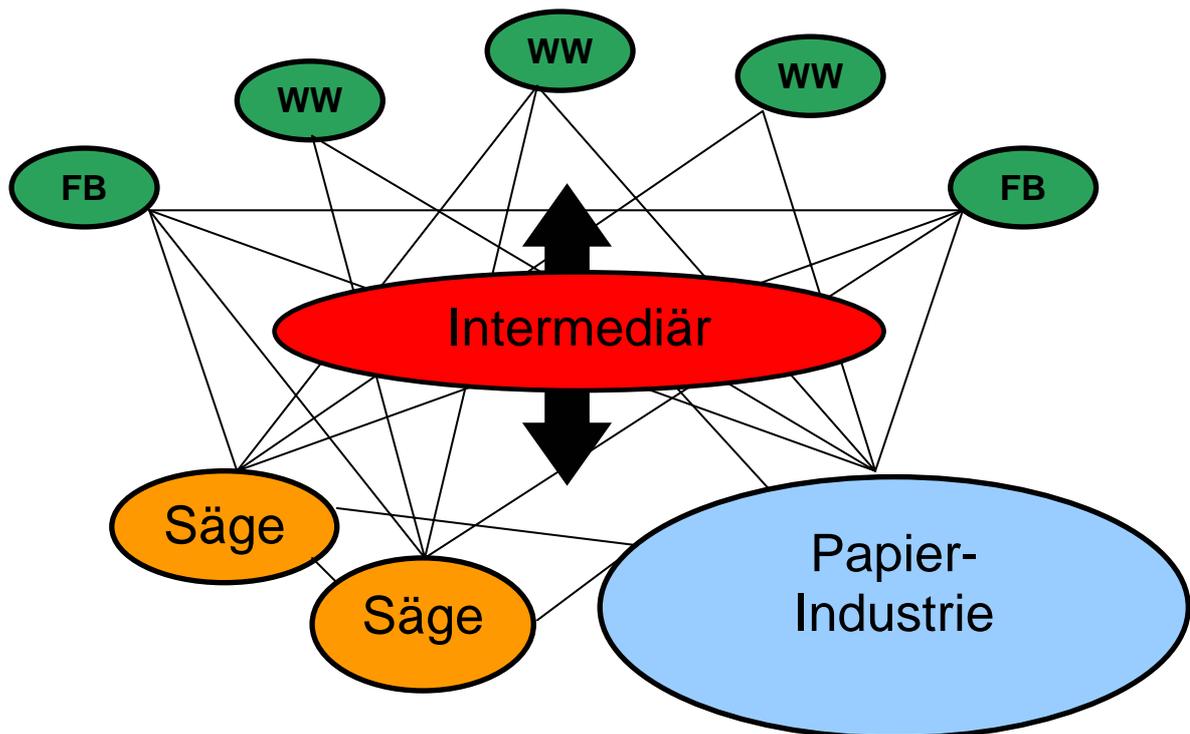


Abbildung 1: Intermediär – Grundprinzip der Organisationsstruktur.

Der Holzcluster Steiermark (2002) sieht folgende Aufgaben, die über die Organisationseinheiten (vorhandene Strukturen in Forst, Säge und Papier bzw. neu zu schaffende Einheiten) verteilt werden müssen:

- Bündelung der Bedarfsmeldung aller Abnehmer (Erstellung eines gesamten Bedarfsprofils über das gesamte Jahr).
- Zusammenführung der möglichen Liefermengen aus den verschiedenen Regionen (Lieferprofil über das Jahr).
- Abgleich der Bedarfs- und Lieferprofile und Analyse der Mehr- oder Minder-mengen über das Planungsjahr.
- Anpassung der Lieferprofile an das Bedarfsprofil und Maßnahmensetzung für nicht ausgleichbare Minder-mengen (z.B. Import).
- Vertragliche Fixierung der Bedarfs- und Lieferprofile mit den Lieferanten und Abnehmern.
- Planung der Transportbewegungen und Optimierung der Frachten.
- Vertragsgestaltung mit den Frächtern.
- Aufbau eines Systems zur laufenden Überwachung der tatsächlichen Erntemengen, Anlieferungen, Lagerstände, Bedarfsschwankungen bei den Abnehmern etc. – diese Daten müssen den beteiligten Unternehmen auch laufend zur Verfügung gestellt werden.
- Laufende Analyse der Daten und Durchführung eventueller Steuerungsmaßnahmen (Ausgleich zwischen den Abnehmern, Mehr- und Minder-mengen bei der Ernte vereinbaren, Anpassungen bei den Transportbewegungen etc.).
- Abrechnung mit den Lieferanten und Abnehmern.
- Verwaltung des Anreizsystems und Abrechnung eventueller Bonifikationen.
- Verrechnung mit den Frächtern und Führen einer Frächterbeurteilung.
- Normierung des Übernahmesystems.
- Einkaufs- und Verkaufsaktivitäten.

2.3 Steuerung von Netzwerken

Da ein Netzwerk aus unterschiedlichen Unternehmen besteht und damit verschiedene und teilweise auch gegensätzliche Ziele vorhanden und zu koordinieren sind, ist eine zentrale Fragestellung, wie die Steuerung und Bewertung der Prozesse in einer Wertschöpfungskette wahrgenommen wird.

Das Management einer Wertschöpfungskette hat, ob autonom oder gemeinschaftlich wahrgenommen, lenkende, gestaltende und entwickelnde Funktion. Dies bedeutet die Wertschöpfungskette unter Kontrolle zu halten um bestimmte Ziele zu erreichen, eine zweckorientierte Einheit zu schaffen und zu erhalten sowie die in der Wertschöpfungskette ablaufenden Prozesse zu bewerten und weiterzuentwickeln.

Aus der Sicht eines SCM-Ansatzes lassen sich für die Steuerung und Bewertung einer Kooperation folgende Anforderungen ableiten:

- Planungs- und Kontrollsystem: Eine Kooperation entlang der Wertschöpfungskette kann durch fehlendes Vertrauen ernsthaft gefährdet werden. Aufgabe eines Kontroll- und Bewertungssystems besteht hierbei in der Schaffung von Vergleichsmaßstäben, der notwendigen Transparenz und der Sicherstellung einer gerechten Verteilung der Vorteile einer Wertschöpfungskette.
- Informationssystem: Zusammenführung der Informationssysteme auf einer einheitlichen und konsistenten Netzwerkebene um einen durchgängigen Informationsfluss sicherzustellen.
- Unternehmensübergreifende Koordination: Abstimmung der unterschiedlichen Interessen und Aktivitäten hinsichtlich Planung, Kontrolle und Informationsversorgung der Netzwerkpartner.

Für diese Steuerungs- und Bewertungsaufgaben benötigt man geeignete Instrumente, die derzeit jedoch erst in Ansätzen vorliegen. Ein mögliches Instrument zur Steuerung und Bewertung von Wertschöpfungsketten stellt die Balanced Scorecard dar.

2.3.1 Balanced Scorecard

Die Balanced Scorecard (BSC) wurde Anfang der 90er Jahre von Kaplan und Norton (1997) mit dem Ziel entwickelt, ein Bewertungssystem zu finden, das nicht einseitig auf finanzielle Kennzahlen fokussiert ist. Wettbewerbsvorteile im Informationszeitalter gründen sich nicht nur mehr auf physischem Anlagevermögen sondern auch auf Prozessfähigkeiten, Human Resources, Flexibilität, Kundentreue und Ausstattung mit Informations- und Kommunikationssystemen. Diese wurden in bestehenden Bewertungssystemen nur unzureichend oder gar nicht eingebunden. Typisch für die Balanced Scorecard ist der Stakeholder-Bezug, d.h. eine Ausweitung der Berichterstattung und Bewertung auf den gesamten sozialen Kontext einer Unternehmung um die Bedürfnisse der unterschiedlichen Ansprüche in Einklang zu bringen.

Die Balanced Scorecard kann als Subsystem des Controllings betrachtet werden und erweitert das klassische Controlling bezüglich des Informationsumfangs und der Anspruchsgruppen unter besonderer Berücksichtigung der Strategieumsetzung.

Nach Kaplan und Norton (1997) ist der Einsatzbereich der Balanced Scorecard flexibel und in seinen Möglichkeiten noch nicht am Ende der Entwicklung angelangt. Die primäre Anwendung der Balanced Scorecard liegt derzeit im Einsatz bei strategischen Geschäftseinheiten von Unternehmen.

Da die Balanced Scorecard sowohl ein Informations- als auch ein Steuerungsinstrument darstellt, stehen die Kennzahlenfunktionen Beurteilungsgröße, Ursachenermittlung und Indikator im Informationsbereich im Vordergrund und im Steuerungsbereich bei der Umwandlung von strategischen Zielen in messbare Kennzahlen, die als Zielvorgaben dienen.

Hindernisse beim Einsatz einer Balanced Scorecard im Supply Chain Management:

- Unterschiedliche Zielsysteme der Unternehmen führen zu Problemen bei der Festlegung strategischer Ziele für die gesamte Wertschöpfungskette.
- Unzureichende Datengrundlagen.
- Unterschiedliche Informations- und Kommunikationssysteme (IuK-Systeme) der einzelnen Unternehmen, was den Informationsaustausch erschwert.
- Mangelndes Vertrauen und mangelnde Weitergabe von Informationen.
- Unterschiedliche Unternehmenskulturen.
- Fehlende Aufmerksamkeit im Top Management (beide Ansätze - BSC und SCM - sollten aufgrund ihrer strategischen Ausrichtung top-down geführt werden).

Erfolgsfaktoren eines BSC geführten Supply Chain Managements:

- Übereinkunft der Führungskräfte.
- Vertrauensbasis auf partnerschaftlicher Beziehung.
- Persönliche Beziehungen zwischen den Mitarbeitern des Unternehmensnetzwerkes.
- Überzeugung hinsichtlich der Notwendigkeit eines überbetrieblichen Datentransfers.
- Integration von unternehmensübergreifenden Informations- und Kommunikationssystemen.
- Gemeinsame Teams.
- Gemeinsame Ziele und Wertvorstellungen.
- Ausgeglichene Machtverhältnisse.
- Gegenseitige Abhängigkeit.
- Intensive Kommunikation.
- Gerechte Verteilung gemeinsamer Erfolge.

2.3.2 Kennzahlensysteme

Der charakteristische Anspruch der Balanced Scorecard liegt in der Berücksichtigung unterschiedlicher Anspruchs- und Interessensgruppen und der Ausgewogenheit der Kennzahlen. Kaplan und Norton (1997) schlagen einen Rahmen von vier Perspektiven für die Kennzahlen vor (Abbildung 2), der sinnvollerweise ergänzt werden kann. Die Perspektiven dienen der Strukturierung der Ziele und Kennzahlen, deren konkrete Ausgestaltung ist aufgrund der Strategie spezifisch vorzunehmen. Die vier Perspektiven der Scorecard ermöglichen ein Gleichgewicht von kurzfristigen und langfristigen Zielen, zwischen gewünschten Ergebnissen und den Leistungstreibern für diese Ergebnisse sowie zwischen harten Zielkennzahlen und weicheren, subjektiveren Messwerten. Eine übersichtliche Auswahl wesentlicher Kennzahlen soll zwischen 15 und 20 liegen (Kaplan und Norton, 1997).

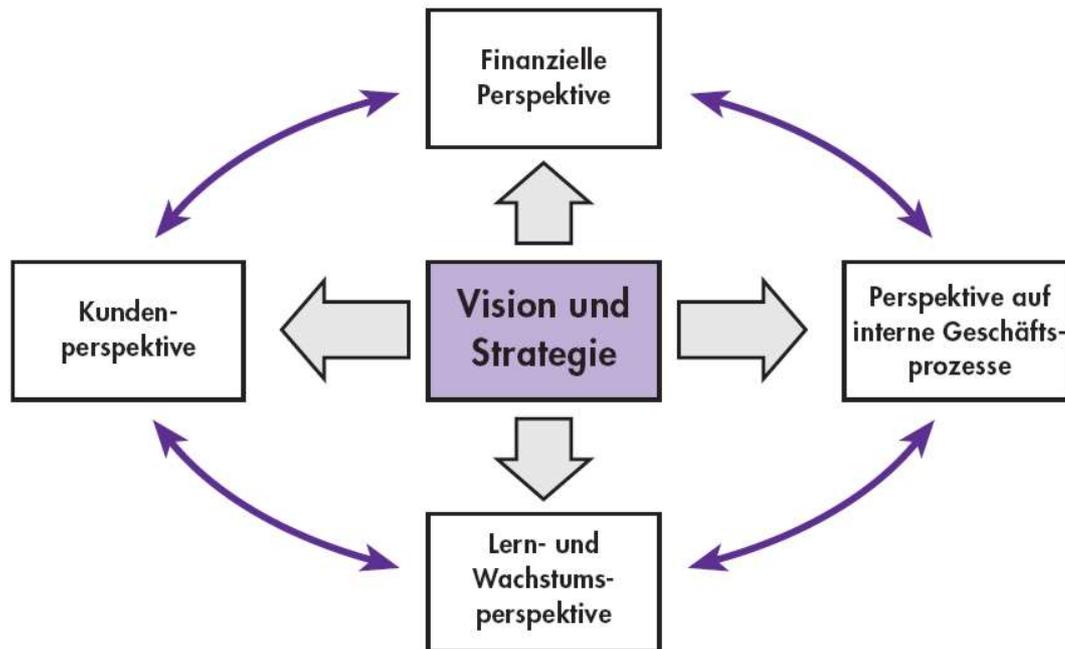


Abbildung 2: Perspektiven der Balanced Scorecard (Seidl, 2000).

Das typische Charakteristikum der Balanced Scorecard ist die Strategieausrichtung der Kennzahlen. Eine häufig implizit unterstellte Ursache-Wirkungsbeziehung (Prozessanalyse) zwischen Strategie, Ziel und Messgröße wird dabei explizit dargestellt.

Die meisten im unternehmerischen Alltag genutzten Kennzahlen sind Spätindikatoren. Das gilt für die Positionen der Gewinn- und Verlustrechnung und der Bilanz ebenso wie für die daraus ermittelten Finanzkennzahlen (z.B. Cash-flow, Return on Investment usw.). Sie zeigen das Ergebnis (Ergebnisgröße) von Handlungen am Schluss eines betriebswirtschaftlichen Prozesses.

Frühindikatoren sind auf den Beginn oder – wie der Name schon impliziert – auf die früheren Phasen eines Prozesses orientiert. Die Frage verlagert sich von der Bestimmung des in fünf Jahren anzustrebenden Gewinns oder Cash-flow zur Messung jener Vorgänge, die heute sicherstellen, dass in fünf Jahren jener Gewinn oder Cash-flow erreicht werden kann. Frühindikatoren werden auch als Leistungstreiber bezeichnet. Eine gute Balanced Scorecard sollte eine ausgewogene Mischung aus Ergebnisgrößen und Leistungstribern der Geschäftsstrategie aufweisen (Friedag und Schmidt, 2002; Kaplan und Norton, 1997).

2.3.3 Kennzahlen für ein Netzwerk Holz

Die Entwicklung einer Balanced Scorecard für Netzwerke bedingt die Offenlegung von Zielen und Informationen aller Akteure einer Wertschöpfungskette und kann auch als Bewertungsinstrument zukünftiger Partner dienen, um Zielkonflikte rechtzeitig aufzudecken. Das Fehlen geeigneter Kennzahlensysteme, mit deren Hilfe der Erfolg von Unternehmensnetzwerken gemessen werden kann, wird als eines der Haupthindernisse eines erfolgreichen Managements von Wertschöpfungsketten betrachtet.

Da sich klassische Logistikkennzahlensysteme nur bedingt auf die gesamte Supply Chain beziehen und daher eine Bewertung der kompletten Wertschöpfungskette nicht möglich ist, wird mit dem Einsatz einer Balanced Scorecard für Netzwerke und der Fokussierung auf unternehmensübergreifende Messgrößen entgegengewirkt.

Die Konsequenz der Betrachtung einer Wertschöpfungskette ist, dass Kennzahlen berücksichtigt werden, welche sich auf die gesamte Supply Chain beziehen und damit die Leistung mehrerer Akteure der Kette wiedergeben. Sinnvoll ist eine der Kennzahlenentwicklung vorausgehende Wertschöpfungskettenanalyse (Prozessanalyse). Deren Ergebnisse können genutzt werden, um Kennzahlen festzulegen und in einem Kennzahlensystem abzubilden.

Ein Beispiel für die Notwendigkeit der Zusammenführung von unternehmensübergreifenden Informationen liefert der „Bullwhip-Effekt“. Damit wird ein Phänomen beschrieben, wonach selbst kleine Schwankungen in der Nachfrage am Ende der Wertschöpfungskette zu erheblichen Schwankungen in der Produktion und Lagerhaltung vorgelagerter Stufen führen können, welche die anfänglichen Schwankungen um ein mehrfaches übersteigen. In diesem Zusammenhang kann der Lagerbestand der gesamten Kette eine sinnvolle Kennzahl darstellen.

Ein weiteres Beispiel für eine übergreifende Kennzahl ist der Cash-to-Cash-Zyklus, der Transparenz über die Effizienz des Working-Capital Managements schaffen kann.

Neben der Verwendung interorganisationaler Messgrößen ist der Einsatz von intraorganisationalen Messgrößen erforderlich, um Verbesserungspotenziale bei einzelnen Unternehmen (Akteuren) zu identifizieren und um in Verbindung mit den unternehmensübergreifenden Kennzahlen eine Informationsbasis für die Verteilung von Kosten und Nutzen der Kooperation darzustellen.

Die Entwicklung einer Balanced Scorecard für die Steuerung und Bewertung eines Unternehmensnetzwerkes entlang der Wertschöpfungskette Holz (Tabelle 2) setzt eine gemeinsame Strategie und daraus abgeleitete Ziele voraus. BSC unterstützt dabei nicht die Strategiefindung, sondern ermöglicht dem Management eine strategiekonforme Steuerung des Unternehmens.

Tabelle 2: Beispiel für eine Balanced Scorecard eines Unternehmensnetzwerkes entlang der Wertschöpfungskette Holz.

Perspektive	Strategisches Ziel	Kennzahl	Indikator
Finanzen	Wachstum	Marktanteil = Umsatzanteil eines Unternehmens am Gesamtbranchenumsatz	%
	Gesamtrentabilität erhöhen	ROCE (Return on Capital Employed) = Ergebnis vor Steuern, Anteilen anderer Gesellschafter und vor Zinsen/Capital Employed)	%
	Erhöhung liquider Mittel	Cash-to-Cash-Zyklus = Lagerdauer + Umschlagdauer von Forderungen – Umschlagdauer von Verbindlichkeiten	d
Kunden	Verbesserung der Kundenzufriedenheit	Kundenzufriedenheit = Umfrage unter den Kunden Anteil der reklamierten Menge an der produzierten Gesamtmenge	Index %
	Steigerung der Akzeptanz des Produktes Holz	Anzahl von Neukunden Befragung der Öffentlichkeit	n Index
Prozesse	Optimierung der Holzernte, des Transports und der Holzübernahme	Produktivität	m ³ /h
	Steigerung der Arbeitssicherheit	Unfälle je 1000 Produktionsstunden	n
	Verbesserte Information und Kommunikation	Anteil standardisierter elektronischer Abwicklung im Datenaustausch	%
	Verringerung der Lagerbestände	Durchlaufzeiten vom Wald bis zum Einschnitt im Werk	d
Netzwerk	Stabilität der Kooperation	Kooperationszufriedenheit = Umfrage unter den Unternehmen innerhalb eines Netzwerkes	Index
		Mitarbeiterzufriedenheit = Umfrage unter allen Mitarbeitern eines Netzwerkes	Index
	Entwicklung der Kooperation	Anteil der Holzmenge laut Lieferprofil	%
		Produzierte Menge je Kooperationspartner	m ³
		Anzahl gemeinsamer Weiterbildungsveranstaltungen	n
		Anteil der im überbetrieblichen Maschineneinsatz produzierten Menge an der Gesamtholzmenge	%

3 METHODISCHE VORGANGSWEISE

Um die Potenziale durch ein Unternehmensnetzwerk entlang der Wertschöpfungskette Holz bewerten zu können, ist der nachfolgende methodische Ansatz entwickelt worden (Abbildung 3).

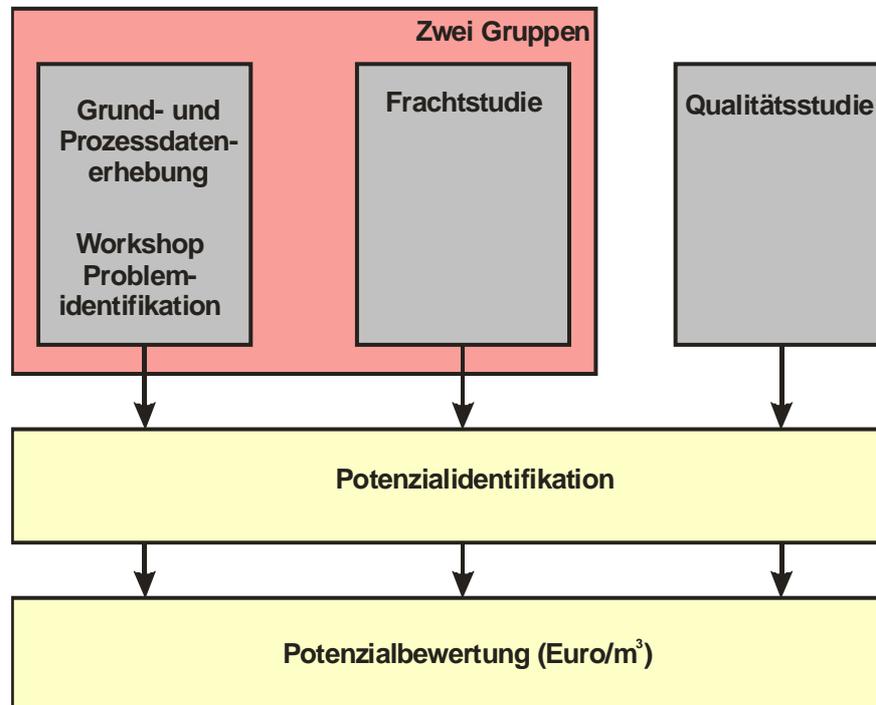


Abbildung 3: Methodischer Projektansatz.

3.1 Grund- und Prozessdatenerhebung

Ziel der Prozessdatenerhebung ist eine möglichst genaue Dokumentation der Ist-Prozesse entlang der Wertschöpfungskette Holz, um dann daraus die kettenrelevanten Einsparungspotenziale, die durch ein unternehmensübergreifendes Netzwerk realisierbar sind, ableiten zu können. Zu diesem Zweck wurden zwei virtuelle Kooperationen in unterschiedlichen Regionen Österreichs gebildet. Eine Gruppe in der Steiermark und eine im Großraum Oberösterreich/Salzburg.

Die Entwicklung eines standardisierten Analyserasters für die Forstbetriebe sowie Säge- und Papierindustrie ist Grundvoraussetzung für die Datenerhebung und stellt gleichzeitig die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zwischen den Gruppen sicher. Der Analyseraster besteht aus zwei Teilen, einem Grunddatenerhebungsblatt und einem Blatt für die Erhebung der Prozessdaten. Es wurde ausschließlich auf in den Betrieben vorhandene Daten zurückgegriffen, weshalb im Hinblick auf Datenverfügbarkeit und -qualität sehr große Unterschiede aufgetreten sind.

Im Forstbetrieb wurden die Prozesse von der waldbaulichen Planung bis zum Holzverkauf abgefragt. Für die Sägeindustrie umfasste die Datenerhebung die Teilprozesse von der Rundholzübernahme bis zum Schnittholzverkauf. In der Prozesskette Papier wurden alle Prozessstufen von der Industrieholz- und Hackgutübernahme bis zum Papierverkauf berücksichtigt. Aus dieser Analyse ausgenommen ist der Transport des Holzes vom Wald zum Werk, für welchen eine gesonderte Studie durchgeführt wurde.

Für die Gruppe Steiermark wurden die Grund- und Prozessdaten von der Universität für Bodenkultur Wien aufgenommen. Die Datenanalyse und Potenzialbewertung haben Josef Scheff und Otto Krickl durchgeführt und sind Gegenstand eines separaten Projektendberichtes (Holzcluster Steiermark, 2002). Die Potenzialbewertung und dafür notwendige Prozessanalyse in der Gruppe Oberösterreich/Salzburg ist ausschließlich durch die BOKU erfolgt.

3.2 Frachtstudie

Ziel der Frachtstudie ist die Dokumentation des Holztransportes vom Wald zum Werk. Eine Ist-Analyse soll die angesprochenen Probleme, wie Transportdurchlaufzeiten, Transportdistanzen, Verteilungen der LKW-Ankünfte und lange Verweilzeiten im Werk, aufzeigen. Im Detail werden folgende Fragen diskutiert (Tabelle 3).

Tabelle 3: Detailfragen der Frachtstudie.

Schwerpunkt	Detailfragen
Ladezeiten	Wie groß ist die durchschnittliche Ladezeit im Wald? Gibt es Unterschiede in der Ladezeit in Abhängigkeit von der Betriebskategorie? Bestehen Unterschiede zwischen den Studien in der Steiermark und Oberösterreich/Salzburg? Gibt es Unterschiede in der Ladezeit in Abhängigkeit von den Sortimenten Sägerundholz und Industrieholz?
Distanzen Wald-Werk	Wie groß ist die durchschnittliche Transportdistanz Wald-Werk? Wie groß ist die durchschnittliche Distanz nach Abnehmerkategorie? Bestehen Unterschiede in der durchschnittlichen Distanz bei den Projektgruppen? Wie groß sind die Unterschiede in der Transportdistanz bei den einzelnen Abnehmern?
Verteilung der Ankunftszeiten beim Werk	Wie sieht die Verteilung der Ankunftszeit beim Werk über den Tag, die Woche und das Monat bei Säge und Papier aus? Sind Spitzen in der Verteilung erkennbar? Gibt es Unterschiede zwischen den Projektgruppen?
Verweilzeiten im Werk	Wie groß sind die durchschnittlichen Verweilzeiten in den Werken? Sind Zusammenhänge zwischen der Verteilung der Ankunftszeit und der Verweilzeiten erkennbar? Ändert sich die Verweilzeit mit der Art der Entladung?
Kombinierter Verkehr (nur Transport zum Bahnhof bzw. Waggonverladen)	Wie groß ist die durchschnittliche Distanz zum Bahnhof? Wie hoch ist die mittlere Entladezeit am Bahnhof, und gibt es Unterschiede zwischen Waggonverladen und auf Lager legen?
Fahrzeiten Wald-Werk (Fahrzeitenmodell)	Kann die Fahrzeit vom Wald zum Werk über ein Modell geschätzt werden?

3.2.1 Datenerhebung

Die Datenerhebung für die Frachtstudie erfolgte mittels Selbstaufzeichnung durch die LKW-Fahrer. Dazu wurde ein Formular (Fahrtenbuch) mit den in Tabelle 4 festgelegten Abfragevariablen entworfen. Die Entwicklung des Fahrtenbuches erfolgte in Workshops mit den Projektpartnern. Die Betriebe bzw. Werke wurden mit Kürzeln versehen (Tabelle 5 und Tabelle 6), um eine einheitliche und leichte Aufzeichnung zu gewährleisten.

Tabelle 4: Übersicht über die bei den Studien verwendeten Variablen.

Variable	Einheit	Beschreibung/Anmerkungen	Studie ¹		
			1	2	3
KFZ-Nummer	Text	Kennzeichen des Fahrzeuges (tw. kodiert)	x	x	x
Datum		Datum der Fahrt	x	x	x
Abfahrtsort	Abkürzung/Text	Abfahrtsort am Morgen			x
Startzeit zu Hause	Uhrzeit [hh:min]		x		x
Kilometerstand - Startzeit	km	die letzten 4 Stellen			x
Fracht von Betrieb	Abkürzung/Text	Abkürzungen siehe Tabelle 5	x	x	x
Kilometerstand - Waldort	km	letzten 4 Stellen der Anzeige	x	x	x
Ankunft am Waldort	Uhrzeit [hh:min]	erstes Polter	x	x	x
Abfahrt vom Waldort	Uhrzeit [hh:min]		x	x	x
Sortimentanzahl bei Beladung	Anzahl [n]	Anzahl der verschiedenen Sortimente	x		
Sortierung notwendig	ja/nein		x		x
Straßenzustand	gut/schlecht		x		x
Fracht zum Werk	Abkürzung/Text	Abkürzungen siehe Tabelle 6	x	x	x
Kilometerstand beim Werk	km	letzten 4 Stellen der Anzeige	x	x	x
Ankunft beim Werk	Uhrzeit [hh:min]		x	x	x
Abfahrt vom Werk	Uhrzeit [hh:min]		x	x	x
Art der Entladung	fremd/selbst		x		x
Ankunft zu Hause	Uhrzeit [hh:min]		x		x
Anzahl Ladestellen	k. A., 1 bis 4, >4	definiert als Anzahl der Stopps bei der Beladung			x
Wartezeit im Werk verursacht durch	Mehr als 5 LKW warten bereits/ Sonstiges				x
Verkehrskontrolle	ja/nein				x
Pause > 15 min	ja/nein				x
Technisches Gebrechen	ja/nein				x
Vorführen notwendig	ja/nein				x
Stau	ja/nein				x
Sonstiges	ja/nein				x
Ankunft zu Hause	Uhrzeit [hh:min]		x		x
Kilometerstand – Ankunft	km	letzten 4 Stellen der Anzeige			x
Ankunft - Ort	Abkürzung/Text	Abstellort am Abend			x

¹ Bezeichnet die unterschiedlichen Versionen des Fahrtenbuches

Die Datenaufzeichnung wurde zu unterschiedlichen Terminen durchgeführt (Tabelle 7). In der Gruppe Steiermark erfolgte der erste Aufzeichnungsblock von April bis Juli 2002. Nach der Studie im Sommer ist eine weitere Aufzeichnungsperiode im Winter beginnend mit Dezember 2002 gestartet worden. Damit sollten eventuell vorhandene Unterschiede im Holztransport über den Jahresverlauf aufgezeigt werden. An dieser Studie waren insgesamt 34 verschiedene Fahrzeuge beteiligt, wobei 20 Fahrzeuge von Frachtunternehmen und 14 von Forstbetrieben stammten.

Tabelle 5: Verwendete Abkürzungen für die Lieferanten.

Abkürzung	Lieferant
ADM	Stift Admont
CSG	Cumberlandstiftung Grünau
DLB	Liechtenstein Deutschlandsberg
DRW	Drehers Forstamt Weyer
GAR	Garage
GFB	Sonstige Forstbetriebe
HFF	WV Hartberg Fürstenfeld
KAL	Liechtenstein Forst Kalwang
KLB	Kleinbetriebe und Bauernwald
MAH	Forstgut Mähring
MMF	Mayr-Melnhof Forst
SBG	BWV Salzburg
SKM	Benediktinerstift Kremsmünster
STC	Chorherren Stift Schlägl
STY	Schaumburg Lipp'sche FV-Steierling
VOR	Vorgeladen
WAS	Heiligenkreuz Wasserberg
WLD	Liechtenstein Waldstein
WWL	WWG Leoben

Nach Abschluss der Frachtstudie Steiermark im Mai 2003 wurde ab Oktober 2003 die Studie für die Gruppe Oberösterreich/Salzburg durchgeführt. Eine ergänzende Stichprobe über einen Zeitraum von ca. zwei Wochen wurde auf Wunsch der Projektgruppe im Mai 2004 organisiert. Bei der Studie Oberösterreich/Salzburg kamen 14 verschiedene Fahrzeuge zum Einsatz. Die Teilnehmer an der Stichprobe im Mai 2004 sind durch einen Mitarbeiter des Institutes für Forsttechnik intensiv betreut und unterstützt worden, um eine möglichst fehlerfreie Aufzeichnung sicherzustellen.

Der Inhalt der verwendeten Fahrtenbücher wurde bei jeder Studie leicht angepasst (Tabelle 4). Für die Studie Steiermark erfolgte eine Vereinfachung für jene LKW-Fahrer, welche nur zwischen Wald und Bahnhof den Transport abwickeln mussten. Das Feld Abnehmer wurde entfernt. Es war lediglich anzukreuzen, ob Waggon beladen (#) oder am Lagerplatz des Bahnhofs (BHF) abgeladen wurde.

Das Formular für die Frachtstudie Oberösterreich/Salzburg (OÖ-SBG) wurde im Vergleich zur Studie Steiermark gekürzt, um den Erfassungsaufwand für den Fahrer zu reduzieren (Tabelle 4). Das Fahrtenbuch für die Kurzstudie bzw. Stichprobe im Mai 2004 erfuhr im Gegensatz dazu eine Erweiterung um mehrere Abfragen. Besondere Vorkommnisse bei der Fahrt, wie Pausen länger als 15 Minuten, Stau, Vorführen notwendig usw., wurden in das Formular aufgenommen und sind damit dokumentiert.

Tabelle 6: Verwendete Abkürzungen für die Abnehmer bzw. Werke.

Abkürzung	Abnehmer/Werk
#	Waggon beladen
AWP	Anderes Werk - Papier
AWS	Anderes Werk - Säge
BCK	Norske Skog Bruck
BHF	Bahnhof Lager
BSL	Stora Enso Bad St. Leonhard
EGG	Egger
FRA	Patria Frantschach
FRP	Frischholz – Papier
GAR	Garage
GRA	Sappi Gratkorn
HAP	Hallein – Papier
HUS	Hutter – Säge
LEG	Leggstadt (MMF)
LEI	Fa. Leitinger
LEP	Lenzing – Papier
LES	Lenzing – Säge
MMS	Mayr-Melnhof Säge
MOS	Mosser - Säge
NEP	Nettingsdorf – Papier
PAS	Pabst Obdach
POL	Zellstoff Pöls
SEB	StoraEnso Brand – Säge
SES	StoraEnso Solenau - Säge
SEY	StoraEnso Ybbs – Säge
SFF	Sägewerk Schaffer
SMS	Steyrermühl – Säge
VOR	Vorgeladen

Tabelle 7: Zeiträume der Datenaufzeichnung für die Frachtstudie.

Gruppe	Zeitraum	Fahrzeuge [n]	Fahrten [n]	Fuhren [n]
Steiermark	April bis Juli 2002			
	Dezember 2002 bis Mai 2003	34	2.918	2788
Oberösterreich/ Salzburg	Oktober 2003 bis April 2004	14	579	424
	3. bis 14. Mai 2004	8	209	175
		Summe	3.706	3.387

3.2.2 Datenaufbereitung

Die digitale Erfassung der Fahrtenbücher erfolgte über eine vordefinierte Eingabemaske in MS-Access, um Eingabefehler zu vermeiden. Für die Auswertung der Daten stand das Statistikpaket SPSS 11 zur Verfügung. Dazu mussten die Daten aus den drei verschiedenen Access-Tabellen exportiert werden. In MS-Excel erfolgte dann eine weitere Datenaufbereitung für den Import in SPSS. Die Datensätze aller drei Studien wurden in einen SPSS-Datensatz zusammengefügt, womit für die Gesamtauswertung 3.706 Datensätze zur Verfügung stehen (Tabelle 7). Dabei ist anzumerken, dass zwar 3.706 Fahrten aufgezeichnet wurden, aber die tatsächliche Anzahl der Fahren vom Wald zum Werk geringer ist. Der Grund für diesen Unterschied liegt in der Vorgabe für die Datenaufzeichnung. Beladene LKW-Züge (Stehzüge), welche über Nacht bzw. über das Wochenende abgestellt wurden, sind als zwei getrennte Fahrten erfasst worden. Im Fahrtenbuch ist dies erkennbar durch den Eintrag Vorgeladen (VOR) beim Feld „Werk“ bei der ersten Fahrt und am Eintrag VOR im Feld „Lieferanten“ bei der zweiten Fahrt. Nach Abzug der „Stehzüge“ beträgt die tatsächliche Anzahl der Fahren 3.387.

Die statische Analyse erforderte die Einführung neuer Variablen, welche aus den aufgezeichneten Daten errechnet oder durch Umkodierung erstellt werden mussten (Tabelle 8).

Tabelle 8: Liste der zusätzlichen Variablen für die statische Analyse der Frachtstudien Daten.

Variable	Einheit	Skalenniveau	Beschreibung
verweil2	hh:mm	metrisch	Verweilzeit Werk; Differenz zwischen Ankunft Werk und Abfahrt Werk
distanz	km	metrisch	Distanz Wald-Werk
laden	hh:mm	metrisch	Ladezeit im Wald; Differenz aus Ankunft Wald und Abfahrt Wald
f_zeit	hh:mm	metrisch	Fahrzeit; Differenz Abfahrt Wald und Ankunft Werk
d_km_h	km/h	metrisch	Durchschnittsgeschwindigkeit
sp	1=Säge, 2=Papier, 3=Garage, 4=Bahnhof, 5=Waggonverladen, 6=Vorgeladen, 7=sonstiges,	nominal	Abnehmer gruppiert
kw	1=Kleinwald, 2=Forstbetrieb	nominal	Betriebskategorie
monat	1=Jänner, ..., 12=Dezember	nominal	Monate kodiert
tag	1=Sonntag, ..., 7=Samstag	nominal	Wochentag kodiert

3.2.3 Statistische Analyse

Die Analyse der Daten beschränkt sich in weiten Bereichen auf die Darstellung und den Vergleich von Mittelwerten. Die Qualität der Mittelwerte wird durch die Angabe des 95%-Konfidenzintervalles ergänzt. Das bedeutet, dass der wahre Mittelwert mit 95%iger Wahrscheinlichkeit innerhalb des angegebenen Bereichs liegt. Der Nachweis von signifikanten Unterschieden zwischen den Mittelwerten soll, sofern dies sinnvoll erscheint, durch folgende Vorgangsweise erbracht werden:

- a) Varianzanalyse
- b) Mittelwertevergleichstest (Scheffé-Test), wenn signifikante Unterschiede mit der Varianzanalyse nachgewiesen werden

Das Verfahren der Varianzanalyse untersucht die Wirkung einer oder mehrerer unabhängiger Variablen auf eine oder mehrere abhängige Variablen. Die abhängige Variable muss metrisches Skalenniveau aufweisen, für die unabhängigen Variablen ist lediglich Nominalskalierung erforderlich (Backhaus et al., 2000). Die Varianzanalyse testet lediglich, ob insgesamt signifikante Differenzen zwischen verschiedenen Mittelwerten eines Faktors bestehen. Hat ein Faktor mehr als zwei Ausprägungen, so ist die Anwendung eines multiplen Vergleichstests zur weiteren Analyse notwendig. Hier bietet sich der Scheffé-Test an, welcher im Anschluss an eine Varianzanalyse durchgeführt werden kann (Sachs, 1999).

Aus Sicht der Datenauswertung sind folgende Besonderheiten zu berücksichtigen:

- Unterschiedlicher Inhalt der Fahrtenbücher im Hinblick auf eine Gesamtauswertung.
- Unterschiedliche Beobachtungszeiträume bei den Projektgruppen.
- Fehler und Genauigkeit der Selbstaufzeichnung.

Die Änderung des Inhaltes der Fahrtenbücher schränkt die Auswertung der Gesamtstudie auf jene Variablen bzw. Daten ein, welche für alle drei Versionen erfasst wurden. Dies ist im Hinblick auf verschiedene Fragestellungen und die Vergleichbarkeit der Studienzeiträume zu berücksichtigen.

Die unterschiedlichen Zeiträume bei den Projektgruppen erschwert ebenfalls die Vergleichbarkeit der Daten. Die Marktsituation und vor allem Kalamitäten, wie der Windwurf im Herbst 2002, wirkten sich auf den Holztransport aus und können damit zu unterschiedlichen Ergebnissen führen.

Die Datenerfassung mittels Selbstaufzeichnung ist eine kostengünstige Lösung. Dabei können aber viele Schwierigkeiten und Ungenauigkeiten auftreten. Die Aufzeichnung durch unterschiedliche Personen kann ebenfalls zu unterschiedlichen Ergebnissen führen.

Für die Auswertung der „Wartezeiten beim Werk“ muss angemerkt werden, dass lediglich die Zeit zwischen Ankunft beim Werk und der Abfahrt vom Werk aufgenommen wurde. Das heißt die „echte“ Wartezeit wurde nicht erfasst. Aus diesem Grund wird in weiterer Folge nicht der Begriff Wartezeit sondern Verweilzeit verwendet. Die Verweilzeit beim Werk beinhaltet neben der Wartezeit die prozessbedingte Zeit im Werk von der Übernahme bis zur Entladung. Die Angaben der Werksbetreiber für die prozessbedingte Zeit im Werk schwanken zwischen 15 und 30 (40) Minuten .

3.3 Qualitätsstudie

In der vorliegenden Studie soll geklärt werden, ob die Bläue an der Fichte [*Picea abies* (L.)Karst] im Zuge der Lagerung ein bedeutendes wirtschaftliches Problem darstellt. Die Intensität in der Besiedelung durch Bläuepilze sowie die Ausbreitung der Verfärbung sind die wesentlichen Faktoren für die monetäre Bewertung der Schäden.

Die Schadensentwicklung über die Zeit ist eine wichtige Eingangsgröße für jedes Logistiksystem, da sie den maximalen Aktionszeitraum definiert. Bei einer modellhaften Darstellung der Holzerntekette ist sie eine wesentliche Größe in der Entscheidungsunterstützung, da sie die Erlöseinbußen in Abhängigkeit von der Lagerdauer wiedergibt.

Im Detail sollen folgende Fragen geklärt werden:

- Verblauungsausmaß in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer.
- Einfluss des Erntezeitpunktes (Winter – Sommer) auf die Verblauung.
- Geographische Unterschiede in der Besiedelung des Rundholzes durch Bläuepilze.
- Bedeutung von Luft- und Käferbläue.
- Artenspektrums der Bläuepilze an der Fichte.
- Zusammenhang zwischen Holzfeuchtigkeit und Verblauung.

3.3.1 Versuchslayout

Die wichtigsten Einflussgrößen je Versuchsfläche, nämlich die Übertragungsart der Pilze und der jahreszeitliche Unterschied der Verblauung, wurden wie folgt berücksichtigt:

In jedem Forstbetrieb wurde ein Lagerungsversuch mit 4 Varianten (Käferbläue/Winterschlägerung, Käferbläue/Sommerschlägerung, Luftbläue/Winterschlägerung, Luftbläue/Sommerschlägerung) angelegt (Tabelle 9).

Die erste Versuchsanlage „Winter“ erfolgte im März (vor Flugbeginn der Borkenkäfer). Die Wiederholung der Versuchsanlage – die Versuchsreihe „Sommer“ – wurde beginnend mit Juni durchgeführt.

Pro Schlägerungstermin wurden 30 Probeblöcke (MDM 25-30 cm) mit einer Länge von 2 Metern ausgelegt (Abbildung 4). Durch die Voranflugspritzung mit dem Pyrethroid Ripcord 40 in 0,25%iger Lösung wurde der Käferbefall bei den Luftbläuevarianten verhindert.

Tabelle 9: Anzahl der Probeblöcke in den jeweiligen Varianten.

Betriebe	Varianten				Summe
	Sommer		Winter		
	Käferbläue	Luftbläue	Käferbläue	Luftbläue	
FV MMS	30	30	30	30	120
FV FBG	30	30	30	30	120
FV EST	30	30	30	30	120
FV WIT	30	30	30	30	120
Summe	120	120	120	120	480



Abbildung 4: Anlageschema einer Variante.

3.3.2 Forstbetriebe

Zur Analyse der geographischen Unterschiede in der Besiedlungsdynamik des Fichtenrundholzes durch Bläuepilze wurden die Freilandarbeiten in 4 verschiedenen Forstbetrieben durchgeführt (Tabelle 10).

Tabelle 10: Liste der Forstbetriebe nach Bundesländern.

Bundesland	Forstbetrieb
Salzburg	Mayr Melnhof'sche Forstverwaltung – Salzburg
Burgenland	Fürst Esterházy'sche Privatstiftung Lockenhaus
Oberösterreich	Forst- u. Gutsverwaltung Frankenburg
Niederösterreich	Forstverwaltung Wittgenstein – Hohenberg

3.3.3 Datenerhebung

Solheim (1992) hat nachgewiesen, dass in den ersten beiden Wochen nach Versuchsanlage keine Bläueentwicklung stattfindet. Resultierend daraus wurden die Untersuchungstermine pro Variante - in Tabelle 11 dargestellt - festgelegt.

Bei jedem Kontrolltermin wurden von 5 Blochen pro Variante nach einem fix festgelegten Schema Stammscheiben entnommen (Abbildung 5 und Abbildung 6). Diese Vorgehensweise führt zu einem Umfang von 30 Probeblochen in einer Variante.

Tabelle 11: Untersuchungszeitpunkte pro Variante.

Untersuchungstermin	Kontrolltermin
T1	2 Wochen nach Anlage bzw. Käferbefall
T2	4 Wochen nach Anlage bzw. Käferbefall
T3	6 Wochen nach Anlage bzw. Käferbefall
T4	8 Wochen nach Anlage bzw. Käferbefall
T5	10 Wochen nach Anlage bzw. Käferbefall
T6	15 Wochen nach Anlage bzw. Käferbefall

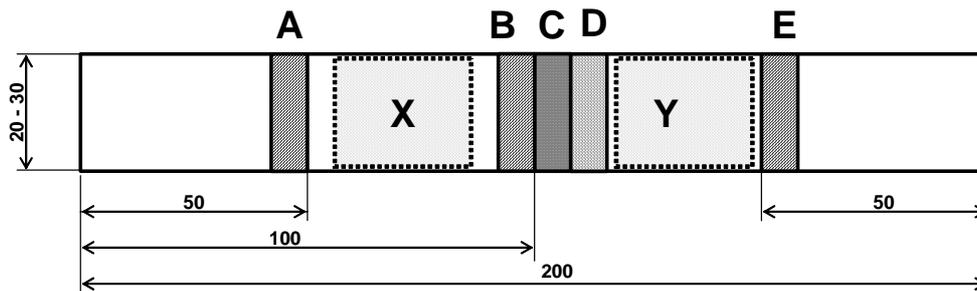


Abbildung 5: Einschnittschema der Bloche in den Käfervarianten zur Gewinnung der Querschnitte (A – E) und Rindenstücke (x , y).

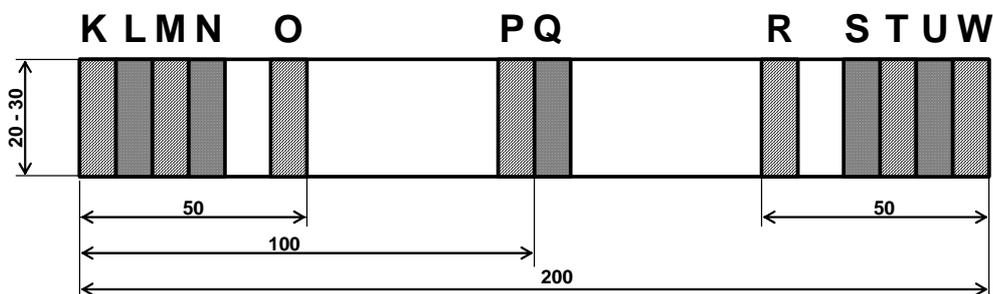


Abbildung 6: Einschnittschema der Bloche in den Luftvarianten zur Gewinnung der Querschnitte (K – W).

Eine Dokumentation der Temperatur erfolgte für jeden Standort während des gesamten Aufnahmezeitraums. An den gewonnenen Stammscheiben wurden folgende Parameter erhoben:

- Verletzung der Mantelfläche².
- Verblauung der Mantelfläche.
- Verblauung der Querschnittsfläche.
- Kennzeichnung und Vermessung des Splintholzes.

² Die Mantelfläche gilt dann als verletzt, wenn der Holzkörper freiliegt, und somit eine Eintrittspforte für die Pilzsporen gegeben ist (gilt für die Luftbläue – Varianten).

Als Kenngröße zur Quantifizierung der Bläue dient der prozentuelle Anteil der verblauten Splintholzfläche. Zur eindeutigen Bestimmung der Grenze zwischen Kern- und Splintholz wurde Eisen-2-Perchlorat an jeweils 3 Radien pro Querschnitt aufgebracht. Jede Scheibe wurde aus Identifikationsgründen nummeriert und fotografiert (Abbildung 7).

Bei den Blochen der Varianten „Käferbläue“ wurde an 2 Stellen die Rinde abgelöst und die Befallsdichte und das Entwicklungsstadium der entsprechenden Käferart(en) dokumentiert.

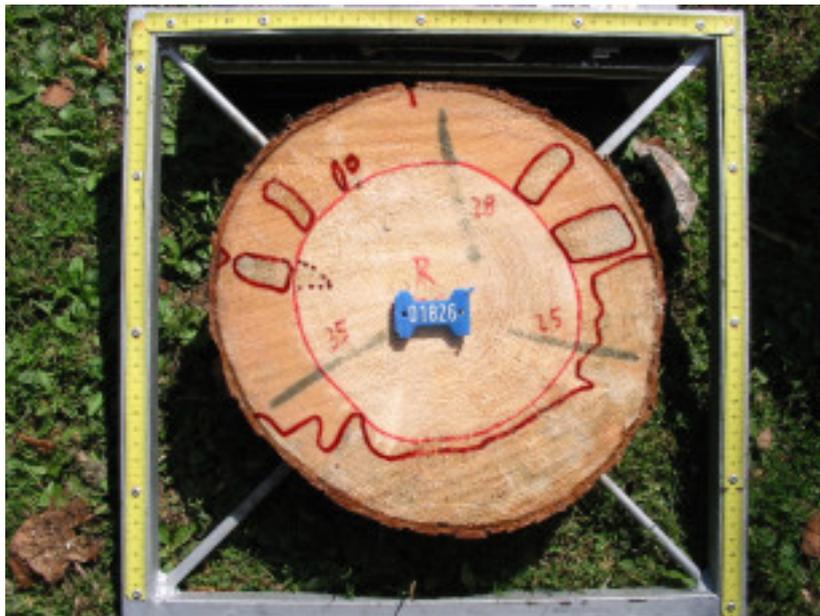


Abbildung 7: Dokumentierte Querschnittsscheibe mit eingezeichneter Bläue, sowie mit deutlich gekennzeichnetem Kern- und Splintholzbereich.

3.3.4 Datenaufbereitung

3.3.4.1 Pilzartenspektrum

Die Bestimmung des Pilzartenspektrums erfolgte an jeweils einer Scheibe pro Bloch (Querschnitt „D“ bei den Käfervarianten und Querschnitt „U“ bei den Luftvarianten). Im Labor wurden die jeweiligen Querschnittsscheiben nach festgelegten Mustern aufgespaltet, und an mehreren definierten Radien und fixen Tiefenstufen Holzspäne isoliert. Auf einer Malz-Agar-Lösung bildeten die in den Proben vorhandenen Pilze ihr Mycel und Fruchtkörper aus, anhand welcher sie qualifiziert werden können (Abbildung 8).



Abbildung 8: Probestücke aus denen die Holzspäne nach Tiefenstufen entnommen und auf das Nährmedium (in den Petrischalen) aufgebracht wurden.

3.3.4.2 Feuchtigkeit

Für die Ermittlung der mittleren Holzfeuchtigkeit (Darrmethode) eines Probekloches wurde jeweils 1 Stammquerschnitt herangezogen, der aus der Blochmitte entnommen wurde (Querschnitt „C“ bei den Käfervarianten und Querschnitt „Q“ bei den Luftvarianten, Abbildung 5 und Abbildung 6).

3.3.4.3 Temperatur

Die Temperatur der einzelnen Standorte wurde stündlich gemessen und von *Tiny Datenloggern* der Firma Gemini aufgezeichnet. Diese Werte sind über die Server Software OTML in MS-Excel importiert und zu Tagesmitteltemperaturen aggregiert worden. Durch Aufsummieren dieser Tagesmitteltemperaturen wurden die Temperatursummen für die jeweiligen Versuchsvarianten berechnet und in die weitere Auswertung aufgenommen.

3.3.4.4 Flächenbestimmung

Da das Ausmaß der Verblauung in Prozent verblauter Fläche zu Splintholzfläche ausgedrückt wird, war es notwendig die Bilddaten weiter zu verarbeiten.

Mit dem Grafikprogramm Paint Shop Pro 6 sind die Gesamt-, Reifholz- und verblaute Fläche der Stammscheibe eingefärbt worden (Abbildung 10). Dieser Schritt war notwendig, da die farblichen Unterschiede der einzelnen Bereiche für eine automatische Differenzierung nicht ausreichten (Abbildung 9). Als Analysesoftware für die Flächenbestimmung stand das Programm *Lucia32 V4.21 for Laboratory imaging* zur Verfügung. Eine Referenzierung der Grafik erfolgte über den Maßstab. Zur Flächenbestimmung wurde der Bildraster abgetastet und mit vordefinierten Farbwerten verglichen.

Da in den Luftvarianten lediglich an 2 von 4 Stammscheiben (O und R) pro Probeloch das Reifholz eingezeichnet wurde, errechneten sich Splint- und Kernholzflächen der beiden anderen Querschnitte (L und U) durch Extrapolation mit den Eingangsgrößen Gesamtfläche von L und U, sowie dem Verhältnis Reifholz zu Splintholz von O und R. Somit ist die Änderung des Durchmessers über die Blochlänge berücksichtigt.



Abbildung 9: Beispiel für die Weiterverarbeitung der Daten am Bild der Stammscheibe 1760 O vor der Bearbeitung.

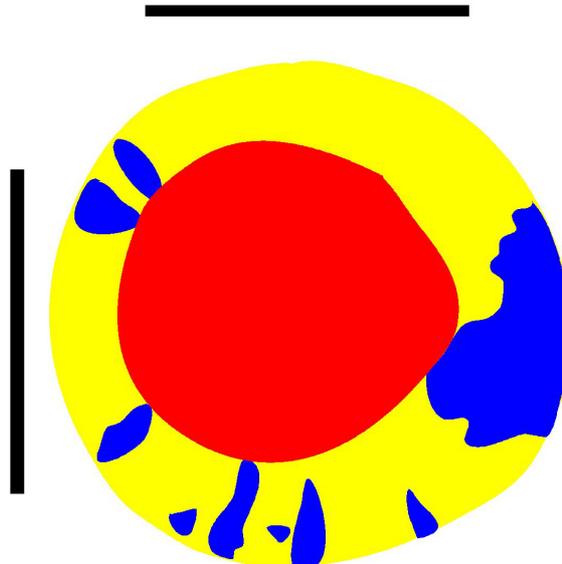


Abbildung 10: Beispiel für die Weiterverarbeitung der Daten am Bild der Stammscheibe 1760 O nach der Bearbeitung.

3.3.5 Statistische Analyse

Um die Daten mit dem Statistikpaket SPSS 11 auswerten zu können, war die Verdichtung oder Umkodierung von Variablen (Tabelle 12) notwendig. Die Datenanalyse ist mit zur Frachtstudie analogen Methoden (siehe 3.2.3) durchgeführt worden.

Tabelle 12: Liste der Variablen für die statistische Analyse der Bläuedaten.

Variable	Einheit	Skalenniveau	Beschreibung
verbl_1	[%]	metrisch	Verhältnis verblaute Fläche zu Splintfläche
standort	EST	nominal	Ort der Versuchsanlagen
	FBG		
	SBG		
	WIT		
	KS		
variante	KW	nominal	Variante
	LS		
	LW		
jahr_1	LW_H	nominal	Jahreszeit der Versuchsanlagen
	1=Sommer		
infekt_1	2=Winter	nominal	Übertragungsart der Bläue
	1=Käfer		
lagerdau_1	2=Luft	nominal	Lagerungsdauer von der Fällung bis Untersuchungstermin
	[d]		
splfeu_1	[%]	metrisch	Holzfeuchtigkeit des Splintholzes
tempsu_2	[dd]	metrisch	Summe der Tagesmitteltemperaturen bis zum Untersuchungstermin

4 ERGEBNISSE

4.1 Grund- und Prozessdaten

Sowohl in der Gruppe Steiermark als auch Oberösterreich/Salzburg wurde eine Prozessdatenerhebung durchgeführt, um ein möglichst genaues Bild über die Prozesskosten zu gewinnen und mögliche Potenziale durch Unternehmensnetzwerke ableiten zu können. Für die steirische Gruppe sind die Ergebnisse in einem Bericht des Holzclusters Steiermark (2002) zusammengefasst, weshalb an dieser Stelle nur eine Zusammenfassung wiedergegeben wird.

Der Holzcluster Steiermark (2002) sieht aufgrund einer umfangreichen Analyse der Geschäftsprozesse, welche in den Partnerbetrieben gemeinsam mit der Universität für Bodenkultur Wien durchgeführt wurde, folgende Einsparungspotenziale innerhalb der einzelnen Stufen der Wertschöpfungskette.

- **Forst:** Optimierung der Holzernteverfahren und Frachtorganisation sowie Reduktion der Qualitätsverluste.
- **Transport:** Reduktion der Wartezeiten vor den Werken und Fahrtstrecken sowie Optimierung der Rückfrachten.
- **Säge:** Reduktion des Lagerbestandes (gebundenes Kapital bzw. Lagerschäden), keine Manipulation am Vorlager und Vermeidung von Anlieferungsspitzen.
- **Papier:** Reduktion des Lagerbestandes (gebundenes Kapital bzw. erhöhter Einsatz von Chemikalien durch verringerte Holzqualität), Optimierung bei der Manipulation am Industrieholzlager und Reduktion von Belastungen bei den Anlieferungsspitzen.

4.1.1 Grunddatenvergleich

Tabelle 13 zeigt die Zusammensetzung der Gruppe Oberösterreich/Salzburg im Vergleich zur Gruppe Steiermark. In Bezug auf die eingeschlagene Holzmenge sind die beiden Gruppen in etwa vergleichbar. Forstseitig ist die Forderung seitens des Auftraggebers nach stärkerer Einbindung des Kleinwaldes durch die Berücksichtigung von zwei bäuerlichen Waldverbänden erfüllt. Betrachtet man die gesamte im oberösterreichischen Kleinwald (<200 ha Betriebsgröße) jährlich eingeschlagene Rund- und Industrieholzmenge, so beträgt der über den Waldverband vermarktete Anteil 31%. In Salzburg werden gar nur 18% der jährlichen Rund- und Industrieholzproduktion im Kleinwald über den Waldverband abgewickelt. Abnehmerseitig gibt es beim Waldverband Oberösterreich eine Konzentration auf fünf Werke, welche 84% der eingeschlagenen Holzmenge kaufen. Dagegen kann die Struktur der Abnehmer des Waldverbandes Salzburg als sehr heterogen bezeichnet werden, da die fünf größten Abnehmer nur 49% des über den Verband vermarkteten Holzes kaufen. Der Grund dafür liegt in einem relativ hohen Kleinsägeranteil in Salzburg.

Dem Wunsch abnehmerseitig auch kleine und mittlere Sägen einzubinden, konnte man aufgrund mangelnder Bereitschaft zur Mitarbeit nur bedingt nachkommen. Im Vergleich zur Gruppe Steiermark ist allerdings der Kleinsägenanteil höher.

Während in der Papierindustrie der Gruppe Steiermark die Einkäufe zentral von einer Organisation abgewickelt werden, gibt es in der zweiten Gruppe vier Industriebetriebe mit jeweils einer eigenen Einkaufsorganisation. In der Gruppe Oberösterreich/Salzburg bestehen vertikale Integrationen zwischen Säge und Papier (zwei Betriebe).

Tabelle 13: Grunddatenvergleich zwischen den beiden Gruppen.

Gruppe Steiermark (Basis 2001)		Gruppe Oberösterreich/Salzburg (Basis 2002)	
Forst			
Betrieb	Einschlag [m ³]	Betrieb	Einschlag [m ³]
Forstbetrieb A1	86.299	Forstbetrieb A2	11.000
Forstbetrieb B1	53.712	Forstbetrieb B2	25.350
Forstbetrieb C1	82.553	Forstbetrieb C2	26.624
Forstbetrieb D1	54.000	Forstbetrieb D2	23.991
Forstbetrieb E1	5.933	Forstbetrieb E2	23.186
Forstbetrieb F1	20.097	Forstbetrieb F2	45.161
Forstbetrieb G1	22.176	Forstbetrieb G2	20.037
WWG H1	66.000	BWV G2	238.933
WWG I1	49.000	BWV H2	54.737
Summe	439.770	Summe	469.019
Säge			
Betrieb	Übernahmemenge [m ³]	Betrieb	Übernahmemenge [m ³]
Säge J1	977.511	Säge J2	413.000
Säge K1	549.386	Säge K2	242.762
Säge L1	171.671	Säge L2	102.316
Säge M1	83.000	Säge M2	11.800
Summe	1.781.568	Summe	769.878
Papier			
Betrieb	Übernahmemenge [m ³]	Betrieb	Übernahmemenge [m ³]
Papier N1	P1	Papier N2	650.000
Papier O1	P1	Papier O2	902.300
Papier P1	1.437.988	Papier P2	773.000
		Papier Q2	740.700
Summe	1.437.988	Summe	3.066.000

4.1.2 Prozessdatenanalyse

4.1.2.1 Forst

Das **Einschlagverhalten** der einzelnen Großforstbetriebe unterliegt starken Jahreschwankungen (Abbildung 11). Bedingt durch die Witterung kann die Holzernte vor allem in Gebirgslagen während der Wintermonate nicht durchgeführt werden. Die dadurch entstehenden Mindermengen zu Beginn des Jahres könnten durch eine Kooperation auf Ebene des Großforstes ausgeglichen werden. Ein leichter Rückgang der Liefermengen ist in den Monaten August und September zu beobachten, der sich durch die Urlaubszeit und abnehmerbedingte Werksschließungen erklären lässt. Der Anstieg im Dezember resultiert aus einem Sturmereignis während des Bezugsjahres. Aus den Aufzeichnungen der letzten Jahre geht hervor, dass durch dieses Ereignis die Menge um 5.000 bis 6.000 m³ höher als in den Vergleichszeiten ist.

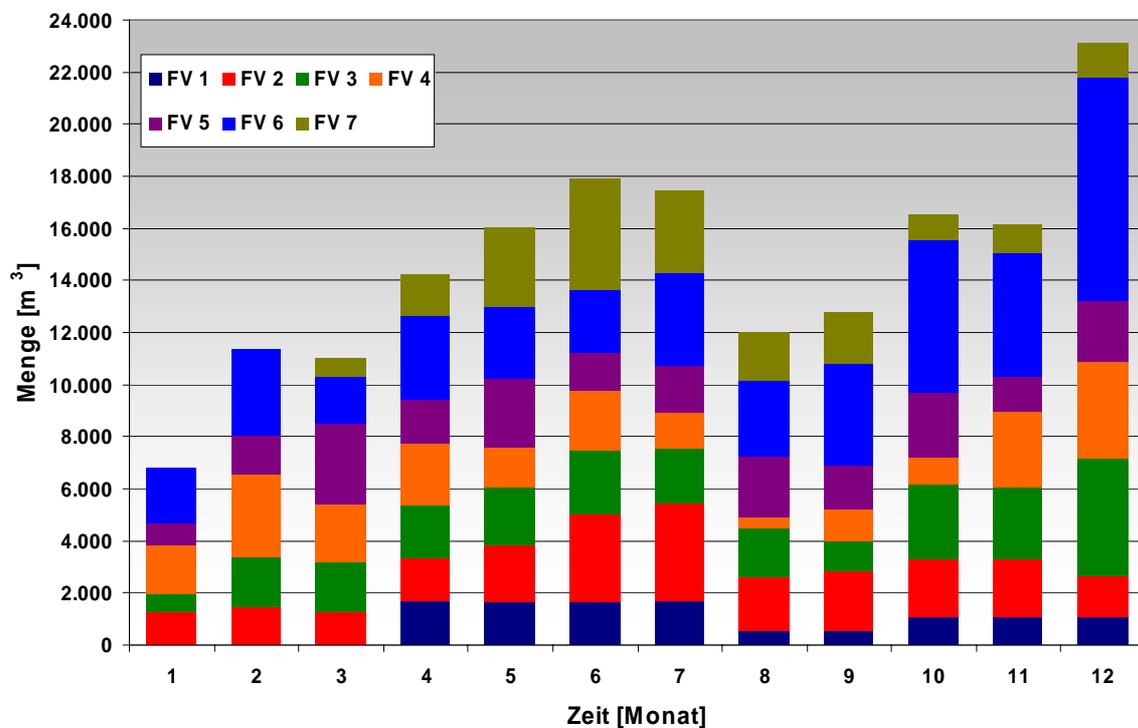


Abbildung 11: Liefermengen der Großbetriebe im Jahresverlauf.

Ein weiterer wichtiger Kooperationspartner auf der Lieferantenseite ist der Kleinwald. Er organisiert sich in den Bäuerlichen Waldbesitzerverbänden Oberösterreichs und Salzburgs. Während die Liefermengen (Abbildung 12) des BWV Salzburg relativ gleichmäßig übers Jahr verteilt sind, gibt es bei den Mengen des BWV Oberösterreich ein deutliches Sommerloch, welches mit dem Einsatz von Arbeitskräften im landwirtschaftlichen Bereich in den Monaten Mai bis September erklärt werden kann. Die durch den Waldverband Oberösterreich bereitgestellte Holzmenge ist insgesamt etwa 5-mal größer als jene des salzburgischen.

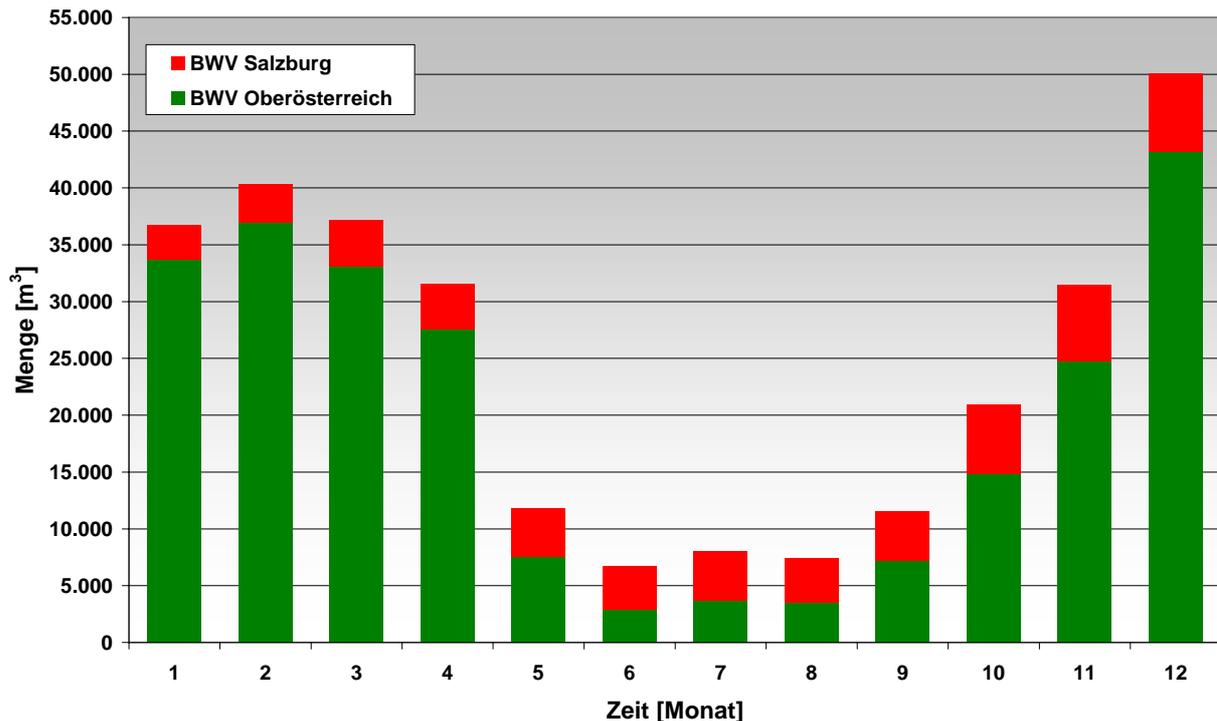


Abbildung 12: Liefermengen der Bäuerlichen Waldverbände.

Die **Holzernte** ist ein wesentlicher Erfolgsfaktor für jeden Forstbetrieb und damit wichtiger Ansatzpunkt für die Realisierung von Einsparungspotenzialen. Für die Analyse der IST-Situation lassen sich die Prozesse Fällung/Aufarbeitung und Rückung nicht getrennt betrachten, da betriebliche Aufzeichnungen vielfach nur für den Gesamtprozess vorhanden sind.

Die Verteilung der eingesetzten Arbeitssysteme in der Holzernte ist in Abbildung 13 dargestellt. Auffällig ist der relativ geringe Einsatz (16 bis 29%) von mechanisierten (hoch- und vollmechanisierten) Holzerntesystemen. Sowohl die Kombination Harvester und Forwarder für befahrbare Lagen als auch die Kombination Motorsäge und Seilgerät mit Prozessor für steiles Gelände (>35% Hangneigung) werden zu wenig eingesetzt. Mechanisierte Arbeitssysteme können im Vergleich zu geringer mechanisierten kostengünstiger ausgeführt werden, was Potenzial für Kooperationen ergibt.

Die mangelnde Nutzung hoch- und vollmechanisierter Arbeitssysteme begründet sich darin, dass einige Betriebe einen Großteil des Einschlags mit eigenen Arbeitskräften bewältigen (Abbildung 14). Für die Kirchenbetriebe lässt sich dieser Umstand mit dem Betriebsziel „Erhaltung von Arbeitsplätzen“ erklären. Bei vielen österreichischen Betrieben ist das Verhältnis von Eigen- zu Fremdeinschlag 1/3 zu 2/3. Umgelegt auf die Gruppe Oberösterreich/Salzburg ergibt sich daraus wiederum Rationalisierungspotenzial.

Der **Transport** des Holzes vom Wald zum Werk wird mit Ausnahme eines Forstbetriebes durch Frachtunternehmer bewerkstelligt, wobei die Koordination des Transportes dezentral erfolgt. Teilweise werden kleine Mengen mit Traktoren zu nahen Abnehmer gebracht. Details zu den Punkten Transportentfernungen, Be- und Entladezeiten sowie Verweilzeiten in den Abnehmerwerken gehen aus der durchgeführten Frachtstudie hervor.

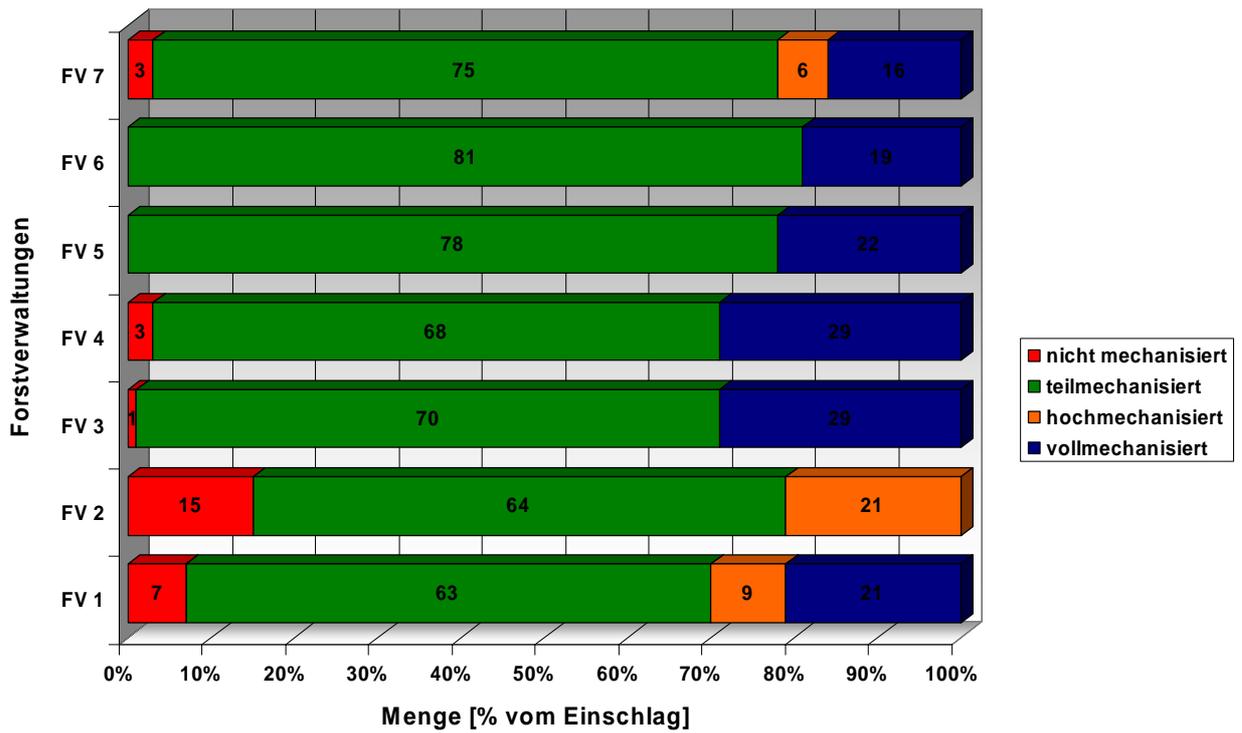


Abbildung 13: Für die Holzernte eingesetzte Arbeitssysteme.

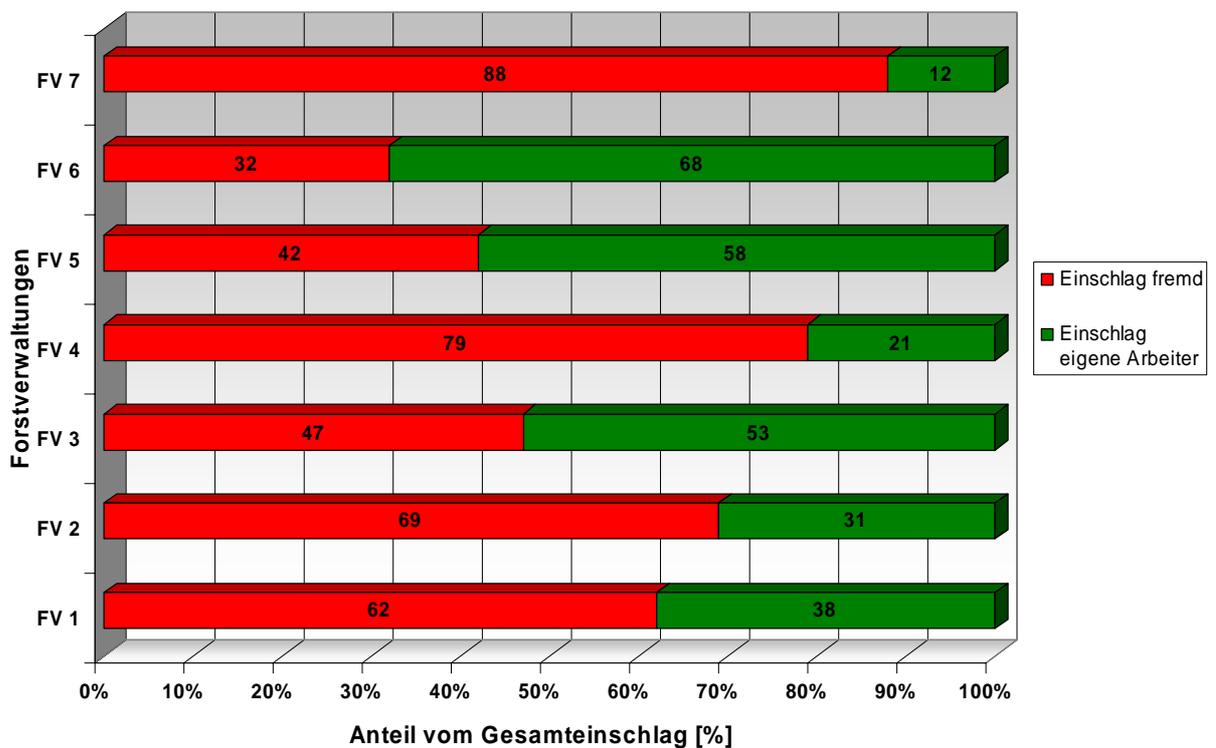


Abbildung 14: Verteilung des Einschlags auf fremde bzw. eigene Arbeiter.

4.1.2.2 Säge

Als Soll-Zustand bei der **Holzanlieferung** wird ein dem Verbrauch der Sägewerke entsprechendes Lieferprofil angesehen. Jahreszeitlich bedingte Schwankungen einzelner Lieferanten bzw. Märkte sollten durch Importe und/oder Verlagerung der Lieferströme in andere Regionen ausgeglichen werden. Eine Analyse der Lieferströme in den untersuchten Regionen Steiermark und Oberösterreich/Salzburg zeigt, dass dies nur ansatzweise gelingt. Gerade der teilweise hohe Anteil an Importholz wird nicht zu einer Glättung der Jahresprofile genutzt, sondern verstärkt vielfach die in Österreich gegebene, saisonal bedingte Schwankung der Holzströme (Abbildung 15 und Tabelle 14).

Der bei den meisten Werken feststellbare Einbruch der Übernahmemengen im August ist offensichtlich auf die in diesem Monat üblichen Werksschließungen zurückzuführen und nicht - wie vermutet - auf saisonale Schwankungen. Anlieferspitzen im Juli wie auch im September belegen dies.

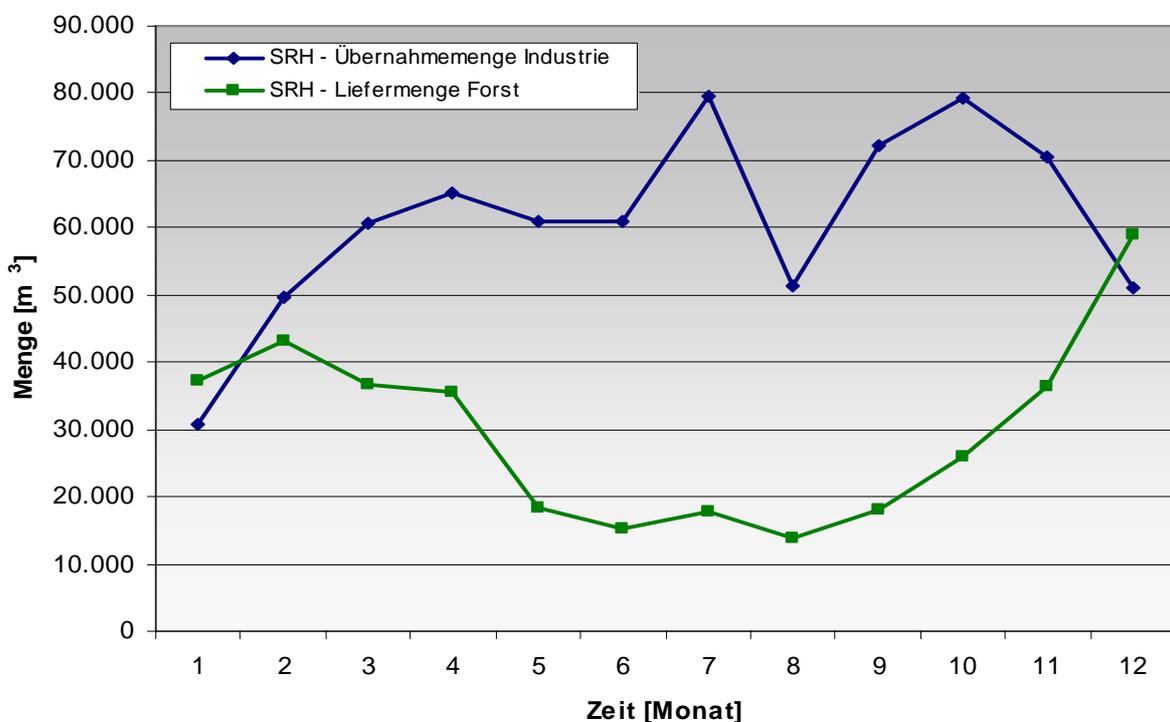


Abbildung 15: Gegenüberstellung Liefermenge und Übernahmemenge für Sägerundholz für die Gruppe Oberösterreich/Salzburg.

Betrachtet man das Verhältnis der Holzströme aus dem Klein- und Großwald, so kann ein Ausgleich der Lieferschwankungen aus dem Kleinwald durch variablen Einschlag im Großwald nur bedingt erreicht werden (Abbildung 16). Die Liefermengen aus den Großbetrieben nehmen zwar im Gegensatz zum Sommerloch im Kleinwald zu, allerdings ist für die analysierte Gruppe das Holzaufkommen aus dem Kleinwald insgesamt höher, weshalb keine Glättung des Lieferprofils erreicht werden kann.

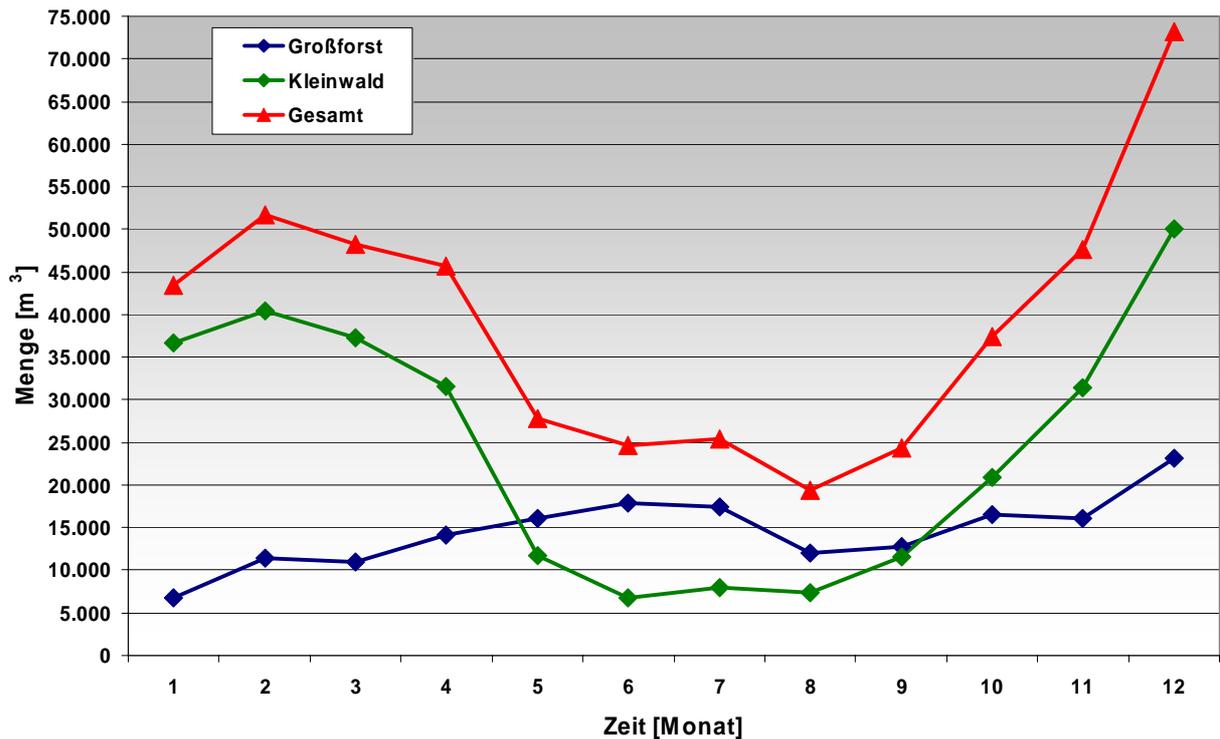


Abbildung 16: Liefermengen Forst (Großforstbetriebe und Bäuerlicher Waldverband) für die Gruppe Oberösterreich/Salzburg.

Die Betrachtung **der Lagerstände** in der Sägeindustrie ist aus zweierlei Hinsicht von großer Bedeutung. Zum einem in Form des gebundenen Kapitals und zum anderen, durch den in den relevanten Monaten bedingten Qualitätsverlust durch Verblauung infolge zu langer Lagerung.

Tabelle 14 zeigt, dass die von den beteiligten Betrieben als machbar genannten 0,5 Produktionsmonate (PM) Lagerstand unter der Voraussetzung höherer Versorgungssicherheit bei weitem nicht erfüllt werden. Der durchschnittliche Jahreslagerstand im Werk bewegt sich in der Steiermark zwischen 0,65 und 1,8 Produktionsmonaten, bei den Werken im Raum Oberösterreich/Salzburg zwischen 0,58 und 1,43 Produktionsmonaten. Auffallend dabei ist, dass größere Werke meist einen kleineren durchschnittlichen Lagerstand (in PM) aufweisen. Einen guten Überblick über die Variabilität der Lagerbewirtschaftung gibt die Bandbreite der monatlich vorliegenden Lagerstände. Diese bewegt sich für die steirische Gruppe zwischen 0,22 und 3,22 Produktionsmonaten und für die Gruppe Oberösterreichisch/Salzburg zwischen 0,34 und 3,57 Produktionsmonaten. Generell muss gesagt werden, dass Werke, die über ein Nasslager verfügen und dadurch der Problematik der Holzverblauung in geringerem Ausmaß ausgesetzt sind, höhere Lagerstände aufweisen.

Tabelle 14: Kennzahlenvergleich zwischen den Gruppen (Säge).

	Gruppe Steiermark				Gruppe Oberösterreich/Salzburg			
	J1	K1	L1	M1	J2	K2	L2	M2
Einschnitt [m³]	939.308	524.857	194.762	83.834	382.000	235.600	100.257	14.449
Übernahmemenge [m³]	977.511	549.386	171.671	k.A.	413.000	242.762	102.316	11.814
Anteil-Lieferprofil [%]	68	20	30-50	30	75	90-100	k.A.	k.A.
Importanteil [%]	16	20-30	k.A.	0	31	64	0	0
Bahnanteil [%]	33	30-35	25	k.A.	12	58	k.A.	k.A.
Anteil Kleinwald [%]	47	60	35	30	4	k.A.	68	3
Anteil Großwald [%]	53	40	51	70	39	k.A.	26	89
Anteil Handel [%]	x	x	14	X	57	k.A.	6	8
∅ Lagerstand Sägerundholz [m³]	51.153	27.590	29.263	8.292	34.167	11.399	7.626	1.720
∅ Lagerstand [PM]	0,65	0,63	1,80	1,19	1,07	0,58.	0,91	1,43
Bandbreite Lager [PM]	0,29- 1,41	0,39- 0,94	0,7-3,22	0,46- 1,99	0,45- 1,86	0,34- 0,78	0,41- 1,26	0,52- 3,57
∅ Vorlager [m³]	1.206	576	k.A.	k.A.	1.167	k.A.	k.A.	k.A.
Lagerkapazität Sägerundholz [m³]	70.000	46.000	50.000	k.A.	45.000	12.000	k.A.	3.500
Lagerkapazität Vorlager [m³]	5.000	4.000	10.000	k.A.	5.000	2.500	k.A.	k.A.

Der im Untersuchungszeitraum festgestellte Anteil des Transportes über die Schiene (Bahnanteil) zeigt sehr große Unterschiede. Die Bandbreite bewegt sich zwischen 12% und 58% und ist auf unternehmenspolitische und infrastrukturelle Ursachen zurückzuführen. Eine Zunahme des Bahnanteils ist jedenfalls generell feststellbar und wird sich nach Einführung des Road Pricings noch verstärken. Die mit den Projektbetrieben regelmäßig durchgeführten Workshops haben bei der logistischen Abwicklung des Bahntransportes große Informationsunterschiede aufgezeigt und legen gerade in diesem Bereich zukünftige überbetriebliche Zusammenarbeit nahe.

Eine Untersuchung der regionalen Verteilung der Einkaufsgebiete und Einkaufsmengen der in der Steiermark beteiligten Werke zeigt, dass ein interner Ausgleich bzw. gemeinsamer Einkauf zu einer Reduktion der durchschnittlichen Transportentfernung führt und wurde inzwischen von zwei Werken in die Tat umgesetzt. Ähnliche Überlegungen in der zweiten Gruppe, aufgrund der dortigen Ergebnisse angestellt, wurden mit dem Hinweis auf die Unterschiedlichkeit des eingekauften Produktes (Baumart, Dimension, Durchmesser) verworfen.

4.1.2.3 Papier

Die **Lieferströme** in der Papierindustrie (Abbildung 17) zeigen eine Spitze der Übernahmemengen im zweiten Quartal und eine Senke der Kurve im Juli und August. Die jahreszeitlich bedingte Senke im Winter wird durch Aufbau der Lager in der zweiten Jahreshälfte ausgeglichen. Ähnlich wie in der Sägeindustrie verstärken sich bei den meisten Werken die Mengenströme aus dem Inland und dem Ausland. Ausgehend vom geringeren Wert des Industrieholzes und der dadurch bedingten Abhängigkeit des Produktes vom Sägerundholzeinschlag lassen sich ähnliche Anlieferströme wie in der Sägeindustrie erkennen. Rein produktionstechnisch wäre nämlich in den Papierwerken eine sehr konstante Verbrauchskurve mit langfristig planbaren Übernahmemengen möglich.

Die direkt dem Kleinwald zurechenbaren Mengen sind sehr gering, da aufgrund der hohen umgesetzten Mengen und des dadurch bedingten logistischen Aufwands, der Großteil des aus dem bäuerlichen Kleinwald stammenden Holzes über den Holzhandel abgewickelt wird.

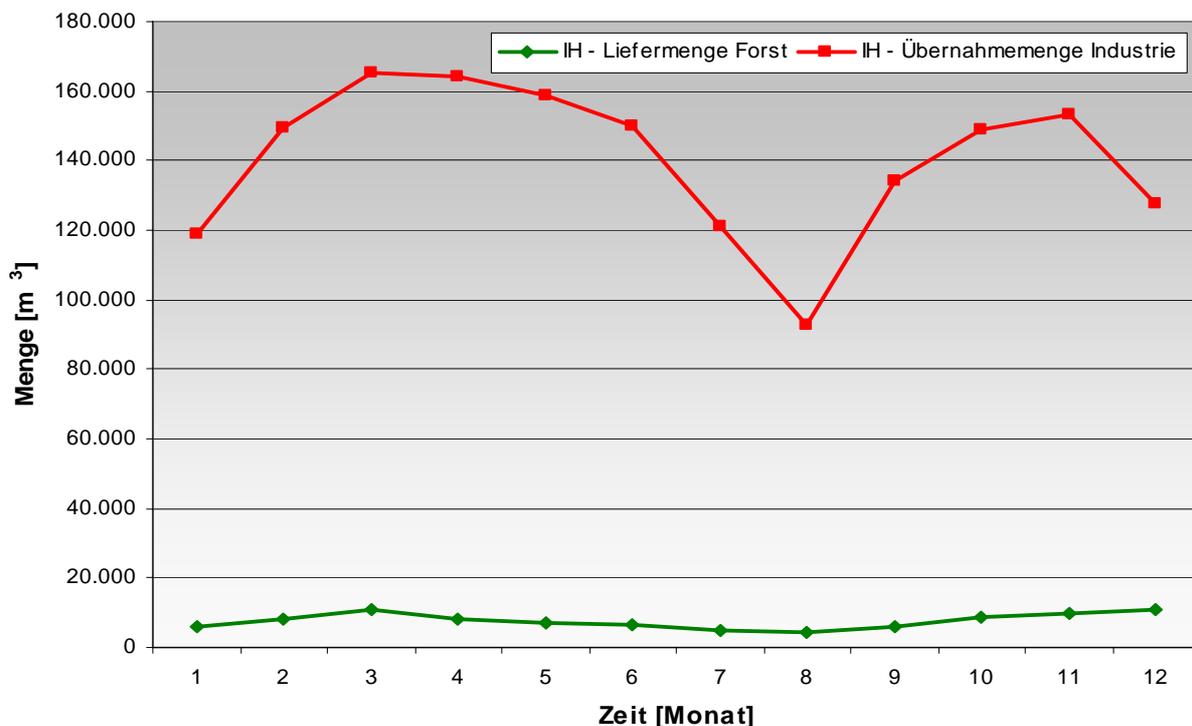


Abbildung 17: Gegenüberstellung Liefermenge und Übernahmemenge für Industrieholz für die Gruppe Oberösterreich/Salzburg.

Die durchschnittlichen **Lagerstände** beim Industrieholz (Tabelle 15) liegen in der Gruppe Oberösterreich/Salzburg zwischen 16.000 und 70.000 m³, was umgelegt auf Produktionsmonate Werte von über 2 ergibt. Die Lager für Hackgut bewegen sich zwischen 10.000 und 80.000 m³. Die monatlich teilweise sehr hohen Lagerstände erklären sich durch die geringe Wertigkeit des Rohstoffes in Relation zu den Kosten eines Produktionsausfalls verursacht durch einen Rohstoffausfall. Eine Reduktion der Lager in der Papierindustrie bedingt daher eine umso höhere Versorgungssicherheit durch die Lieferanten.

Der **Bahnanteil** am übernommenen Holz beträgt zwischen 0 und 62%. Das Werk ohne Bahnanteil bezieht ausschließlich Hackgut. Im Übrigen gelten die für die Sägeindustrie getroffenen Aussagen.

Tabelle 15: Kennzahlenvergleich zwischen den Gruppen (Papier).

	Gruppe Steiermark			Gruppe Oberösterreich/Salzburg			
	N1	O1	P1	N2	O2	P2	Q2
Verbrauch Hackgut [m³]	k.A.	489.534	k.A.	214.890	464.329	22.000	656.842
Verbrauch Faserholz [m³]	83.720	936.364	k.A.	20.800	408.237	754.080	54.600
Verbrauch Schleifholz [m³]	127.400	k.A.	k.A.	379.600	k.A.	k.A.	k.A.
Übernahme Hackgut [m³]	k.A.	476.453	k.A.	263.000	438.763	k.A.	681.800
Übernahme Faserholz [m³]	79.900	944.535	1.277.757	388.500	463.593	k.A.	58.900
Übernahme Schleifholz [m³]	90.100	k.A.			k.A.	k.A.	k.A.
Übernahme gesamt [m³]	170.000	1.420.988	k.A.	651.500	902.356	773.117	740.700
Importanteil Hackgut [%]	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	31	k.A.	37
Importanteil Industrieholz [%]	k.A.	29	k.A.	k.A.	19	k.A.	8
Importanteil gesamt [%]	k.A.	k.A.	k.A.	17	25	46	35
Bahnanteil [%]	X	x	x	10	k.A.	63	0
Anteil Kleinwald Industrieholz [m³]	X	x	136.236	9.500	1.681	k.A.	7.530
Anteil Großwald Industrieholz [m³]	X	x	481.175	111.000	248.211	k.A.	24.950
Anteil Sonstige [m³]	X	x	660.403	531.000 ³	125.845	k.A.	21.590
Anteil-Lieferprofil [%]	X	x	x	k.A.	k.A.	100	k.A.
ø Lagerstand Hackgut [Srm]	X	x	x	14.208	14.599	9.944	79.994
ø Lagerstand Industrieholz [m³]	X	x	x	51.083	65.303	70.028	15.809
Lagerkapazität Hackgut [Srm]	k.A.	71.429	k.A.	~20.000	35.000	18.000	260.000
Lagerkapazität Industrieholz [m³]	28.000	130.000	k.A.	77.000	40.000	95.000	25.000

4.1.3 Problemidentifikation

Basierend auf der Analyse der Grund- und Prozessdaten lassen sich für die Wertschöpfungskette Holz die in Tabelle 16 dargestellten Probleme identifizieren. Großer Handlungsbedarf besteht in der Einführung von standardisierten Informations- und Kommunikationssystemen.

³ Inklusive Hackgut

Tabelle 16: Probleme entlang der Wertschöpfungskette Holz.

Gemeinsamkeiten mit der Gruppe Steiermark		Unterschiede zur Gruppe Steiermark
Forst	<ul style="list-style-type: none"> • Auslastung der betriebseigenen Maschinen zu gering • Organisation des Transports unterschiedlich 	<ul style="list-style-type: none"> • Unterschiedliche Informations- und Kommunikationssysteme (IuK-Systeme) • Bäuerliche Waldverbände: - zu geringer Vermarktungsanteil in Bezug auf die gesamte im Kleinwald erzeugte Menge
Säge	<ul style="list-style-type: none"> • Lagerstände hoch • Hohe Qualitätsverluste am Vorlager • Starke Schwankungen in der Übernahmemenge (teilweise saisonal bedingt) • Import verstärkt Schwankungen in der Übernahmemenge • Werkssperre im August verstärkt Sommerloch der Zulieferung • Unterschiedliche Informations- und Kommunikationssysteme 	<ul style="list-style-type: none"> • Anteil Anliefermenge aus dem Kleinwald bei Großsägen sehr gering • Kleinsägenanteil vor allem in Salzburg sehr hoch
Papier	<ul style="list-style-type: none"> • Lagerstände hoch 	<ul style="list-style-type: none"> • Unterschiedliche IuK-Systeme (in der Steiermark war Papierholz Austria für gesamten Einkauf zuständig)

In der Gruppe Oberösterreich/Salzburg wurde zudem ein ganztägiger Workshop durchgeführt, mit dem Ziel, spezifische Probleme entlang der Wertschöpfungskette Holz herauszuarbeiten. Tabelle 17 zeigt die von den unterschiedlichen Branchen wahrgenommenen Probleme. So sieht z.B. die Forstwirtschaft keine Möglichkeit Holz kontinuierlich zu verkaufen, während die Säge- und Papierindustrie gleichzeitig den Eindruck hat, dass Holz nicht bedarfsgerecht bereitgestellt wird. Allen Branchen sehen die Notwendigkeit einer verbesserten Information und Kommunikation innerhalb der Wertschöpfungskette. Auch wirft man dem jeweiligen Marktpartner opportunistisches Verhalten vor.

Tabelle 17: Probleme entlang der Wertschöpfungskette Holz aus Sicht der jeweiligen Branche.

Problemwahrnehmung	
Forst	<ul style="list-style-type: none"> Keine Möglichkeit Holz kontinuierlich zu verkaufen Abnehmer halten sich nicht an Verträge Informations- und Kommunikationsdefizite mit Abnehmer Opportunistisches Verhalten des Marktpartners Qualitätsverlust durch zu lange Durchlaufzeiten
Säge	<ul style="list-style-type: none"> Informations- und Kommunikationsdefizite mit Lieferanten Holzaustausch innerhalb der Sägeindustrie derzeit nicht möglich Sägerundholz wird nicht bedarfsgerecht geliefert Risiko des Produktionsausfalls steigt bei niedrigen Lagerständen (Versorgungssicherheit) Opportunistisches Verhalten des Marktpartners Probleme bei der Transportsteuerung Gegenseitige Akzeptanz der Marktpartner fehlt
Papier	<ul style="list-style-type: none"> Papier von Sägebedarf (Lieferprofile) stark abhängig, da Industrieholz für Forst nur ein Kuppelprodukt Informations- und Kommunikationsdefizite mit Lieferanten Industrieholz wird nicht bedarfsgerecht angeliefert Industrieholz wird verstärkt am Monatsende angeliefert Risiko des Produktionsausfalls steigt bei niedrigen Lagerständen (Versorgungssicherheit) Opportunistisches Verhalten des Marktpartners Probleme bei der Transportsteuerung Gegenseitige Akzeptanz der Marktpartner fehlt

4.2 Frachtstudie

4.2.1 Ladezeiten im Wald

Die Ladezeit im Wald wird aus der Differenz Abfahrt Wald und Ankunft Wald berechnet. Die mittlere Ladezeit im Wald beträgt 1:14 Stunden bei einer Standardabweichung von 0:46 (Tabelle 18). Das Minimum liegt bei 3 Minuten und das Maximum bei 14:15 Stunden, wodurch sich eine Spannweite von 14:12 Stunden ergibt. 95% aller Ladevorgänge sind allerdings schon innerhalb von 2:30 Stunden abgeschlossen. Das hohe Maximum kann auf Arbeit im Wald (Vortransport, Regiearbeit) zurückgeführt werden. Die Häufigkeitsverteilung verdeutlicht diese Problematik (Abbildung 18). Für die weitere Analyse der Ladezeiten werden alle Datensätze mit einer Ladezeit größer als 3 Stunden nicht berücksichtigt.

Tabelle 18: Deskriptive Statistik der Ladezeiten im Wald (Rohdaten).

Ladezeit im Wald [hh:min]	
Mittelwert	1:14
Median	1:05
Standardabweichung	0:46
Minimum	0:03
Maximum	14:15
Spannweite	14:12
5%-Quantile	0:30
95%-Quantile	2:30

Für die Ladezeiten konnten 2.783 Datensätze ausgewertet werden (Tabelle 19). Die Anzahl der Datensätze weicht zum einen durch das System der Aufzeichnung von der Gesamtanzahl ab und zum anderen durch das Ausscheiden jener Daten mit einer Ladezeit größer als 3 Stunden. Gruppen- und betriebsabhängig schwankten die mittleren Ladezeiten zwischen 1:02 Stunden (Forstbetriebe Oö-Sbg-Mai04) und 1:11 Stunden (Kleinwald Oö-Sbg-Mai04). Der Mittelwert über alle Studien beträgt 1:08 Stunden, wobei der wahre Mittelwert mit 95%iger Wahrscheinlichkeit zwischen 1:05 Stunden und 1:10 Stunden liegt. Insgesamt liegen die Ladezeiten der einzelnen Studien sehr nahe zusammen (Abbildung 19). Ein Unterschied zwischen den Studien ist optisch nicht erkennbar.

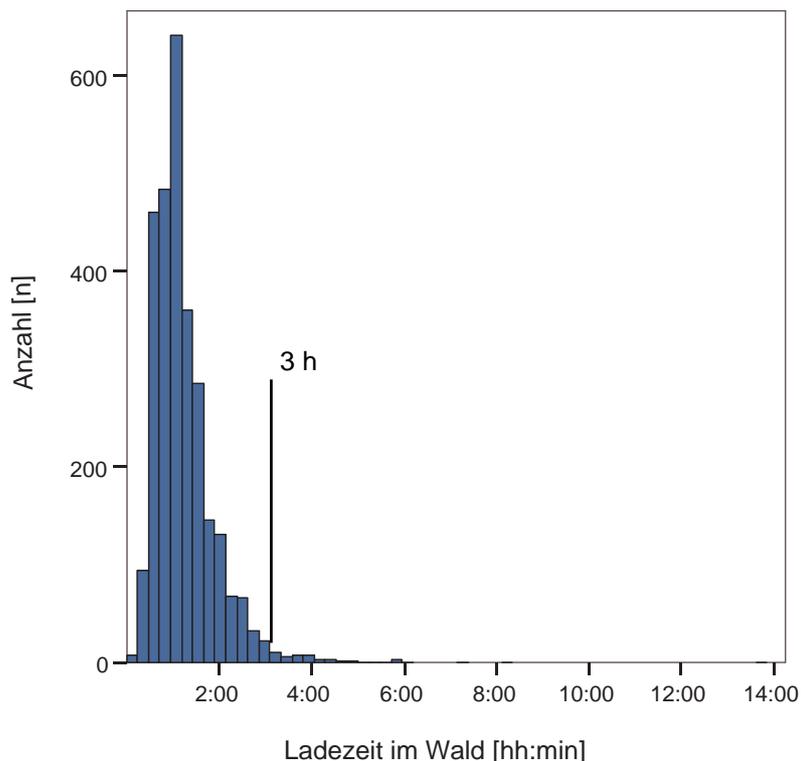


Abbildung 18: Häufigkeitsverteilung der Ladezeit im Wald (Rohdaten).

Bei der Analyse der Mittelwerte mittels Scheffé-Test konnten keine Unterschiede festgestellt werden, was bedeutet, dass sich die Mittelwerte der einzelnen Studien nicht signifikant unterscheiden. Für die weitere Auswertung können die Daten hinsichtlich der Ladezeiten zusammengefasst werden.

Tabelle 19: Mittlere Ladezeiten im Wald nach Betriebskategorie und Studien gegliedert.

Betriebskategorie	Studie	Mittelwert [hh:min]	95%-Konfidenzintervall [hh:min]		Datensätze [n]
			Untergrenze	Obergrenze	
Kleinwald	Stmk	1:10	1:07	1:13	457
	Oö-SBG	1:02	0:57	1:07	149
	Oö-SBG-Mai04	1:11	1:02	1:21	46
	gesamt	1:08	1:04	1:12	652
Forstbetriebe	Stmk	1:10	1:09	1:12	1.750
	Oö-SBG	1:09	1:05	1:13	257
	Oö-SBG-Mai04	1:02	0:57	1:08	124
	gesamt	1:07	1:05	1:10	2.131
Gesamt	Stmk	1:10	1:08	1:12	2.207
	Oö-SBG	1:07	1:02	1:09	406
	Oö-SBG-Mai04	1:05	1:02	1:12	170
	gesamt	1:08	1:05	1:10	2.783

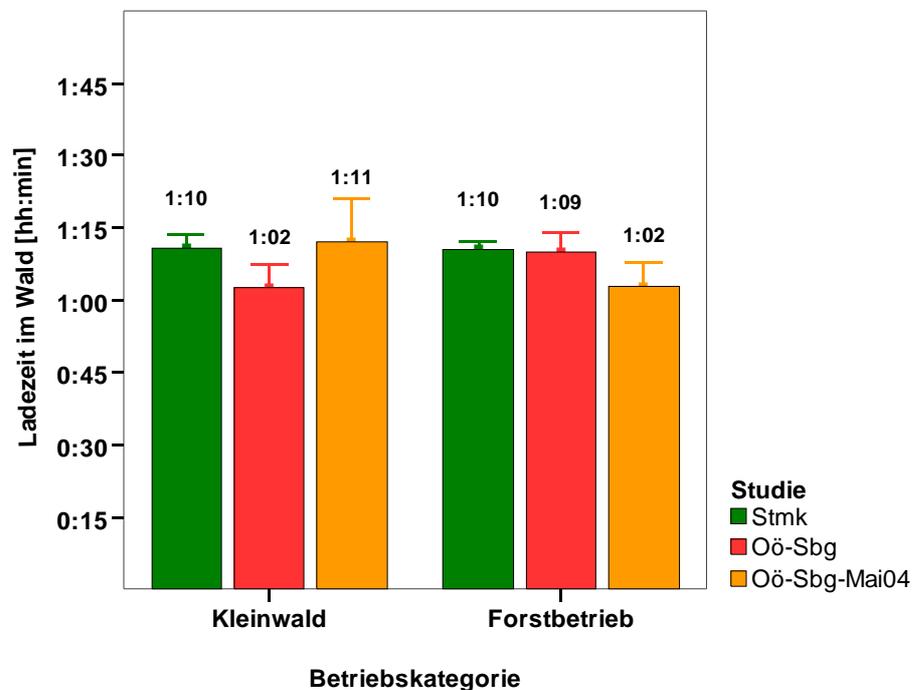


Abbildung 19: Mittlere Ladezeiten im Wald mit 95%-Konfidenzintervall getrennt nach Betriebskategorie und Studien (Ladezeiten kleiner 3h).

Die Variabilität der Ladezeiten getrennt nach Betriebskategorie ist in Abbildung 20 mit Hilfe von Boxplots dargestellt. Der Boxplot beinhaltet folgende statistische Größen:

- Median
- 5%-, 25%-, 75%-, und 95%-Perzentile
- Ausreißer

Der Median der Ladezeit liegt unabhängig von der Betriebskategorie bei ca. 1:00 Stunde. Zwischen 0:45 und 1:30 Stunden (roter Bereich) waren 50% aller Fuhren beladen. Die Varianzanalyse zeigt, wie die Boxplots bereits vermuten lassen, keine signifikanten Unterschiede zwischen Beladen im Kleinwald und Forstbetrieb.

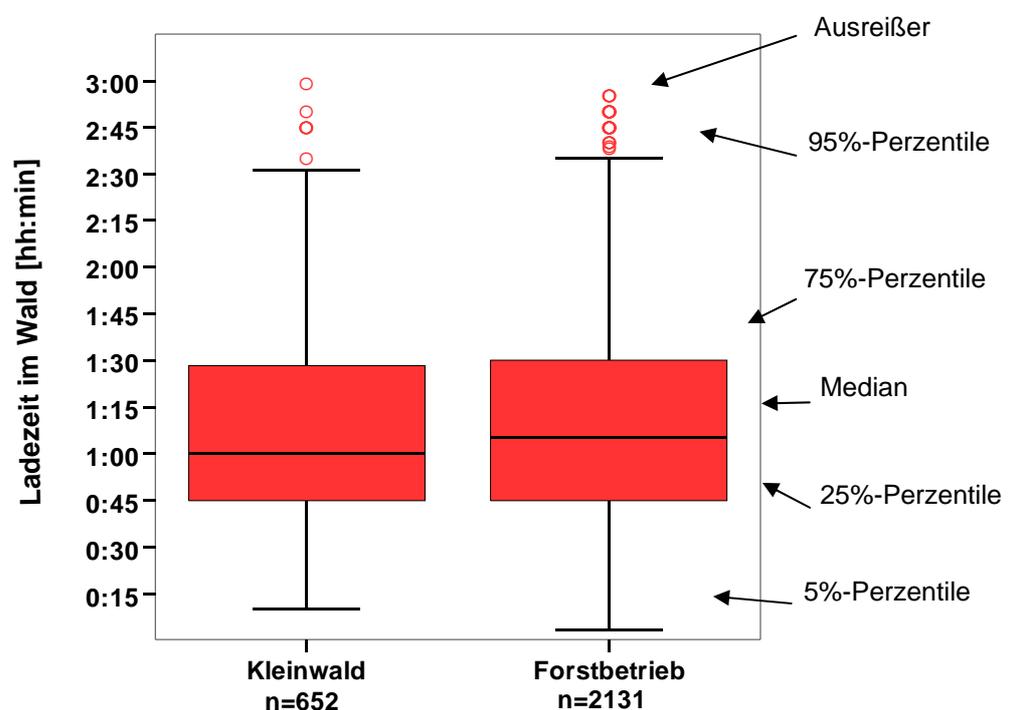


Abbildung 20: Ladezeiten im Wald getrennt nach den Betriebskategorien (Ladezeiten kleiner 3h).

Die Mai-Studie Oberösterreich/Salzburg beinhaltet zusätzliche Informationen in Bezug auf die Ladezeit im Wald (Tabelle 4). So wurde die Anzahl der Ladestellen und der Parameter Vorführen in das Fahrtenbuch aufgenommen. Unter Vorführen wird hier verstanden, dass der Anhänger an einem weiter entfernten Platz abgestellt wird und der Motorwagen zweimal zu den Poltern fahren muss, um den gesamten LKW-Zug zu beladen. Abbildung 21 weist die Ladezeiten für die Studie Oberösterreich/Salzburg (Mai 2004) in Abhängigkeit vom Faktor Vorführen aus. In diese Auswertung sind alle aufgezeichneten Ladezeiten eingeflossen. Durch das Vorführen steigt die mittlere Ladezeit im Wald um rund 55% von 1:05 Stunden auf 1:41 Stunden. Es muss angemerkt werden, dass die Gesamtzahl an Datensätzen relativ gering ist. Die Aufteilung auf die zwei Kategorien ist ebenfalls sehr unausgewogen. So war Vorführen nur bei 8% der aufgezeichneten Fahrten notwendig.

Die Ladestellen waren in der Studie Oberösterreich/Salzburg Mai 2004 als Anzahl der notwendigen Stopps (gezählt über Absteigevorgänge vom Ladekran) für die Beladung einer Fuhre definiert. Es standen im Fahrtenbuch folgende Werte zur Auswahl:

- keine Angabe,
- 1, 2, 3, 4 Ladestellen,
- mehr als 4 Ladestellen.

Die Beladezeit nimmt stetig mit steigender Anzahl an Ladestellen zu (Abbildung 22). Es ist zu beachten, dass es sich hier um eine ordinalskalierte Variable handelt, deshalb wird der Begriff stetig verwendet. Die Ladezeiten für die Mai-Studie scheinen bei den Forstbetrieben geringfügig niedriger zu sein. So beträgt die Differenz bei 3 Ladestellen zwischen Forstbetrieb und Kleinwald knapp 10 Minuten. Die mittleren Ladezeiten über die gesamte Studie unterscheiden sich wie bereits gezeigt nicht. In 48% der Fuhren waren zwei bis drei Stopps für die Beladung notwendig. Mehr als vier Ladestellen mussten bei 24% der Fuhren angefahren werden (Abbildung 23).

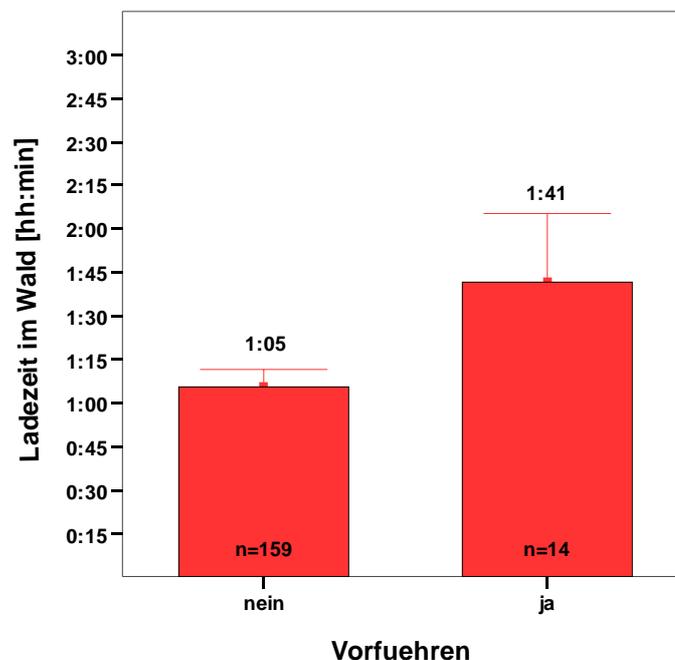


Abbildung 21: Ladezeiten für die Studie Oberösterreich/Salzburg Mai 2004 in Abhängigkeit von der Variable Vorfuehren.

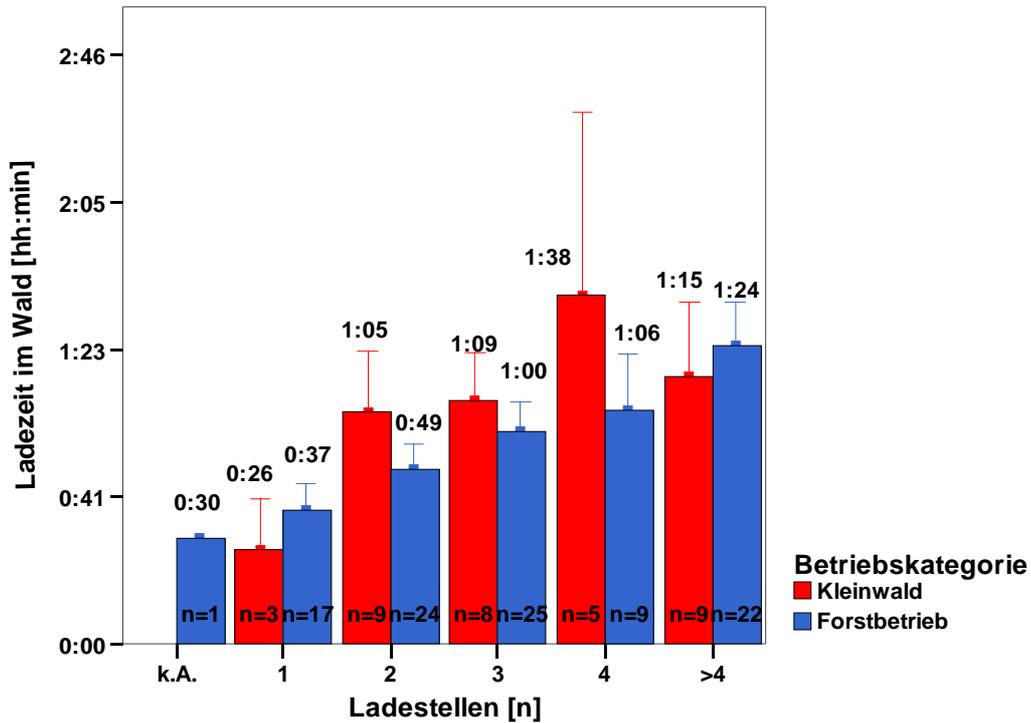


Abbildung 22: Mittlere Ladezeiten für die Studie Oberösterreich/Salzburg Mai 2004 in Abhängigkeit von der Anzahl der Ladestellen getrennt nach Betriebskategorie.

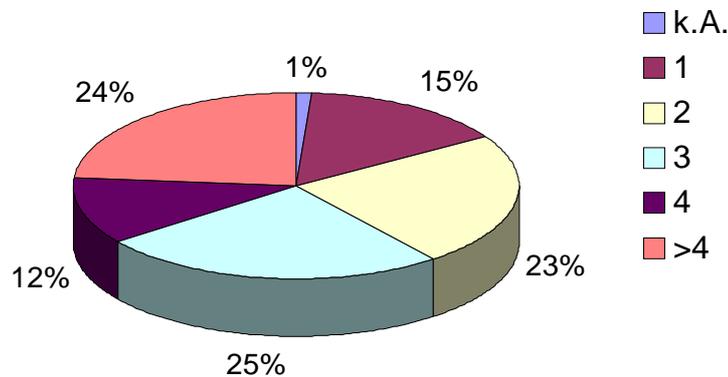


Abbildung 23: Häufigkeiten der Anzahl von Ladestellen für die Studie Oberösterreich/Salzburg Mai 2004.

Unter der Annahme, dass die Auswahl der Sortimente von der Kategorie des Abnehmers bestimmt wird, erfolgt die Analyse der Ladezeiten getrennt nach Säge und Papier. Abbildung 24 deutet auf eine Differenz bei den Ladezeiten hin. Der Median der Zeit für das Laden von Sägerundholz liegt bei ca. 1 Stunde, während der Median für Industrieholz um rund 15 Minuten höher ist. Die mittleren Ladezeiten für die Säge betragen 1:08 Stunden und jene für Papier 1:24 Stunden (Tabelle 20). Die Mittelwerte unterscheiden sich auch nach den Ergebnissen der Varianzanalyse hochsignifikant. Für das vorliegende Datenmaterial kann daher festgestellt werden, dass die mittlere Ladezeit für den Abnehmer Papier um knapp 24% höher ist als für die Säge.

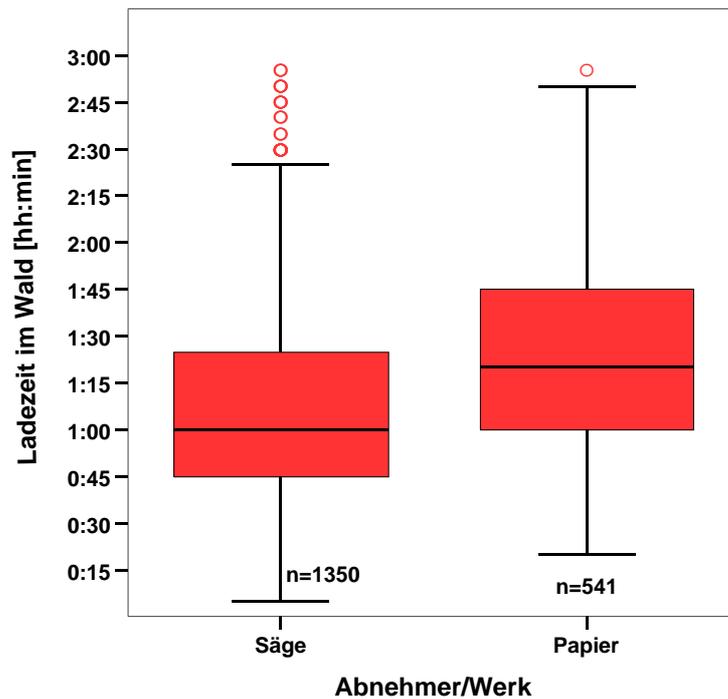


Abbildung 24: Ladezeiten im Wald über der Abnehmerkategorie (Ladezeiten kleiner 3h - Studie gesamt).

Tabelle 20: Mittlere Ladezeit im Wald getrennt nach Säge und Papier (Ladezeiten kleiner 3 Stunden).

	Mittel [hh:min]	Stabw.	95%-Konfidenzintervall [hh:min]		Datensätze [n]
			Obergrenze	Untergrenze	
Säge	1:08	0:30	1:07	1:10	1.350
Papier	1:24	0:31	1:21	1:27	541
Gesamt	1:13	0:31	1:11	1:14	1.891

Die Verteilung der Arbeitszeit beim Holztransport von der Waldeinfahrt bis zum Verlassen des Waldes hat Strunk (2003) untersucht. Dabei wird für das Laden 46% der Gesamtzeit beansprucht. Die Fahrzeiten von der Einfahrt Wald bis zur Ausfahrt aus dem Wald betragen in Summe 40%. Weitere 10% der Zeit benötigt die Fahrer für die Sicherung der Ladung.

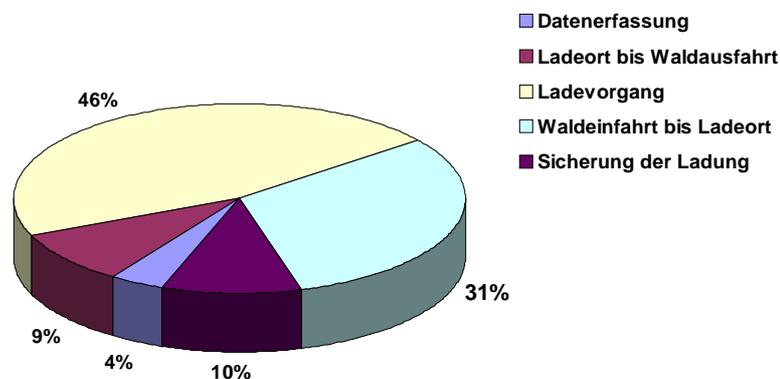


Abbildung 25: Verteilung der Arbeitszeit im Wald beim Holztransport (Strunk, 2003).

4.2.2 Distanzen Wald - Werk

Die Höhe der Transportdistanzen ist für die gesamten Transportkosten von großer Bedeutung. Durch politische Maßnahmen (Road Pricing) wird zusätzlicher Druck auf die Wirtschaft ausgeübt. Die mittlere Transportdistanz vom Wald zur Säge beträgt für die Gruppe Steiermark 56 km und für die Gruppe Oberösterreich/Salzburg 92 km (Abbildung 26). Die Differenz in der mittleren Transportdistanz für die Kategorie Papier ist im Vergleich noch größer. In der Steiermark liegt die Distanz bei 67 km und in Oberösterreich/Salzburg bei 120 km.

Die Varianzhomogenität, eine Voraussetzung für die Durchführung der Varianzanalyse, ist für die vorliegenden Daten (Distanzen) nicht gegeben. In diesem Fall wird im Allgemeinen empfohlen das Signifikanzniveau von $p=0,05$ auf $p=0,01$ zu senken (Bühl und Zöfel, 2002).

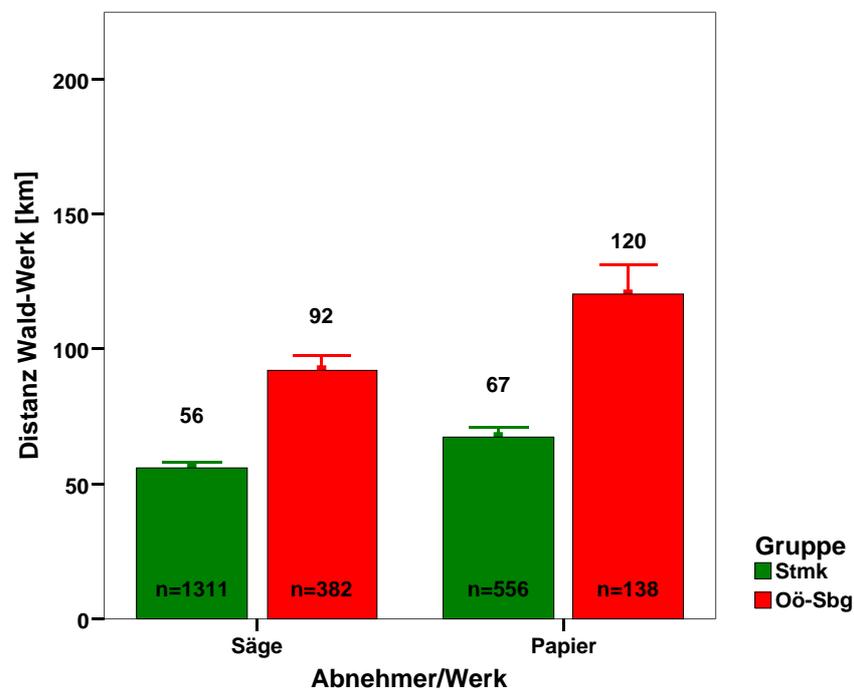


Abbildung 26: Durchschnittliche Distanzen Wald - Werk zu Säge und Papier für die Projektgruppen Steiermark und Oberösterreich/Salzburg.

Die Unterschiede zwischen den Projektgruppen (Säge und Papier) sind trotz der Einschränkungen hochsignifikant. Die mittlere Transportdistanz von 100 km bei der Projektgruppe Oberösterreich/Salzburg liegt um rund 70% höher als jene der Steiermark mit rund 60 km (Tabelle 21).

Dieser Umstand könnte auf Eigenheiten im Datenmaterial zurückzuführen sein (fehlende Varianzhomogenität). Die Auswahl der Transportunternehmen erfolgte im Rahmen der Studie ebenfalls nicht zufällig. In der Steiermark wurden 1.867 Fahrten aufgezeichnet. In Oberösterreich/Salzburg stehen hingegen nur 520 Fahrten für die Analyse zur Verfügung. Ob die Transportdistanzen für diese Projektgruppe in dem hier gezeigten Ausmaß über jenen der Steiermark liegen kann daher nicht gesichert festgestellt werden.

Tabelle 21: Durchschnittliche Distanzen Wald - Werk für die Projektgruppen getrennt nach Säge und Papier.

Projektgruppe	Gruppe	Mittel [km]	95%-Konfidenzintervall [km]		Datensätze [n]
			Obergrenze	Untergrenze	
Steiermark	Säge	56	53	58	1.311
	Papier	67	64	71	556
	Gesamt	59	58	61	1.867
Oberösterreich/ Salzburg	Säge	92	88	97	382
	Papier	120	113	127	138
	Gesamt	100	95	105	520
Insgesamt	Säge	64	62	66	1.693
	Papier	78	74	82	694
	Gesamt	68	66	70	2.387

Die Distanzen Wald-Werk schwanken erheblich in Abhängigkeit vom jeweiligen Abnehmer. In der Steiermark reicht die Bandbreite der mittleren Transportdistanzen von 34 km (P3) bis zu 144 km (S8). In Oberösterreich/Salzburg liegt die kleinste mittlere Distanz bei 72 km (N2) und die größte bei 193 km (P6). An dieser Stelle muss nochmals darauf hingewiesen werden, dass die Auswahl der für die Studie herangezogenen Fahrzeuge und Frachtunternehmer nicht zufällig erfolgt ist.

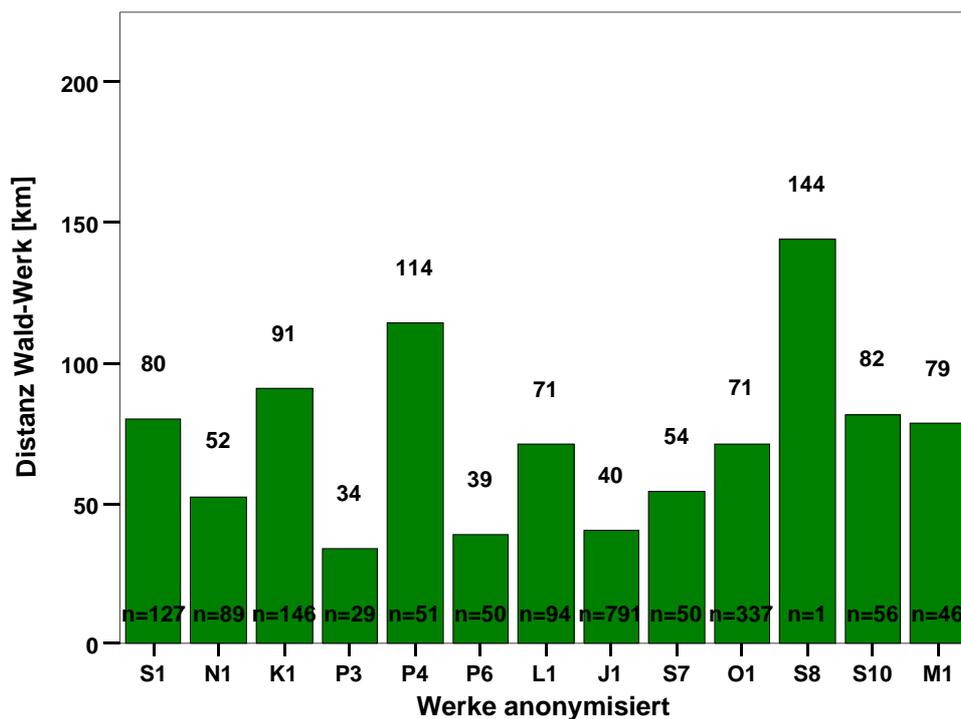


Abbildung 27: Mittlere Distanzen nach Werken für die Projektgruppe Steiermark (Werke anonymisiert).

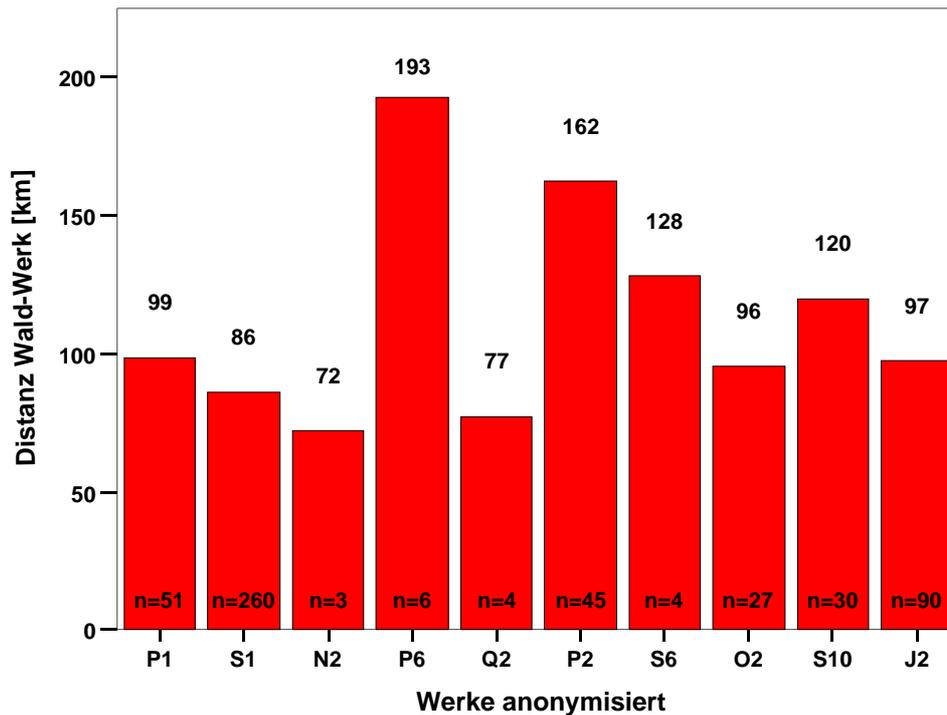


Abbildung 28: Mittlere Distanzen nach Werken für die Projektgruppe Oberösterreich/Salzburg (Werke anonymisiert).

4.2.3 Ankunfts- und Verweilzeit im Werk

Ein Problem, welches immer wieder diskutiert wird, sind die Wartezeiten bei der Übernahme von Sägerundholz und Industrieholz in den Werken. Eine direkte Aussage über die Wartezeit (Ankunft beim Werk bis Zeitpunkt Übernahme) ist mit den zur Verfügung stehenden Daten nicht möglich, da die prozessbedingte Zeit der einzelnen Werke nicht bekannt ist. Unter der Prozesszeit im Werk werden hier folgende Tätigkeiten verstanden:

- Abwicklung der Formalitäten für die Übernahme.
- Gewichtsmessung inkl. Probenahme für die Feuchtigkeitsbestimmung.
- Entladen.

Neben der Verweilzeit ist auch die Frequenz der ankommenden Fahrzeuge von hohem Interesse. Ideal aus Sicht der Transportunternehmen und Werke wäre eine konstante Verteilung der Ankünfte über den Tag, die Woche und das Monat.

Die Ankunftszeitenverteilung bei den Sägewerken in der Steiermark zeigt über den Tag keine besonderen Spitzen (Abbildung 29). Rund 7% der Fuhren eines Tages erreichten das Werk in der Stunde um 6 Uhr (5:30 und 6:29). Ein geringer Teil der LKW-Fahrer hat das Werk deutlich vor Öffnung der Übernahme angefahren. Dadurch ergaben sich auch die hohen Verweilzeiten von 2:43 Stunden um 4 Uhr (Abbildung 30). Die Verweilzeit über den Tag schwankte, abgesehen von den Ankünften vor der Werksöffnung, zwischen 20 und 55 Minuten. Neben den Mittelwerten, repräsentiert durch die Balken, zeigt das Diagramm das Konfidenzintervall (95%) für den Mittelwert an.

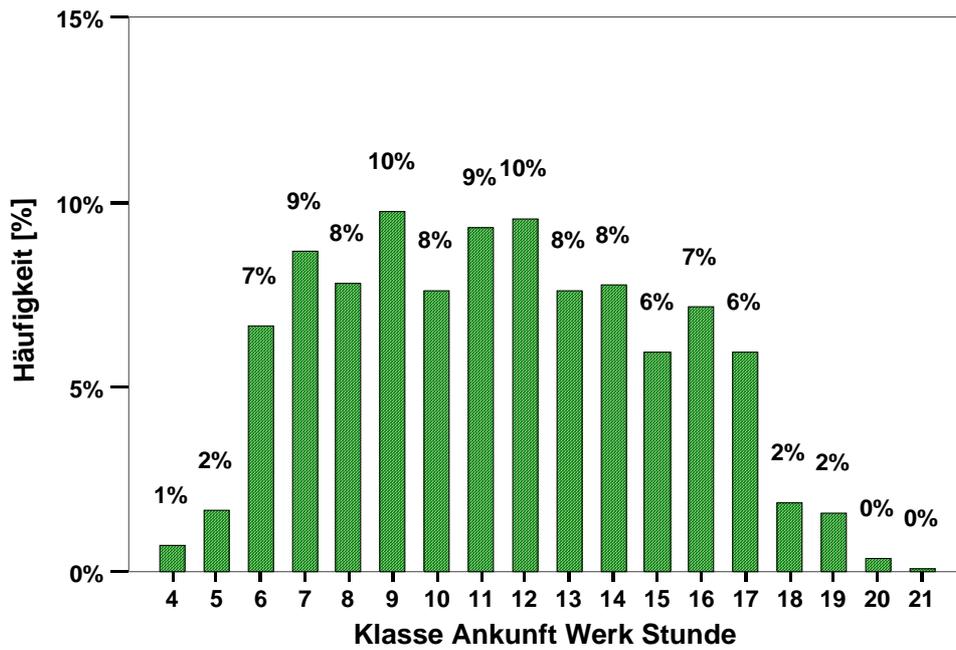


Abbildung 29: Ankunftszeiten in der Gruppe Steiermark für die Sägewerke über den Tag.

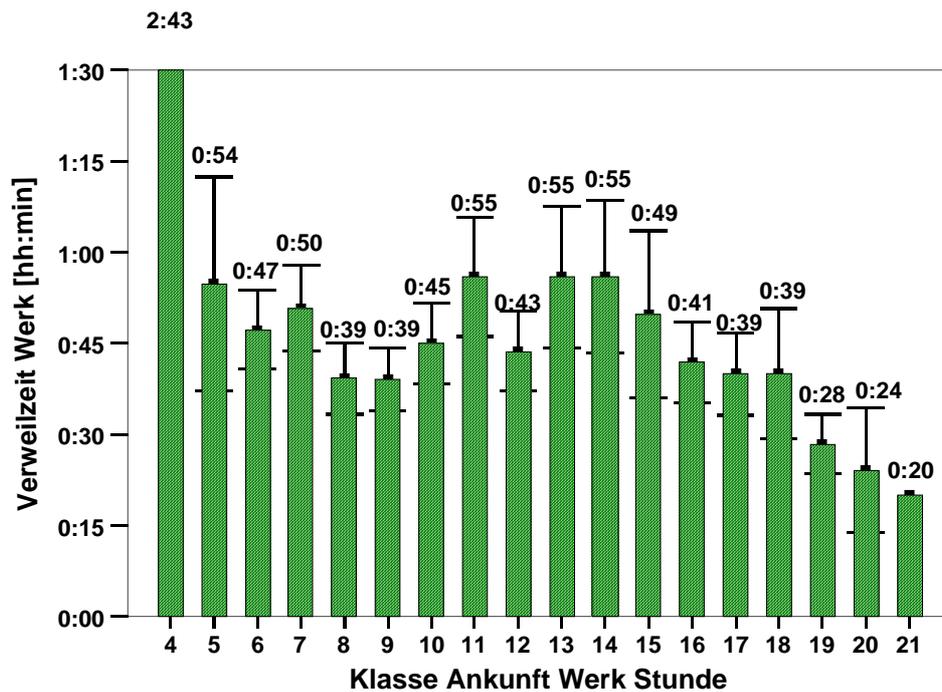


Abbildung 30: Verweilzeiten im Sägewerk in der Steiermark im Tagesverlauf.

Die Gruppe Papier Steiermark zeigt ein ähnliches Bild. Die Anlieferung erfolgt gleichmäßig über den Tag verteilt (Abbildung 31). Die Verweilzeiten scheinen vor allem in der Zeit zwischen 5:30 Uhr und 9:30 Uhr etwas höher zu sein. Ab 10:30 Uhr beträgt die Verweilzeit bei den Werken rund eine halbe Stunde (Abbildung 32). Es ist daher anzunehmen, dass am Vormittag neben der Anfuhr von Industrieholz aus dem Forst auch die Frequenz der Fahrten anderer Zulieferer (Sägenebenprodukte) höher ist.

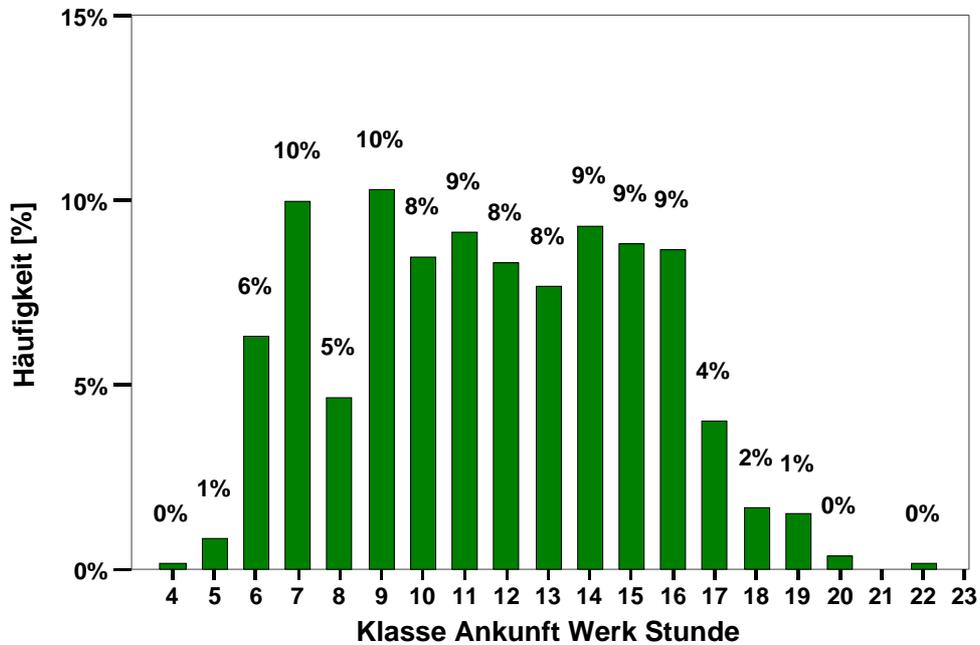


Abbildung 31: Ankunftszeitenverteilung im Tagesverlauf für die Gruppe Papier Steiermark.

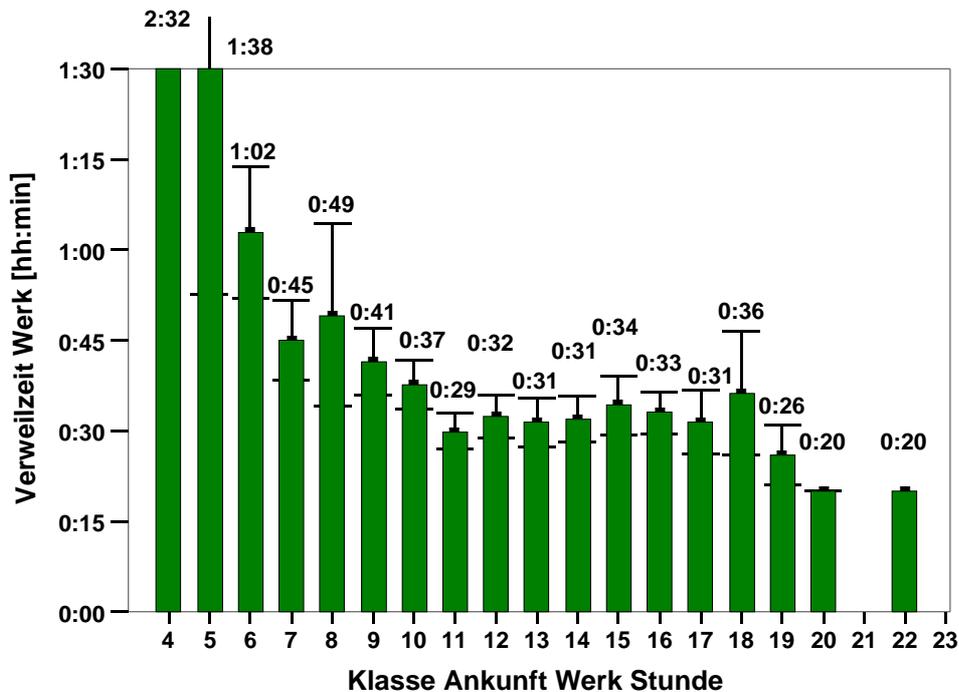


Abbildung 32: Verweilzeiten in Stunden für die Gruppe Papier Steiermark.

In Oberösterreich/Salzburg sind für Säge und Papier wesentlich mehr Ankünfte außerhalb der Übernahmezeiten zu verzeichnen. Dadurch ergeben sich lange Verweilzeiten, welche nur in beschränktem Ausmaß als Wartezeiten verstanden werden können. Im Tagesverlauf für die Säge sind zwei Spitzen erkennbar. Die erste liegt in der Stunde um 7 Uhr, wo rund 15% der Fahrzeuge das Werk erreichen. In der Mittagszeit ist eine zweite Anlieferungsspitze erkennbar, welche mit 12% etwas niedriger als jene um 7 Uhr ausfällt (Abbildung 33). Die Verweilzeiten betragen in der Früh um 6 Uhr im Mittel 57 Minuten und nehmen über den Tag leicht ab. Vor der Spitze in der Mittagszeit erreicht das Stundenmittel der Verweilzeit den Stand von 37 Minuten und steigt gegen Mittag wieder auf 45 Minuten an (Abbildung 34).

Die aufgezeichneten Fahrten der Studie Oberösterreich/Salzburg zeigen für die Gruppe Papier eine ausgeprägte Morgenspitze. 29% der Fahrten erreichten zwischen 5:30 Uhr und 6:29 Uhr die Werke. Von 4:30 Uhr bis 6:29 Uhr erfolgen 40% aller Lieferungen aus dem Forst bezogen auf die Studiendaten (Abbildung 35). Die mittlere stündliche Verweilzeit am Morgen (6 Uhr) ist für die Gruppe Papier mit 1:08 Stunden ebenfalls relativ hoch. Die Anzahl der Ankünfte außerhalb der Öffnungszeiten ist im Vergleich zu den anderen Gruppen ebenfalls höher. Von Transportunternehmern wird die frühe Ankunft in den Werken und die damit bewusst in Kauf genommene Wartezeit damit begründet, dass bei späteren Ankünften es nicht möglich ist auf mindestens 3 Transporteinheiten pro Tag zu kommen, was aber aufgrund von Kostenüberlegungen notwendig ist.

In der Steiermark erfolgte die Anlieferung zu den Sägewerken vor allem in der ersten Wochenhälfte (Montag bis Mittwoch). Donnerstag und Freitag stellen aus Sicht der Säge schwächere Tage dar, wobei von der wöchentlichen Gesamtanlieferung 18% am Donnerstag und 14% am Freitag (Abbildung 37) getätigt worden sind. Die Verweilzeit nimmt entsprechend der geringeren Anlieferungsfrequenz gegen Ende der Woche ab. Das Tagesmittel von 52 Minuten am Dienstag sinkt um knapp 29% auf 37 Minuten am Freitag (Abbildung 38).

Die Situation für die Gruppe Papier Steiermark stellt sich ähnlich dar: geringere Anlieferungen am Donnerstag und Freitag (Abbildung 39). Inwieweit sich hier die Feiertage im Mai und Juni auswirken kann nicht gesagt werden. Im Studienzeitraum April bis Mai 2002 der ersten Studie fielen zwei Feiertage auf einen Donnerstag. Die mittlere Verweilzeit verändert sich im Vergleich zur Gruppe Säge kaum. Sie erreicht am Freitag mit 45 Minuten den höchsten Wert (Abbildung 40). Die Berechnung der mittleren Verweilzeiten erfolgte ohne die Werte der Nachtankünfte, da die Zeit bis zur Öffnung der Übernahme nicht als „echte“ Wartezeit bezeichnet werden kann.

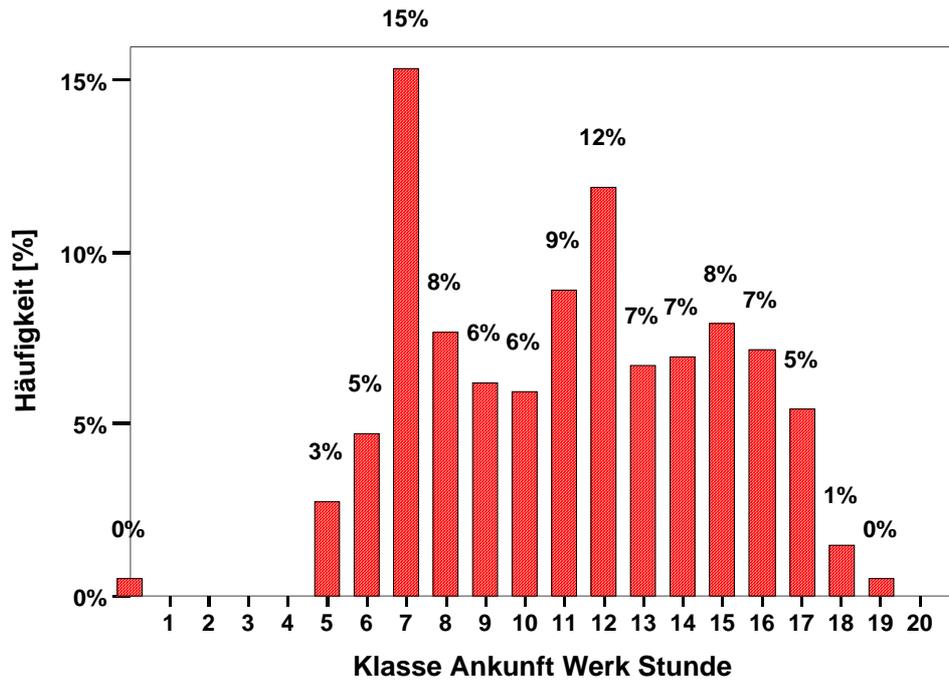


Abbildung 33: Ankunftszeitenverteilung über den Tag für die Gruppe Säge Oberösterreich/Salzburg.

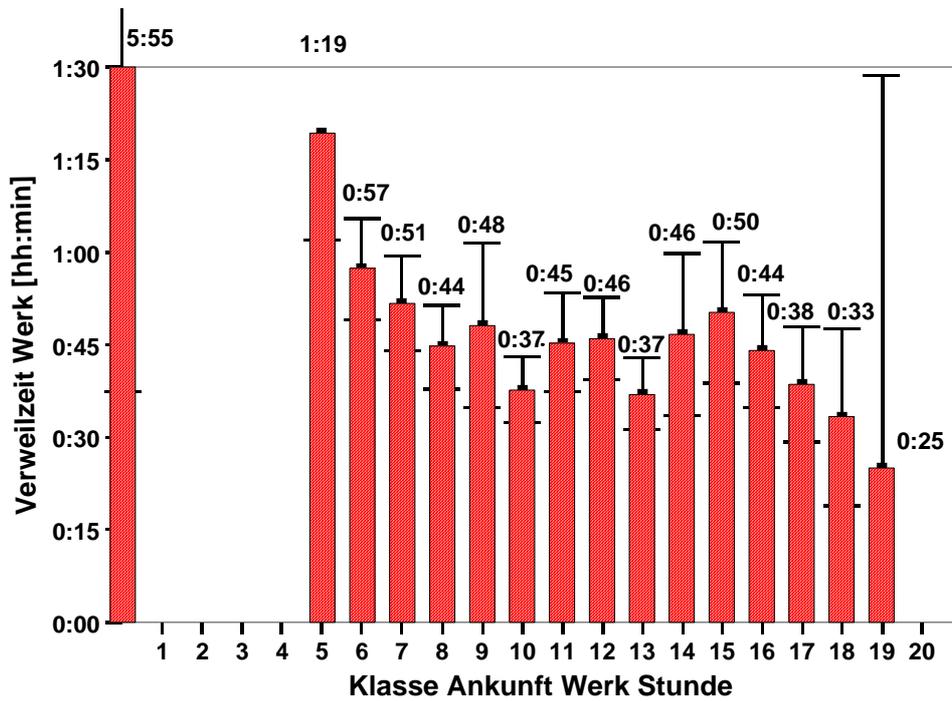


Abbildung 34: Verweilzeit in Stunden für die Gruppe Säge Oberösterreich/Salzburg über den Tag.

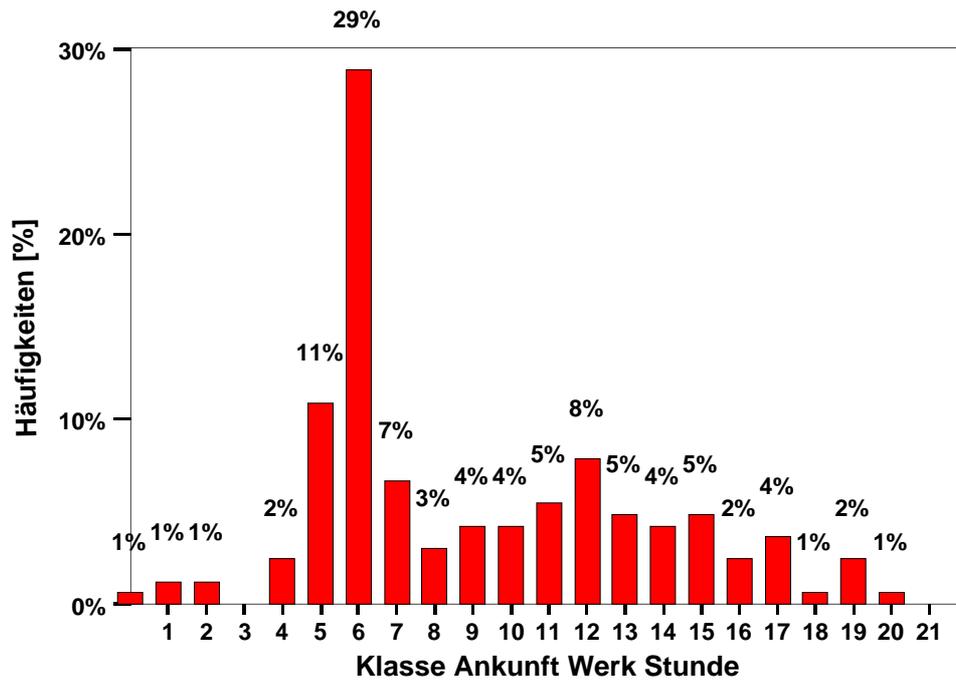


Abbildung 35: Ankunftszeitverteilung für die Gruppe Papier Oberösterreich - Salzburg über den Tag.

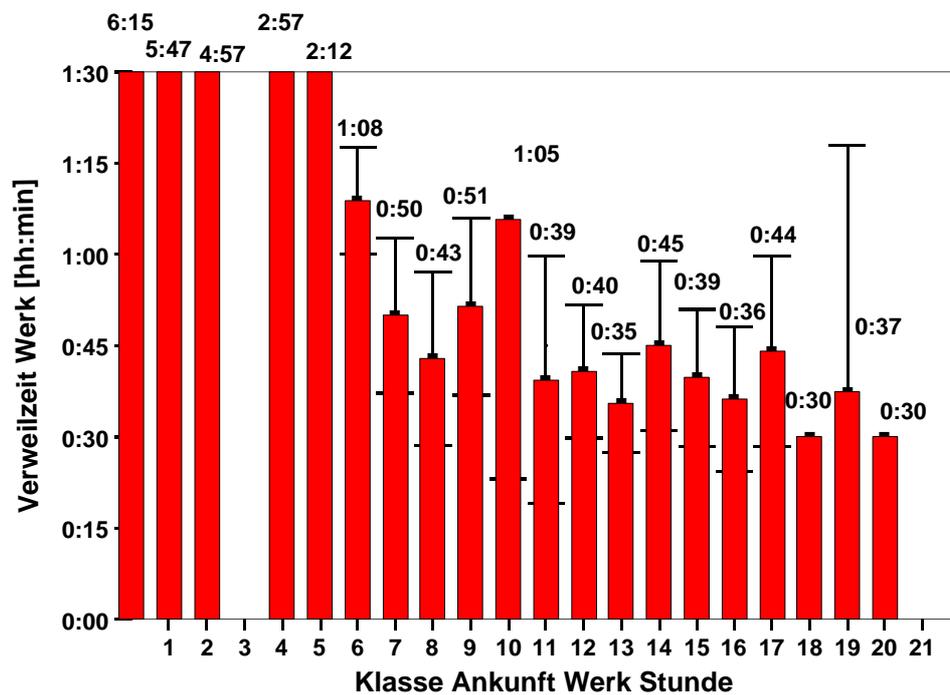


Abbildung 36: Mittlere stündliche Verweilzeit für die Gruppe Papier Oberösterreich/Salzburg über den Tag.

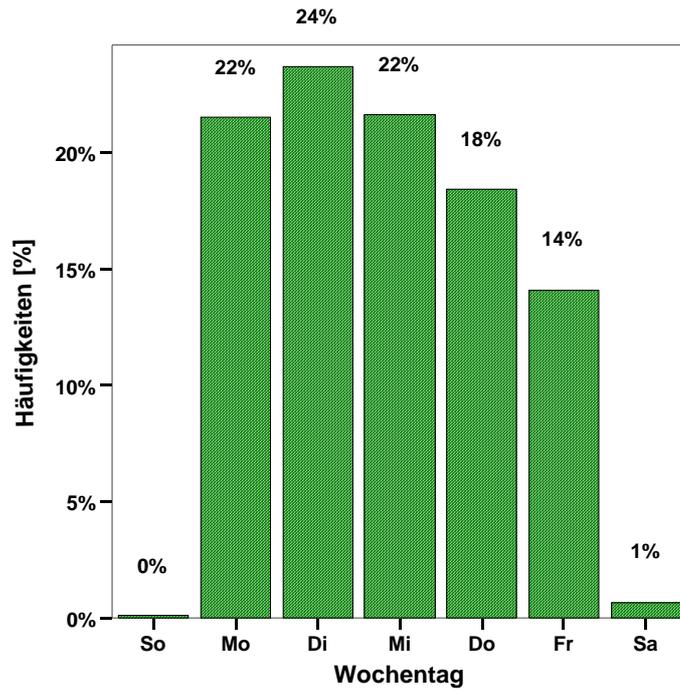


Abbildung 37: Ankunftsverteilung für die Gruppe Säge Steiermark über die Woche.

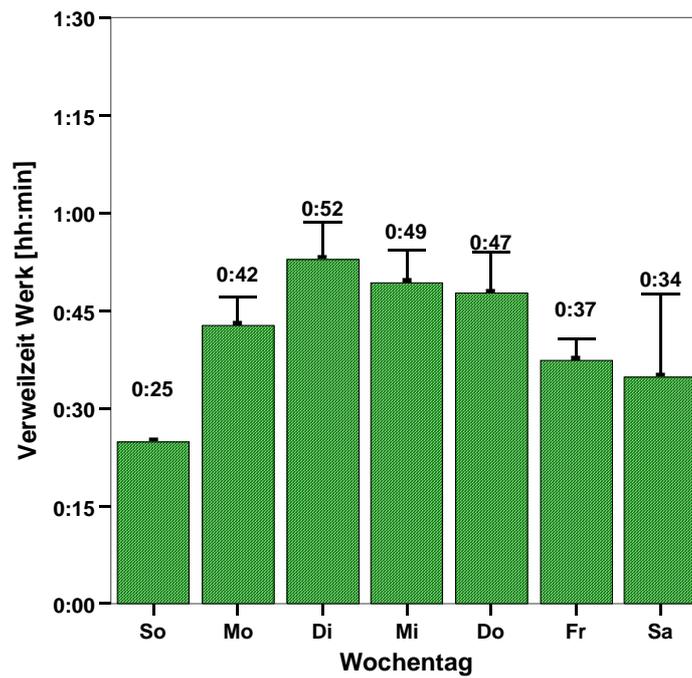


Abbildung 38: Mittlere tägliche Verweilzeit für die Gruppe Säge Steiermark über die Woche.

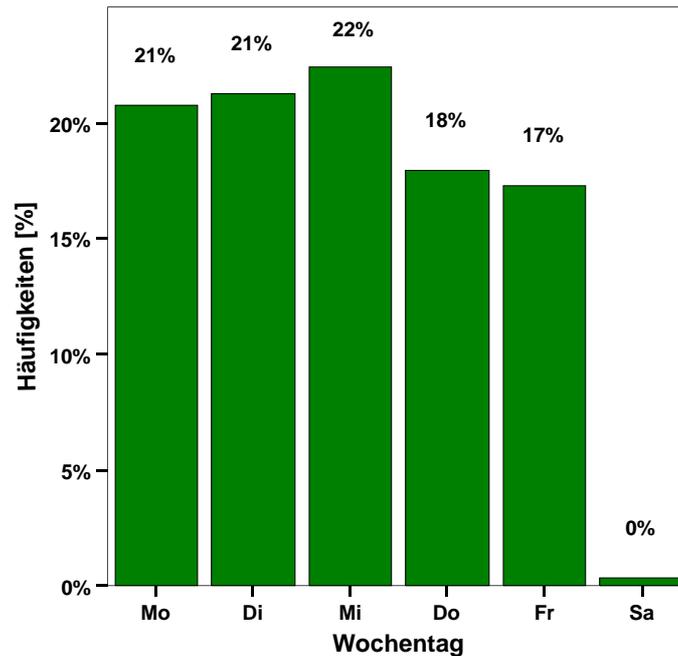


Abbildung 39: Ankunftsverteilung über die Woche für die Gruppe Papier Steiermark.

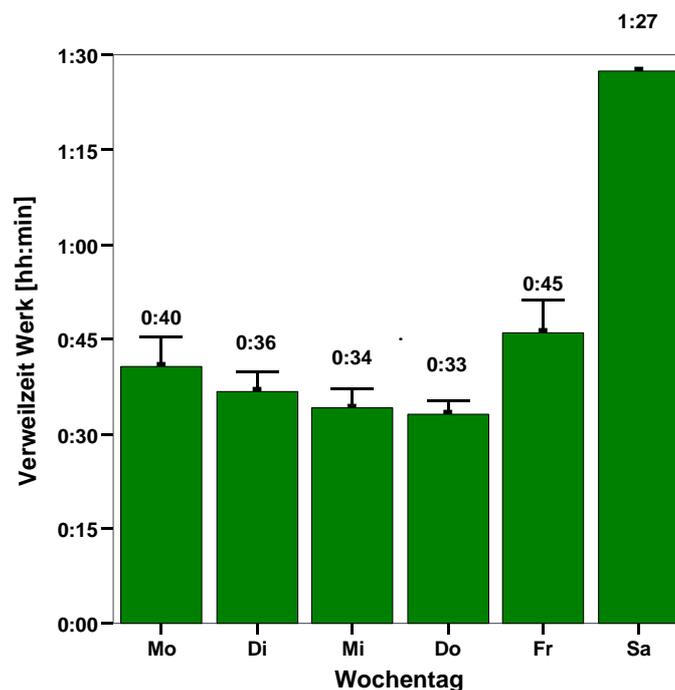


Abbildung 40: Mittlere tägliche Verweilzeit für die Gruppe Papier Steiermark.

Die Belieferung der Säge ist in Oberösterreich/Salzburg regelmäßiger über die Woche verteilt als in der Steiermark (Abbildung 41). Lediglich der Freitag scheint ein Tag mit geringerer Anlieferungsfrequenz zu sein. Das Tagesmittel der Verweilzeit schwankt nur gering über die Woche. Es liegt zwischen 43 Minuten am Montag und 49 Minuten am Dienstag. Die Tage Samstag und Sonntag sind hier aus Gründen der Vollständigkeit angeführt (Abbildung 42). Zu beachten sind der im Vergleich zur Steiermark unterschiedliche Studienzeitraum und der geringere Datenrücklauf (Tabelle 7).

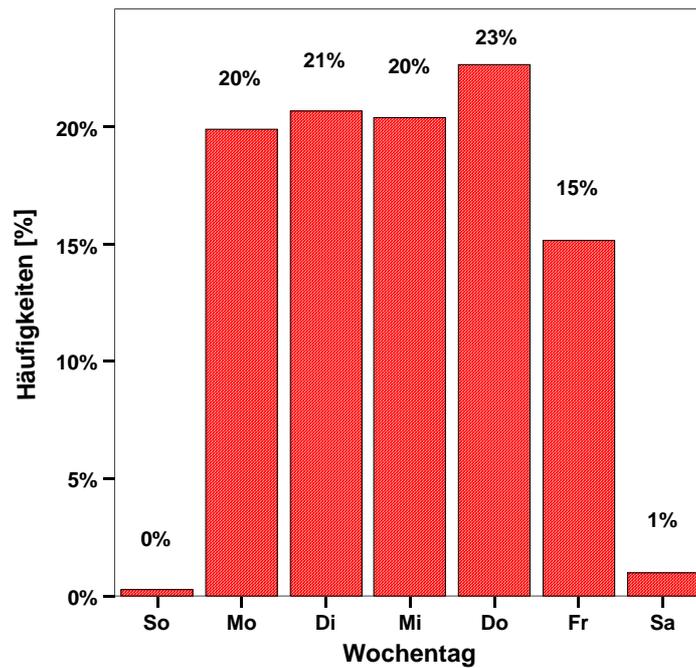


Abbildung 41: Ankunftsverteilung über die Woche für die Gruppe Säge Oberösterreich - Salzburg.

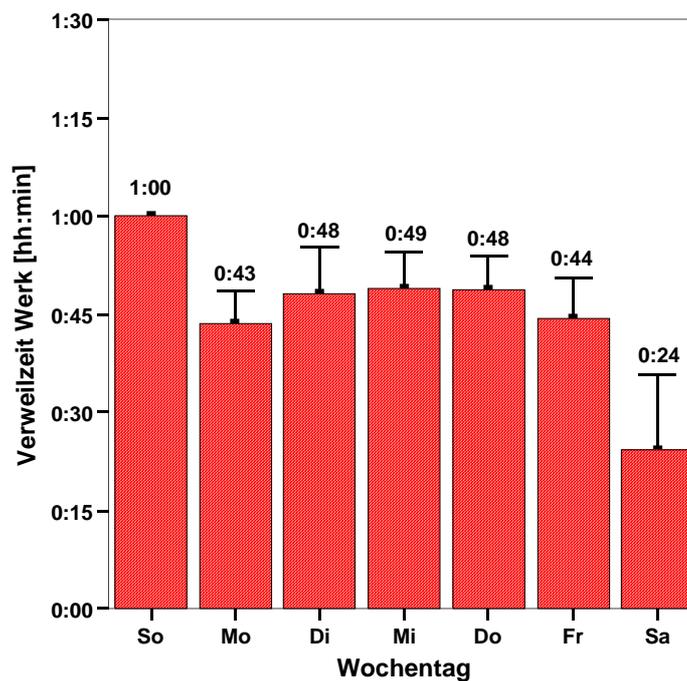


Abbildung 42: Mittlere tägliche Verweilzeit für die Gruppe Säge Oberösterreich/Salzburg über die Woche.

Die Frequenz der Ankünfte über die Woche für die Gruppe Papier Oberösterreich/Salzburg scheint für die vorliegenden Daten gleichmäßig zu sein. Die mittleren Verweilzeiten sinken im Verlauf der Woche, obwohl die Anlieferung aus dem Forst gleich bleibt (Abbildung 43 und Abbildung 44). Das würde darauf hindeuten, dass zu Beginn der Woche neben der Zufuhr von Industrieholz aus dem Wald auch verstärkt andere Anlieferungen erfolgen (Sägenebenenprodukte).

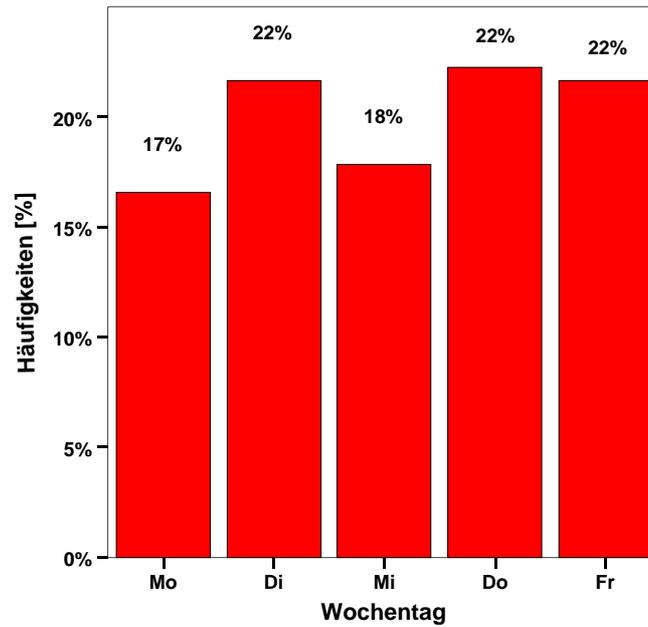


Abbildung 43: Verteilung der Ankunftszeit über die Woche für die Gruppe Papier Oberösterreich/Salzburg.

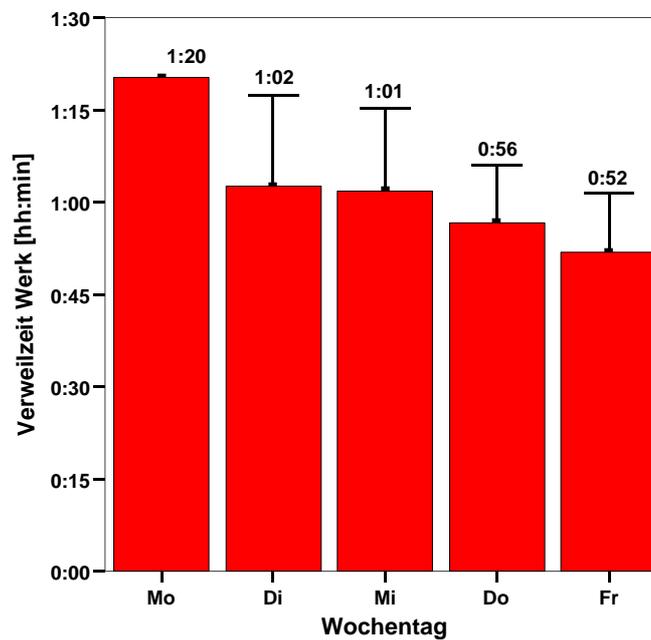


Abbildung 44: Mittlere tägliche Verweilzeiten für die Gruppe Papier Oberösterreich/Salzburg über die Woche.

Für die Beurteilung der Monatsschwankungen wurden Wochenklassen gebildet (Abbildung 45). Bei der Säge Steiermark treffen in der ersten Woche eines Monats 28% der Anlieferungen aus dem Forst ein. 32% der aufgezeichneten Fahrten kommen in der zweiten Woche und 28% in der dritten Woche zu den Werken. Im letzten Quartal des Monats gelangten hingegen nur 12% aller aufgezeichneten Fuhren beim Werk an. Die mittlere Verweilzeit für die Säge Steiermark liegt trotz der niedrigen Anlieferungsrate im letzten Quartal des Monats bei 51 Minuten (Abbildung 46). Ansonsten zeigen sich keine größeren Unterschiede innerhalb eines Monats.

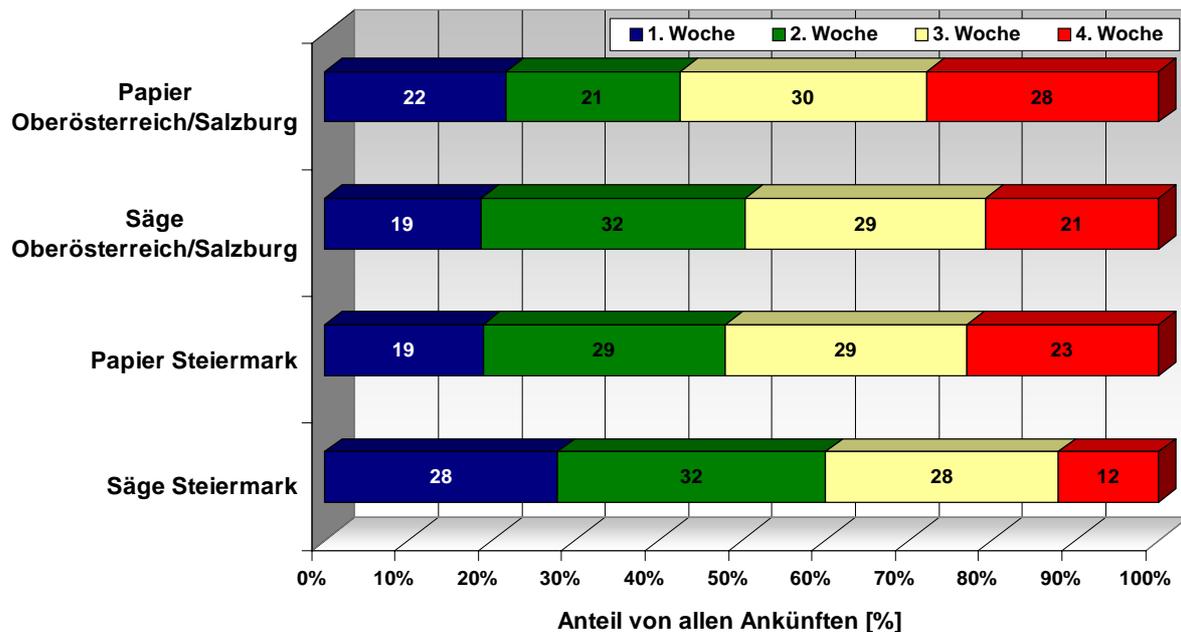


Abbildung 45: Ankunftsverteilung für die gesamte Studie über das Monat nach Projektgruppen.

Die Ankunftsverteilung der Gruppe Papier Steiermark zeichnet sich durch eine höhere Anlieferungsrate in der Mitte des Monats aus. In der zweiten und dritten Woche erfolgten in Summe 58% der Fahrten zu den Werken (Abbildung 45). Die mittlere Verweilzeit beträgt trotz niedriger Anlieferungsrate von 23% im letzten Quartal des Monats 45 Minuten. Das restliche Monat ist eine durchschnittliche Verweilzeit von 33 bis 36 Minuten aufgetreten (Abbildung 47).

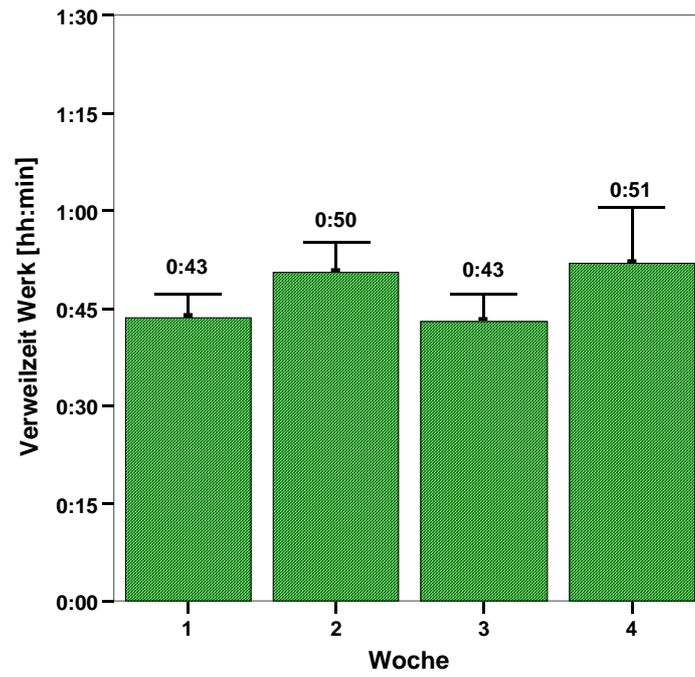


Abbildung 46: Mittlere wöchentliche Verweilzeit für die Gruppe Säge Steiermark über das Monat.

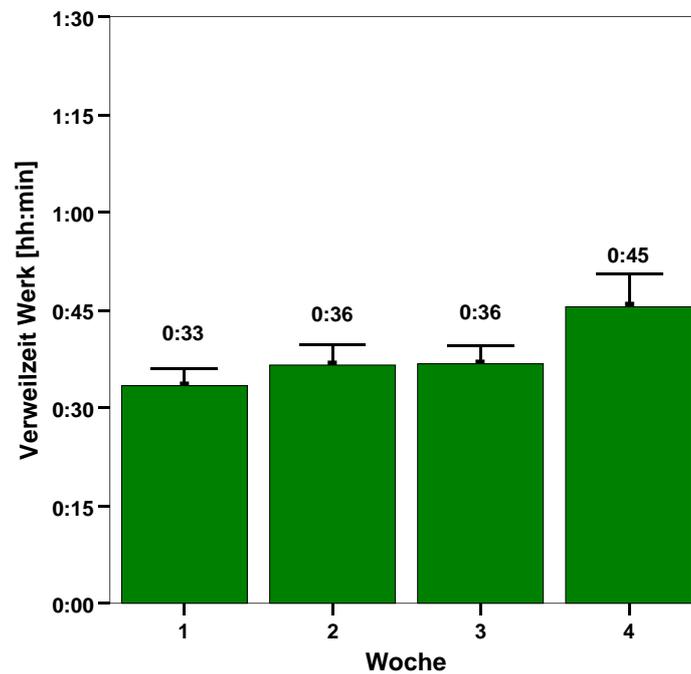


Abbildung 47: Mittlere wöchentliche Verweilzeit für die Gruppen Papier Steiermark über das Monat.

Die Ergebnisse der Studie Oberösterreich/Salzburg sind aufgrund der geringeren Anzahl an Daten nur bedingt interpretierbar. Die Darstellungen zeigen die Daten aus der Studie 2. Die Studie 3 wurde nicht mit einbezogen, weil diese nur über einen Zeitraum von zwei Wochen stattgefunden hat, und somit zu einer höheren Anlieferungsrate in der ersten Hälfte des Monats führen würde. Obwohl die Verteilung der Anlieferung für die Säge in der ersten und letzten Woche des Monats scheinbar geringer war (Abbildung 45), zeigten sich keine Auswirkungen auf die mittleren wöchentlichen Verweilzeiten in der Säge. Diese liegt für die Studiendaten zwischen 46 und 55 Minuten (Abbildung 48).

Die Ankunftsverteilung für die Gruppe Papier Oberösterreich/Salzburg ergibt für die vorliegenden Daten eine niedrigere Anlieferungsrate in der ersten Monatshälfte (22% in der ersten Woche und 21% in der zweiten Woche). 58% der Anlieferungen erfolgten in der zweiten Hälfte des Monats (Abbildung 45). Trotz der geringen Anlieferungen in der ersten Woche betrug die Verweilzeit im Mittel 1:12 Stunde (Abbildung 49). Dies würde ebenfalls darauf hindeuten, dass hier neben der Belieferung aus dem Forst auch verstärkt nicht erfasste Fahrzeuge die Verweilzeit beeinflussen. Die Anlieferungsrate für ein Werk unter Einbeziehung aller Übernahmen müsste demnach ein umgekehrtes Bild zeigen, das heißt ein höheres Anlieferungsprozent im ersten Quartal des Monats im Vergleich zum hier gezeigten Ergebnis.

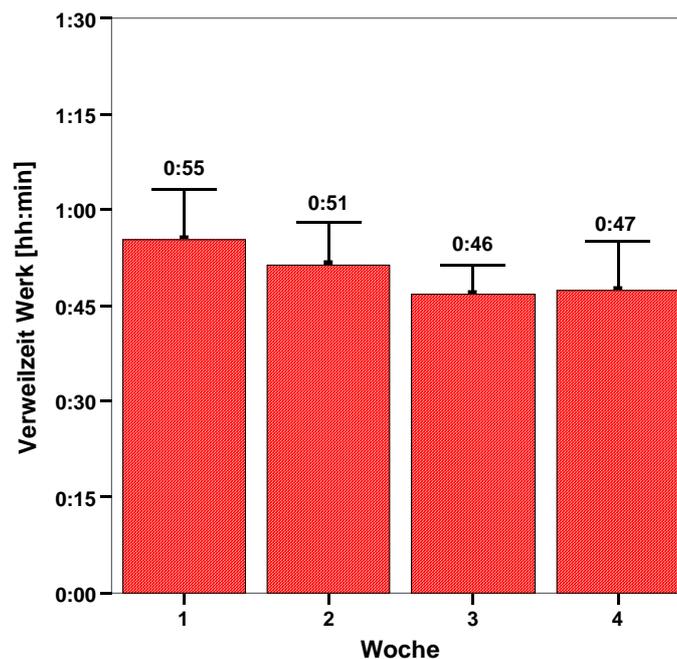


Abbildung 48: Mittlere wöchentliche Verweilzeit für die Gruppe Säge Oberösterreich/Salzburg über das Monat.

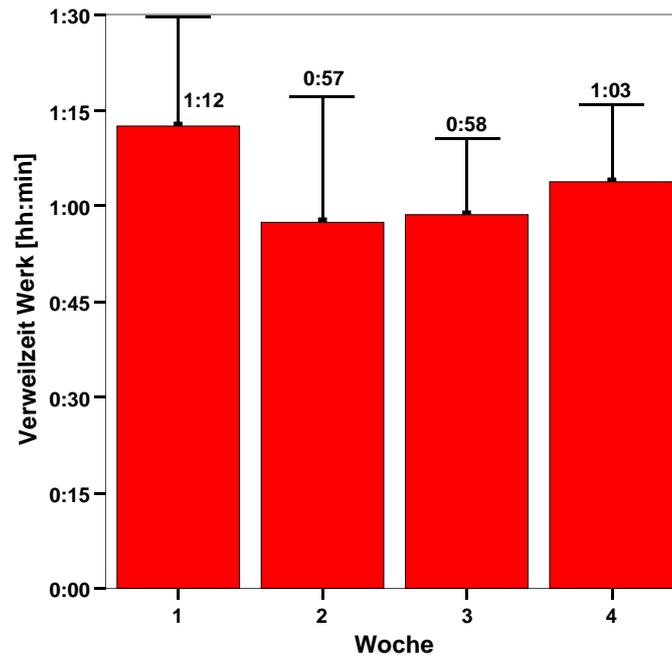


Abbildung 49: Mittlere wöchentliche Verweilzeiten für die Gruppe Papier Oberösterreich/Salzburg übers Monat.

Die Entladung der Fracht im Werk kann entweder selbst erfolgen oder durch andere Fahrzeuge getätigt werden. Bei Studie 1 und 3 wurde die Art der Entladung festgehalten. Die mittleren Verweilzeiten in Abhängigkeit von der Projektgruppe und Entladungsart betragen zwischen 38 und 50 Minuten für die Säge (Abbildung 50). Die Differenz zwischen Selbst- und Fremdentladung ist gering. Für die Daten der Studie Oberösterreich/Salzburg scheinen die mittleren Verweilzeiten etwas niedriger zu sein. Auch bei Papier zeigt sich kein Unterschied nach der Entladeart bei der Studie Steiermark. Die durchschnittliche Verweilzeit für Papier Steiermark beträgt 38 Minuten bei Fremd- und 37 Minuten bei Selbstentladung.

Bei der Projektgruppe Papier Oberösterreich/Salzburg gib es mit rund 1 Stunde Verweilzeit für beide Entladearten ebenfalls keinen Unterschied, allerdings sind die mittleren Verweilzeiten wesentlich höher als in der Steiermark. Dieser Unterschied zeigt sich auch beim Vergleich der Gesamtmittelwerte (Abbildung 51). Die mittlere Verweilzeit war in der Gruppe Oberösterreich/Salzburg um ca. 60% höher als in der Steiermark. Die Zeiten bei der Säge waren mit 46 Minuten in beiden Projektgruppen identisch.

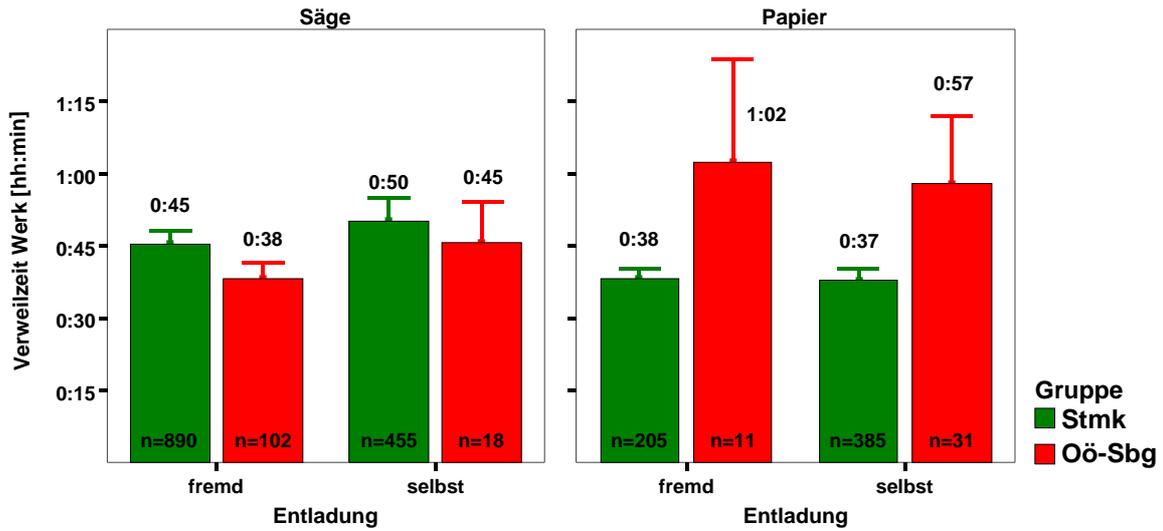


Abbildung 50: Mittlere Verweilzeit Werk getrennt nach Art der Entladung, Industriesparte und Projektgruppe.

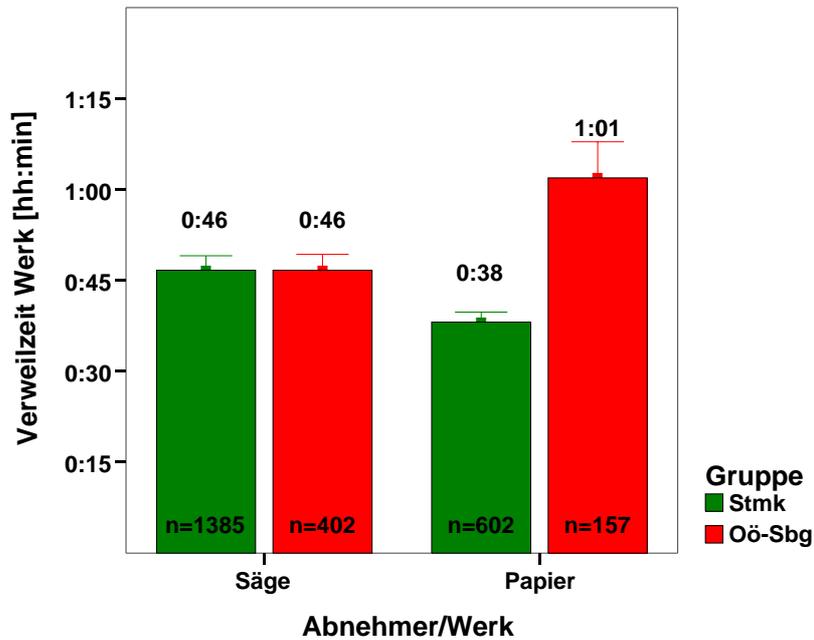


Abbildung 51: Mittlere Verweilzeit Werk für die gesamte Studie getrennt nach Säge und Papier sowie den Projektgruppen.

Eine Zusammenfassung der Verweilzeiten für die gesamte Studie veranschaulicht die Unterschiede zwischen Papier Steiermark und Oberösterreich/Salzburg. So liegen 90% der aufgezeichneten Verweilzeiten in der Steiermark zwischen 15 Minuten und 1 Stunde 24 Minuten. In der Gruppe Oberösterreich/Salzburg liegt hingegen die 5%-Perzentile bei 20 Minuten und die 95%-Perzentile bei 2 Stunden und 20 Minuten (Tabelle 22). Nur dreiviertel aller erfassten Fahrten konnten in der Studie Oberösterreich/Salzburg innerhalb von rund 1 Stunde und 20 Minuten das Werk wieder verlassen.

Tabelle 22: Deskriptive Statistik der Verweilzeiten im Überblick für die einzelnen Projektgruppen.

	Gruppe	Mittel [h:min]	95%-Konfidenzintervall [h:min]		Median [h:min]	Min. [h:min]	Max. [h:min]	Perzentile [h:min]	
			Unterg.	Oberg.				5 %	95 %
Säge	STMK	0:46	0:44	0:49	0:39	0:05	6:30	0:15	2:15
	OÖ-SBG	0:46	0:44	0:49	0:40	0:15	3:20	0:20	1:36
Papier	STMK	0:38	0:36	0:39	0:30	0:10	2:40	0:15	1:24
	OÖ-SBG	1:01	0:55	1:07	0:45	0:10	3:40	0:20	2:20

Im Jahresverlauf präsentieren sich die Verweilzeiten für die Projektgruppen unterschiedlich. Bei der Gruppe Säge reicht die Bandbreite für die Steiermark von ca. 29 (25) Minuten im Sommer (Juli bis September) bis zu 1 Stunde und 5 Minuten im Winter (Dezember). Für die Projektgruppe Oberösterreich/Salzburg liegen aufgrund des kürzeren Aufzeichnungszeitraums weniger Daten vor (fehlende Balken). Die Verweilzeiten bei der Säge übersteigen hier in einzelnen Monaten die Mittelwerte der Steiermark und streuen wesentlich stärker (Abbildung 52).

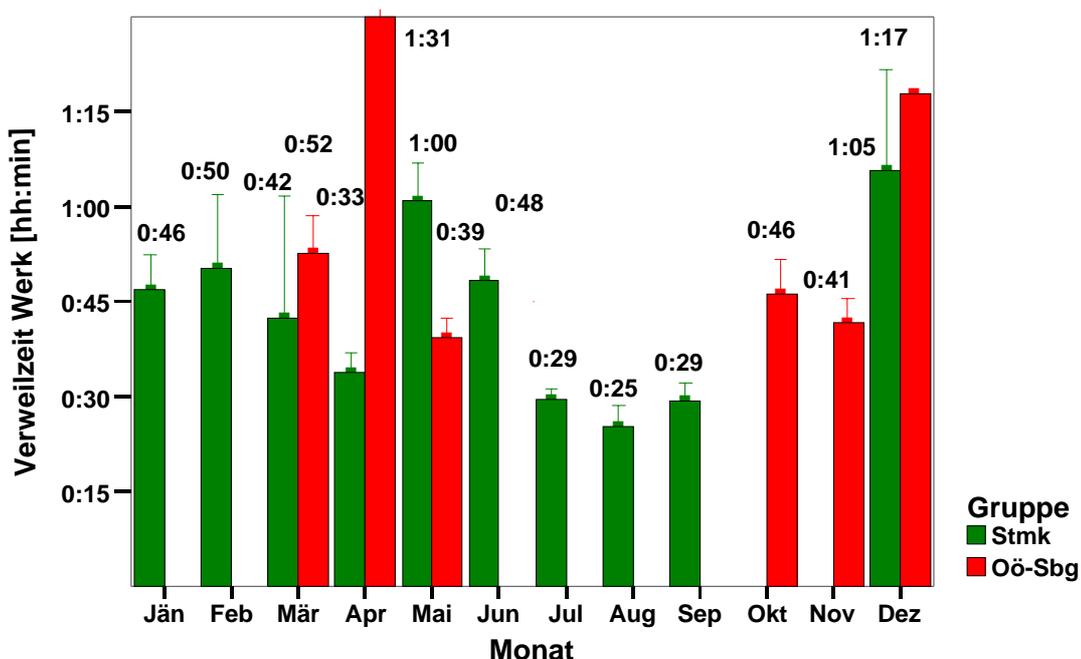


Abbildung 52: Verweilzeiten im Jahresverlauf für die Gruppe Säge getrennt nach Projektgruppen.

Die Verweilzeiten in der Papierindustrie für die Projektgruppe Steiermark befinden sich über den gesamten Jahresverlauf auf niedrigem Niveau und zeigen nur geringe Schwankungen (Abbildung 53). In Oberösterreich/Salzburg übersteigen die mittleren Verweilzeiten meist jene der Steiermark.

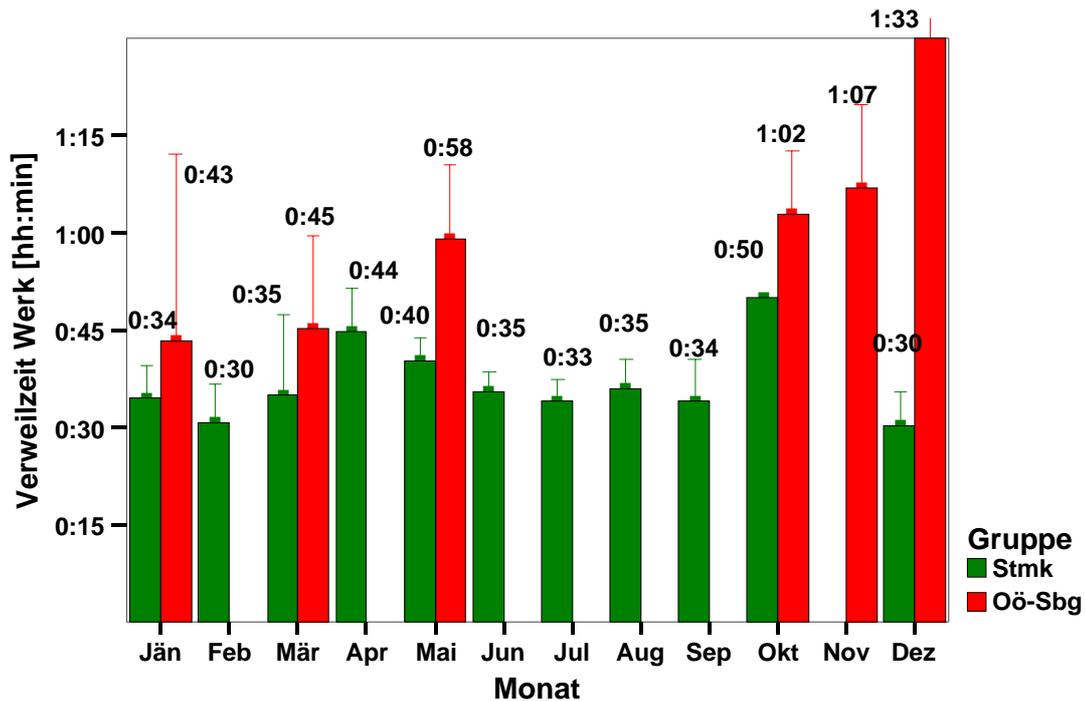


Abbildung 53: Verweilzeiten im Jahresverlauf für die Gruppe Papier getrennt nach den Projektgruppen.

In der Studie Oberösterreich/Salzburg vom Mai 2004 wurde zusätzlich der Grund für die Verweilzeit aufgezeichnet. Im Fahrtenbuch standen dabei folgende Möglichkeiten zur Auswahl:

- prozessbedingt (Zeit im Werk von der Übernahme bis zum Entladen).
- >5 LKW warten (es warten bereits mehr als 5 LKW auf die Übernahme).
- Sonstiges.

Leider erfolgte bei 38% der Fuhren keine Angabe über den Grund für die Dauer der Verweilzeit. In 30% der Fälle fiel nur die prozessbedingte Zeit im Werk an. Bei rund einem Fünftel der Fahrten (21%) warteten bereits mehr als 5 LKW auf die Übernahme im Werk (Abbildung 54).

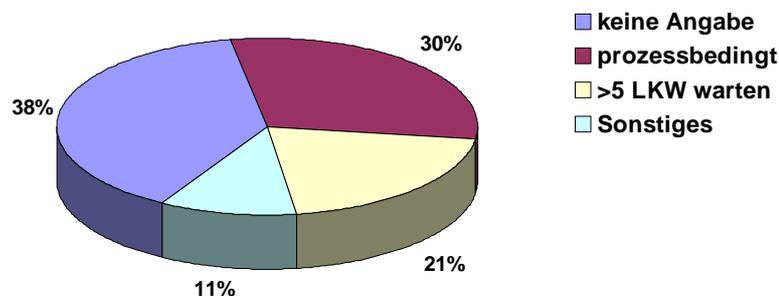


Abbildung 54: Gründe für die Verweilzeiten im Werke nach den Angaben im Fahrtenbuch.

Die mittleren Verweilzeiten aufgrund der Angaben im Fahrtenbuch zeigen deutliche Unterschiede. Tritt nur prozessbedingte Zeit auf, so liegt die Verweilzeit bei 26 Minuten für die Säge und bei 31 Minuten für Papier. Warten bereits mehr als 5 LKW auf die Übernahme ist die Verweilzeit doppelt so hoch bei der Gruppe Säge. In der Gruppe Papier ist der Wert mit 1 Stunde und 21 Minuten 2,6 Mal so hoch wie die prozessbedingte Zeit (Abbildung 55).

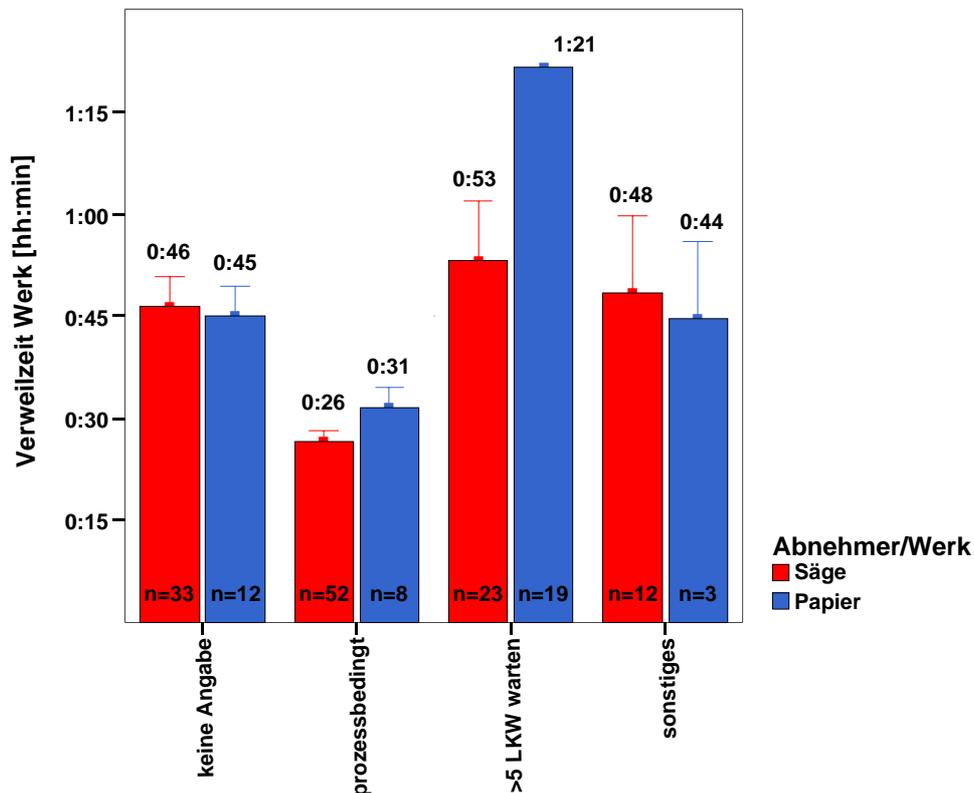


Abbildung 55: Mittlere Verweilzeiten getrennt nach Ursachen (Angaben im Fahrtenbuch).

4.2.4 Transport Wald - Bahnhof

Neben dem direkten Transport zum Abnehmer beinhalten die Aufzeichnungen auch 261 Fahren zum Bahnhof. Davon wurden 252 Fahrten in der Steiermark aufgezeichnet, die restlichen 9 stammen aus den Studien Oberösterreich/Salzburg und Oberösterreich/Salzburg Mai 2004. Die Distanz Wald – Bahnhof ist mit durchschnittlich 15 km erwartungsgemäß niedrig (Tabelle 23).

Tabelle 23: Deskriptive Statistik Distanz Wald Bahnhof.

	Mittelwert Distanz [km]	Stabw.	95%-Konfidenzintervall [km]		Datensätze [n]
			Obergrenze	Untergrenze	
Lager Bahnhof	18,1	8,5	16,5	19,6	119
Waggon beladen	12,4	6,4	11,4	13,5	142
Gesamt	15,0	7,9	14,0	16,0	261

Am Bahnhof wurde das Holz entweder auf Lager gelegt oder direkt auf Waggon verladen. Inwieweit sich die Entladezeit aufgrund dessen unterscheidet, verdeutlicht Abbildung 56. Wird das Holz am Bahnhof auf Lager gelegt, benötigt diese Arbeit bei der Hälfte der Frachten zwischen 20 und 40 Minuten (roter Balken). Das Waggon beladen scheint im Vergleich dazu mit 30 bis 45 Minuten zeitaufwendiger zu sein.

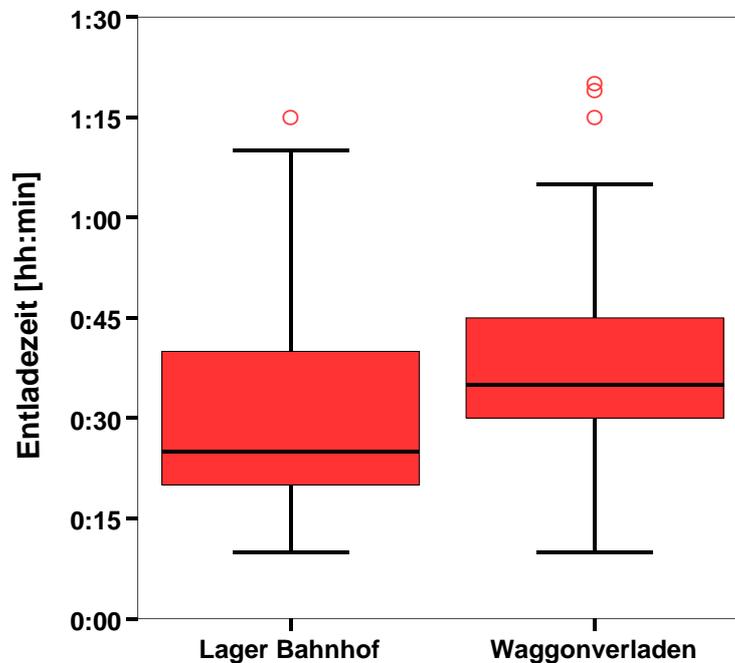


Abbildung 56: Mittlere Entladezeit am Bahnhof getrennt nach Waggon beladen und auf Lager legen.

Der scheinbar höhere Zeitaufwand für die Tätigkeit Waggon beladen im Vergleich zum auf Lager legen kann mit Hilfe der Varianzanalyse nicht bestätigt werden. Die Entladezeit für Waggon beladen unterscheidet sich nicht signifikant von jener für die Tätigkeit auf Lager legen. Die mittlere Entladezeit beträgt für die vorliegenden Studiendaten 34 Minuten.

Tabelle 24: Mittlere Entladezeit am Bahnhof getrennt nach Waggonverladen und auf Lager legen.

	Mittlere Entladezeit [h:min]	95%-Konfidenzintervall [h:min]		Datensätze [n]
		Obergrenze	Untergrenze	
Lager Bahnhof	0:31	0:28	0:34	118
Waggon beladen	0:36	0:34	0:38	144
Gesamt	0:34	0:32	0:36	262

4.2.5 Modell Fahrzeit-Distanz

Die Auswertung der Fahrzeiten vom Wald zum Werk erfolgt in Anlehnung an das von Asikainen (1995) verwendete Modell zur Vorhersage der mittleren Fahrgeschwindigkeit von Holz-LKWs in Abhängigkeit von der Transportdistanz (1). Es soll überprüft werden, ob sich ein Modell mit dem verwendeten Ansatz auch für österreichische Verhältnisse eignet.

$$(1) v = a + b * \log(d)$$

v ... Mittlere Fahrtgeschwindigkeit in km/h

a ... Konstante

b ... Koeffizient

d ... Transportdistanz in km

Die statistischen Grundlagen für die Erstellung von Zeitbedarfs- und Produktivitätsmodellen finden sich bei Stampfer (2002). Im Streudiagramm Distanz - Geschwindigkeit ist der Zusammenhang deutlich erkennbar (Abbildung 57). Die durchschnittliche Geschwindigkeit wird dabei aus Fahrzeit und Distanz berechnet. Die Analyse erfolgt für alle Daten gemeinsam, weil keine Unterschiede zwischen den Studien festgestellt werden konnten. Die Eckdaten für die Eingangsgrößen aus den 2.658 zur Verfügung stehenden Datensätzen sind in Tabelle 25 angeführt. Über alle Studien beträgt die Durchschnittsgeschwindigkeit rund 44 km/h. Die mittlere Distanz Wald-Werk liegt für die Eingangsdaten bei 52,4 km, wobei die Bandbreite von 1 bis 229 km reicht. Drei Viertel aller Fahrten fanden innerhalb einer Distanz von 72 km statt und 95% aller aufgezeichneten Fahren innerhalb von rund 120 km.

Tabelle 25: Deskriptive Statistik der Eingangsgrößen für die Modellentwicklung.

	Distanz [km]	Geschwindigkeit [km/h]
Mittelwert	52,4	44,2
Median	43,0	44,2
Minimum	1,0	0,1
Maximum	229,0	80,7
Quantile	5%	10,0
	25%	24,0
	75%	72,0
	95%	121,0

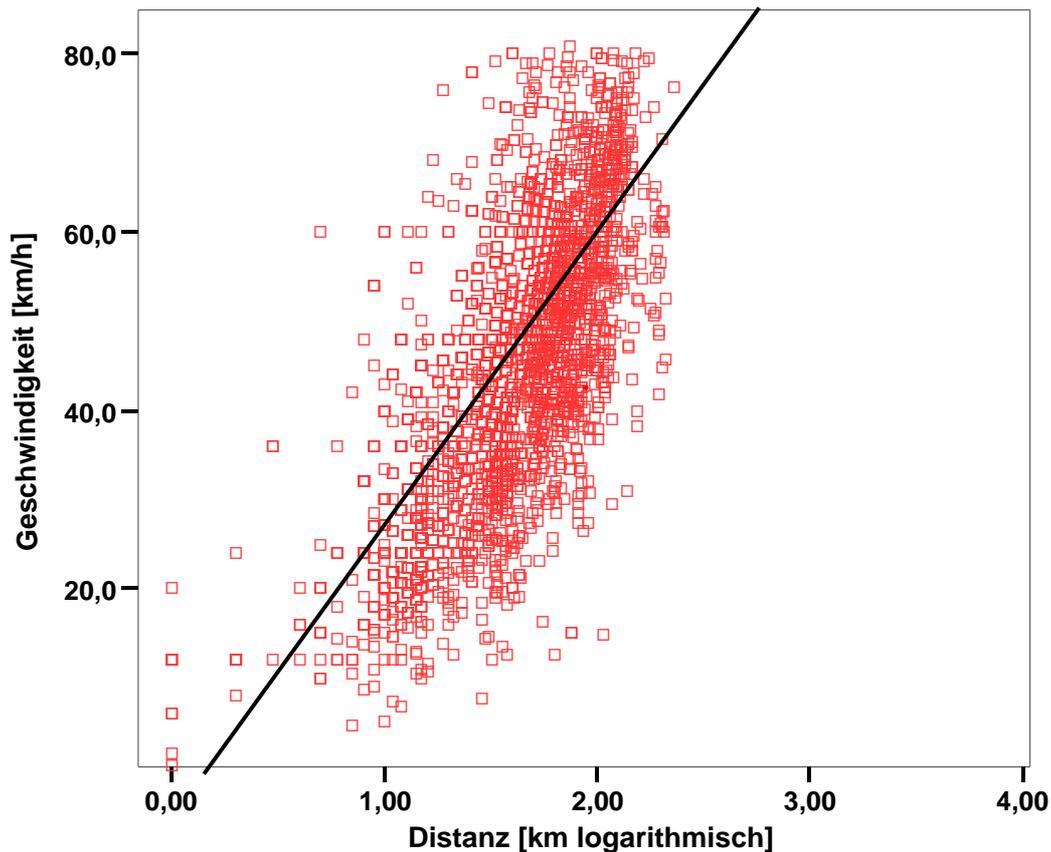


Abbildung 57: Durchschnittliche Geschwindigkeit in Abhängigkeit von der Distanz Wald-Werk (Skala Distanz logarithmisch).

Mit den zur Verfügung stehenden Daten wurde eine Kovarianzanalyse mit der Durchschnittsgeschwindigkeit als abhängige Variable und der logarithmierten Distanz als unabhängige gerechnet. Dabei ergaben sich die in Formel (2) angegebene Konstante (a) von -7,10 und ein Koeffizient (b) von 32,1. Das Bestimmtheitsmaß (R^2) für die angegebene Funktion liegt bei 0,51, das heißt, 51% der Variabilität der Geschwindigkeit können durch die Variable Distanz erklärt werden. Dieser Wert liegt in einem für forstliche Modelle üblichen Bereich (Stampfer, 2002). Grundsätzlich ist die Anwendung dieser Funktion nur im Wertebereich von 10 bis 120 km zulässig (Quantilbereich 5 bis 95%). Über die durchschnittliche Geschwindigkeit lässt sich die Fahrzeit vom Wald zum Werk (Lastfahrt) grob schätzen.

$$(2) v = -7,10 + 32,1 * \log(\text{distanz}) \quad R^2=0,51$$

v Durchschnittsgeschwindigkeit Wald – Werk [km/h]
distanz...Entfernung Wald – Werk [km]

Mit zunehmender Transportdistanz steigt die durchschnittliche Geschwindigkeit an (Abbildung 58), weil der Anteil an Forststraßen an der gesamten Distanz geringer wird.

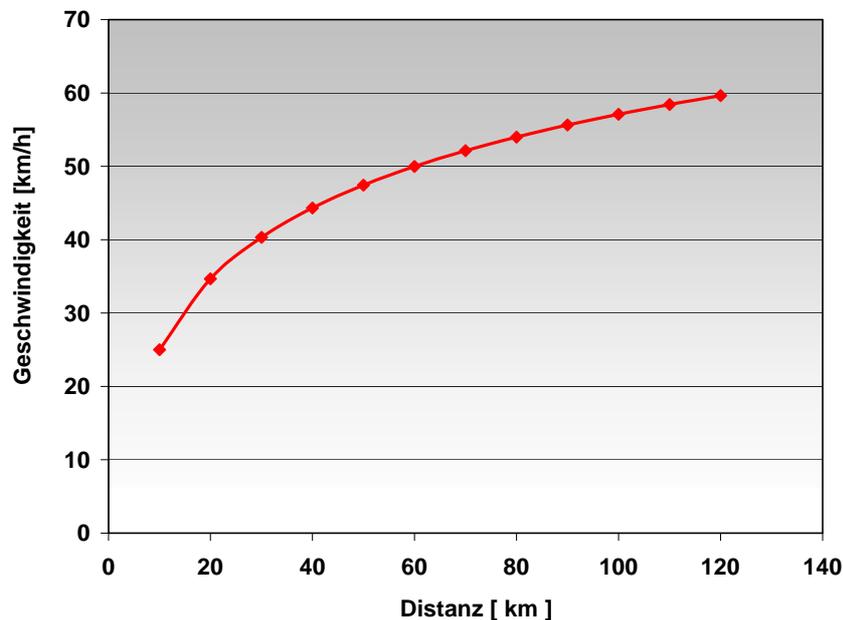


Abbildung 58: Durchschnittliche Geschwindigkeit in Abhängigkeit von der Distanz im Quantilbereich von 5 bis 95% laut Modell.

4.2.6 Diskussion der Ergebnisse

Die Ladezeit im Wald beträgt im Mittel 1 Stunde und 10 Minuten, wobei sich kein Unterschied in Bezug auf die Betriebskategorie Kleinwald und Forstbetrieb feststellen lässt. Für das Laden von Industrieholz ist mit einer um 24% höheren Zeit zu rechnen als für Sägerundholz.

Die Transportdistanzen vom Wald zum Werk sind in Oberösterreich/Salzburg wesentlich höher als in der Steiermark. Die mittlere Distanz liegt in der Steiermark für Wald-Sägewerke bei 56 km, während diese in Oberösterreich/Salzburg mit 92 km um über 60% höher ist. Eine in Salzburg durchgeführte Stichprobe für den Sägerundholztransport gibt 56 km als mittlere Transportdistanz an (Kienzler et al., 2000). Die Auswertung der Geschäftsfälle des bäuerlichen Waldverbandes Salzburg zeigt ebenfalls eine mittlere Distanz von ca. 50 km (Median - 50% der Summenhäufigkeit in Abbildung 59).

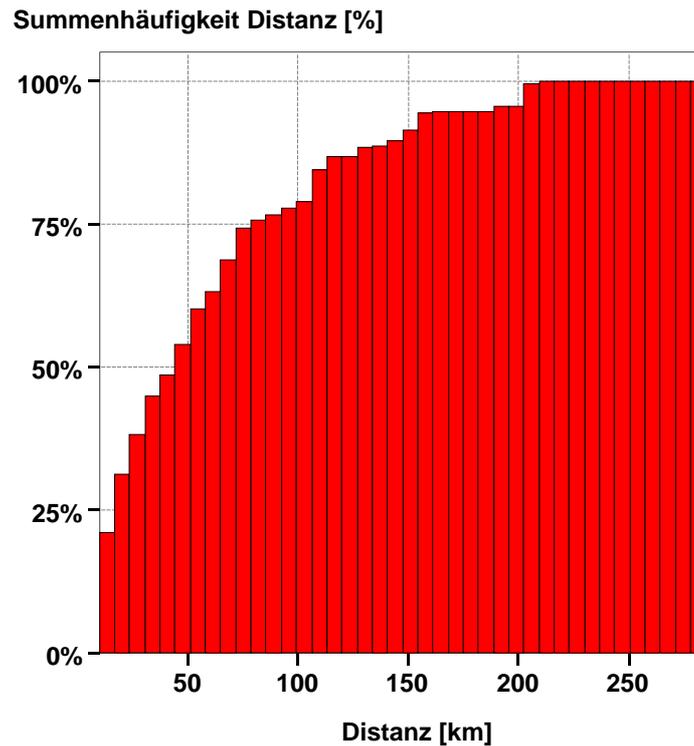


Abbildung 59: Summenhäufigkeit der Distanzen Wald-Werk für Sägerundholz auf Basis der Daten des BWV Salzburg.

In der Papierindustrie ist der Unterschied in der mittleren Transportdistanz im Vergleich zur Sägeindustrie wesentlich größer (67 km Steiermark und 120 km Oberösterreich/Salzburg). Die mittlere Distanz für Industrieholz auf Basis der Daten des BWV Salzburg ist mit ca. 100 km um 17% niedriger als die mittlere Transportdistanz aus der Frachtstudie (Abbildung 60).

Ein Vergleich der mittleren Distanzen zwischen den Projektpartnern auf Basis eines Routenplaners zeigt für die Papierindustrie in Oberösterreich/Salzburg eine um rund 20% höhere Durchschnittsdistanz als in der Steiermark. Bei der Säge sind die mittleren Distanzen zwischen den Projektpartnern in Oberösterreich/Salzburg sogar um mehr als 28% größer als in der Steiermark. Ein Teil der Differenzen zwischen den Projektgruppen könnte also durch standortsbedingte Nachteile erklärt werden.

Die Fahrzeiten vom Wald zum Werk lassen sich gut mit dem Modell (2) nachbilden. Die Zeit wird dabei lediglich von der Distanz beeinflusst. Dieses Modell kann für die Kalkulation der Kosten und aktive Steuerung des Holztransportes verwendet werden.

Die mittleren Verweilzeiten bei den Werken gestalten sich unterschiedlich und sind vor allem für die Papierindustrie Oberösterreich/Salzburg, trotz Bereinigung um die Ankünfte außerhalb der Öffnungszeiten, mit rund 1 Stunde als hoch einzustufen. Ein Vergleich mit den Angaben aus der Prozessdatenerhebung in der Steiermark ergibt erhebliche Unterschiede. Die theoretischen Durchlaufzeiten betragen laut Angabe der Werke sowohl für Säge als auch für Papier 15 Minuten (Tabelle 26). Eine von Petritz (2003) für ein steirisches Papierwerk durchgeführte Prozesssimulation ergibt eine reine Prozesszeit von 6 bis 8 Minuten für die gesamte Übernahme bei maschineller Entladung im Werk. Die Prozesszeit beinhaltet das Wägen der Fuhre, die Probenahme für den Trockengehalt, die Entladung durch einen schweren Lader sowie die Ausstellung des Lieferscheines.

Tabelle 26: Theoretische Verweilzeiten und ermittelte Verweilzeiten aus der Frachtstudie.

Verweilzeiten [h:min]	Steiermark	Oberösterreich/ Salzburg	theoretisch	OÖ-SBG-Mai04 prozessbedingt
Säge	0:46	0:46	0:15	0:26
Papier	0:38	1:01	0:15	0:31

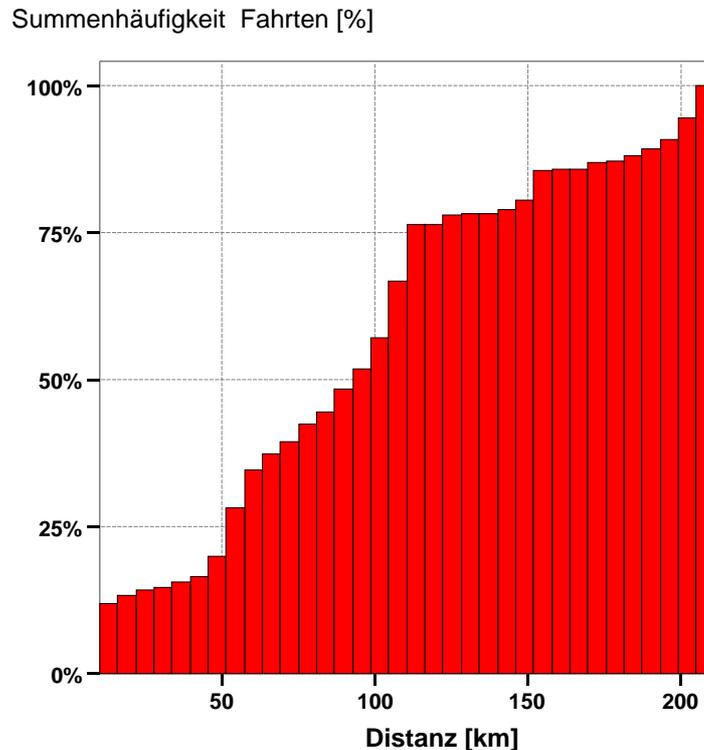


Abbildung 60: Summenhäufigkeit in Prozent für die Distanzen Wald-Papierindustrie aufgrund der aufgezeichneten Geschäftsfälle des BWV Salzburg.

4.3 Qualitätsstudie

4.3.1 Eckdaten der Untersuchung

Die Datenerhebung erfolgte von März bis Oktober 2003. Insgesamt wurden aus den 480 ausgelegten Probenblöcken 4.080 Stammscheiben gewonnen (Tabelle 27), für welche die Parameter Holzfeuchtigkeit, Splintholz-, Reifholz- sowie verblaute Fläche bestimmt wurden.

Die etwa 5.000 im Labor isolierten Proben ergaben erhebliche Unterschiede im Artenspektrum der Bläuepilze zwischen den Käfer- und Luftvarianten (Tabelle 28). Das der Käfervarianten ist mit 13 festgestellten Arten umfangreicher als das der Luftvarianten, wo lediglich 5 verschiedene Arten festgestellt werden konnten. Von den dominanten Pilzarten ist *Ceratocystis coerulescens* besonders hervorzuheben, da dieser Pilz bei den Wintervarianten nicht vorkommt, dafür aber in den Sommervarianten dominiert und durch seine intensive Bläufärbung entscheidend für die rasche Verblauung ist.

Tabelle 27: Untersuchungscharakteristik.

Untersuchungseinheiten	Anzahl
Probekloche „Luftbläue“	240
Probekloche „Käferbläue“	240
Probekloche gesamt	480
Stammscheiben „Luftbläue“	2.880
Stammscheiben „Käferbläue“	1.200
Stammscheiben gesamt	4.080
Isolate „Luftbläue“	ca. 1.400
Isolate „Käferbläue“	ca. 3.600
Isolate gesamt	ca. 5.000

Tabelle 28: Isolierte Bläuepilzarten.

Infektionsart	Anzahl festgestellter Bläuepilzarten	Dominante Bläuepilzarten
Sporenübertragung durch Käfer	13	<i>Ceratocystis polonica</i>
		<i>Ophiostoma ainoae</i>
		<i>Ophiostoma bicolor</i>
		<i>Ophiostoma penicillatum</i>
		<i>Ophiostoma piceaperdum</i>
Aerogene Sporenübertragung	5	<i>Ceratocystis coerulescens</i>
		<i>Ophiostoma piceae</i>

Als maßgebliche Übertragungsvektoren in den Käfervarianten konnten folgende Käferarten identifiziert werden:

- *Ips typographus* (Buchdrucker).
- *Pityogenes chalcographus* (Kupferstecher).
- *Hylurgops palliatus* (Fichtenbastkäfer).

Bei den Sommervarianten konnte ein zusätzliches Auftreten von *Cerambycidae*- (Bockkäfer) und *Curculionidae*- (Rüsselkäfer) Arten beobachtet werden.

Der Temperaturverlauf für den Untersuchungszeitraum in Abhängigkeit vom Standort ist in Abbildung 61 dargestellt. Der Standort Wittgenstein weist eine deutlich geringere Monatsmitteltemperatur auf. Frankenburg und Mayr-Melnhof unterscheiden sich kaum voneinander. Der Standort Esterházy weist zu Beginn des Versuchs höhere Temperaturen auf, folgt aber ab August einem ähnlichen Verlauf wie die Standorte Frankenburg und Mayr-Melnhof.

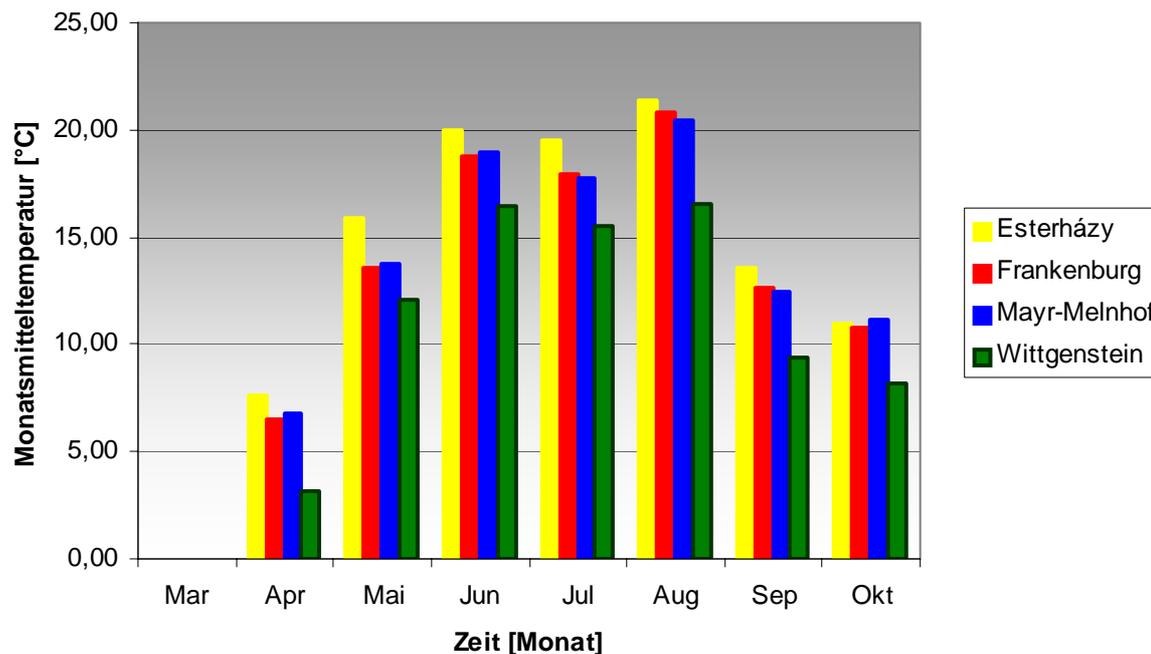


Abbildung 61: Darstellung der Monatsmitteltemperaturen für die jeweiligen Standorte während der gesamten Versuchsdauer.

In Tabelle 29 sind die unterschiedlichen Standorte zusätzlich über die Variablen Seehöhe, Exposition und Temperatursumme charakterisiert. Der Standort Esterházy unterscheidet sich von den übrigen Varianten durch eine geringere Seehöhe bei höheren Temperatursummen.

Tabelle 29: Lage- und Temperaturdaten zu den Standorten.

Standort	Abkürzung	Seehöhe [m]	Exposition	Temperatursumme [dd]
Esterházy	EST	370	NW	3184
Lockenhaus				
Forst und Gutsverwaltung	FBG	700	eben	2895
Frankenburg				
Mayr Melnhof	MMS	600	NW	2908
Salzburg				
Wittgenstein	WIT	710	NW	2332
Hohenberg				

Da die Ansiedlung sowie Ausbreitung der Bläupilze auf das Splintholz beschränkt ist (Kirisits, 1996), wurde für den Einfluss der Holzfeuchtigkeit auf die Verblauung nur die des Splintes herangezogen.

Wie aus Abbildung 62 ersichtlich ist, ändert sich die Feuchte über den Querschnitt beträchtlich. Während im Reifholz eine annähernd konstante Feuchtigkeit von etwa 30% herrscht, erreicht sie im Splintbereich Werte bis zu 140%. Im ausgewählten Beispiel (Bloch Nummer 1852) beträgt die mittlere Feuchtigkeit des Bloches 66 % und die mittlere Splintfeuchtigkeit 127%.

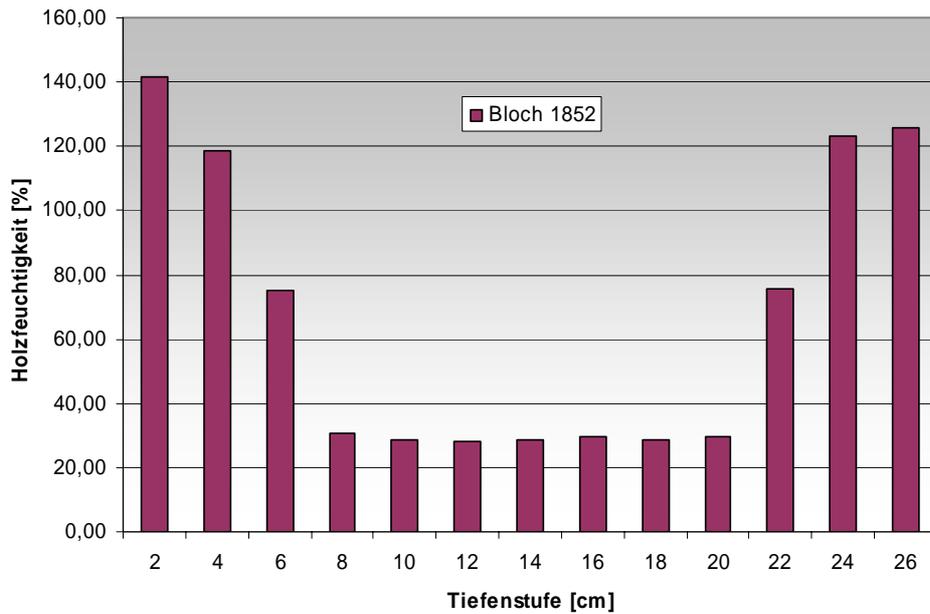


Abbildung 62: Verlauf der Holzfeuchtigkeit über den Querschnitt.

Die Betrachtung der Holzfeuchtigkeit – gemessen über die mittlere Splintfeuchte – würde aufgrund der hohen Temperaturen während der Sommermonate eine starke Feuchtigkeitsabnahme erwarten lassen. Eine Abnahme der mittleren Splintfeuchte über die Lagerungsdauer von 15 Wochen mit 13% für die Sommer- und 26% für die Wintervarianten ist als gering zu bewerten (Abbildung 63).

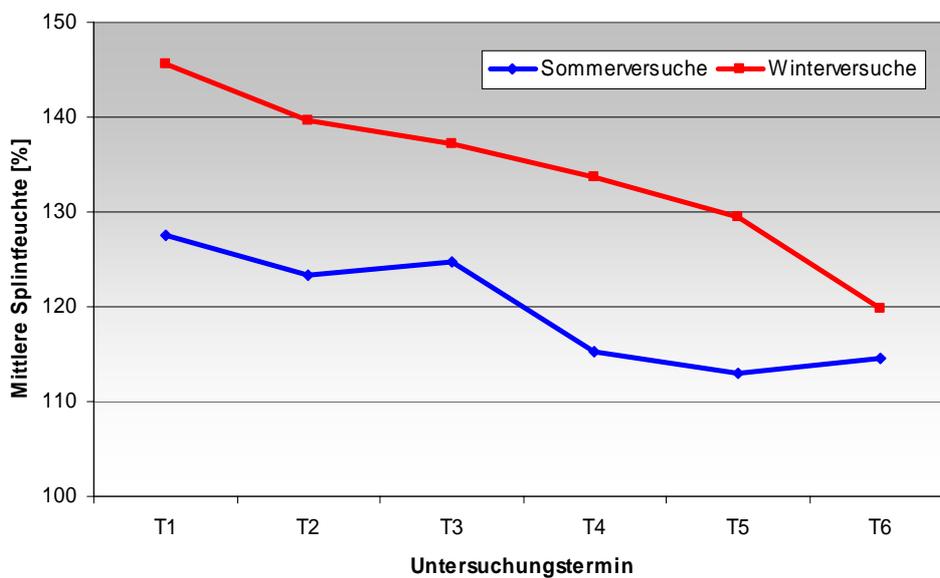


Abbildung 63: Entwicklung der Holzfeuchtigkeit im Splintholz der Probeblöcke über die Lagerungsdauer nach Sommer- und Winterlagerung.

4.3.2 Standortsabhängige Verblauung

In den nachfolgenden Abbildungen (Abbildung 64 bis Abbildung 67) ist die mittlere Verblauung für den jeweiligen Untersuchungstermin in Abhängigkeit von Standort und Lagerungsdauer dargestellt. An jedem der 6 Untersuchungstermine wurden 5 Bloche kontrolliert. Bei den Luftvarianten repräsentieren die Verblauungen von 4 Stammscheiben ein Bloch und bei den Käfervarianten jene von 2 Stammscheiben. Jeder Punkt in den Abbildungen zeigt den Mittelwert der Verblauung dieser 5 Bloche. Für die Verblauung wird ein Schwellenwert von 5% festgelegt, was bedeutet, dass ein Bloch über diesem Grenzwert als verblaut eingestuft wird.

Die Anlage der Wintervarianten erfolgte Ende März bis Mitte April, die der Sommervarianten Mitte bis Ende Juni. Dadurch wurde gewährleistet, dass die Wintervarianten vor Flugbeginn der Borkenkäfer ausgelegt waren und als Brutmaterial für die erste Generation geeignet sind.

Zusammenfassend lassen sich folgende Trends identifizieren:

- Für die Sommervarianten gibt es keinen signifikanten Unterschied in der Verblauungsentwicklung zwischen Käfer- und Luftvarianten (Ausnahme Esterházy).
- Das Verblauungsausmaß im Sommer ist generell stärker ausgeprägt. Das maximale mittlere Verblauungsausmaß liegt etwa bei 50%.
- Bei den Luft-Wintervarianten wurde der Schwellenwert von 5% Verblauung erst zum Zeitpunkt T6 der Probeentnahme überschritten.
- Nach einer Lagerdauer von 15 Wochen überschritten alle Varianten den Schwellenwert von 5%.

Beispielhaft wird die Verblauungsentwicklung anhand des Standorts Esterházy erklärt (Abbildung 64). Die Verblauung bei der Käfer-Sommervariante (KS) erreicht etwa nach 34 Lagerungstagen den Schwellenwert von 5%. Im Gegensatz dazu wird bei der Variante Luft-Winter dieser Wert erst ab etwa einer Lagerdauer von 90 Tagen überschritten. Das maximale mittlere Verblauungsausmaß ist bei der Variante KS mit 51,7% am höchsten, während bei der Variante KW mit 24,5% Verblauung die niedrigsten Werte erreicht werden.

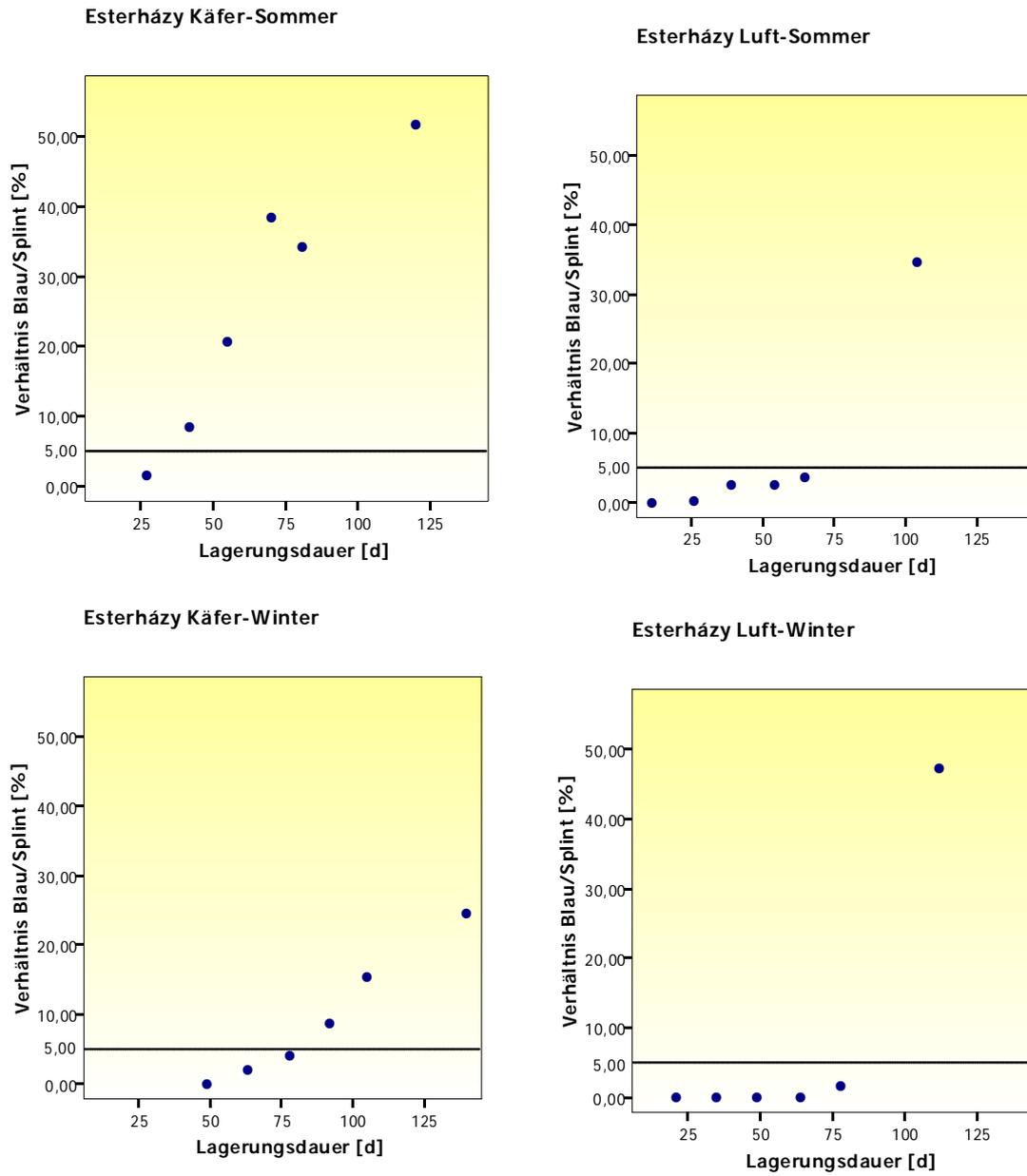


Abbildung 64: Bläueentwicklung am Standort Esterházy in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer und unterschiedlichen Varianten.

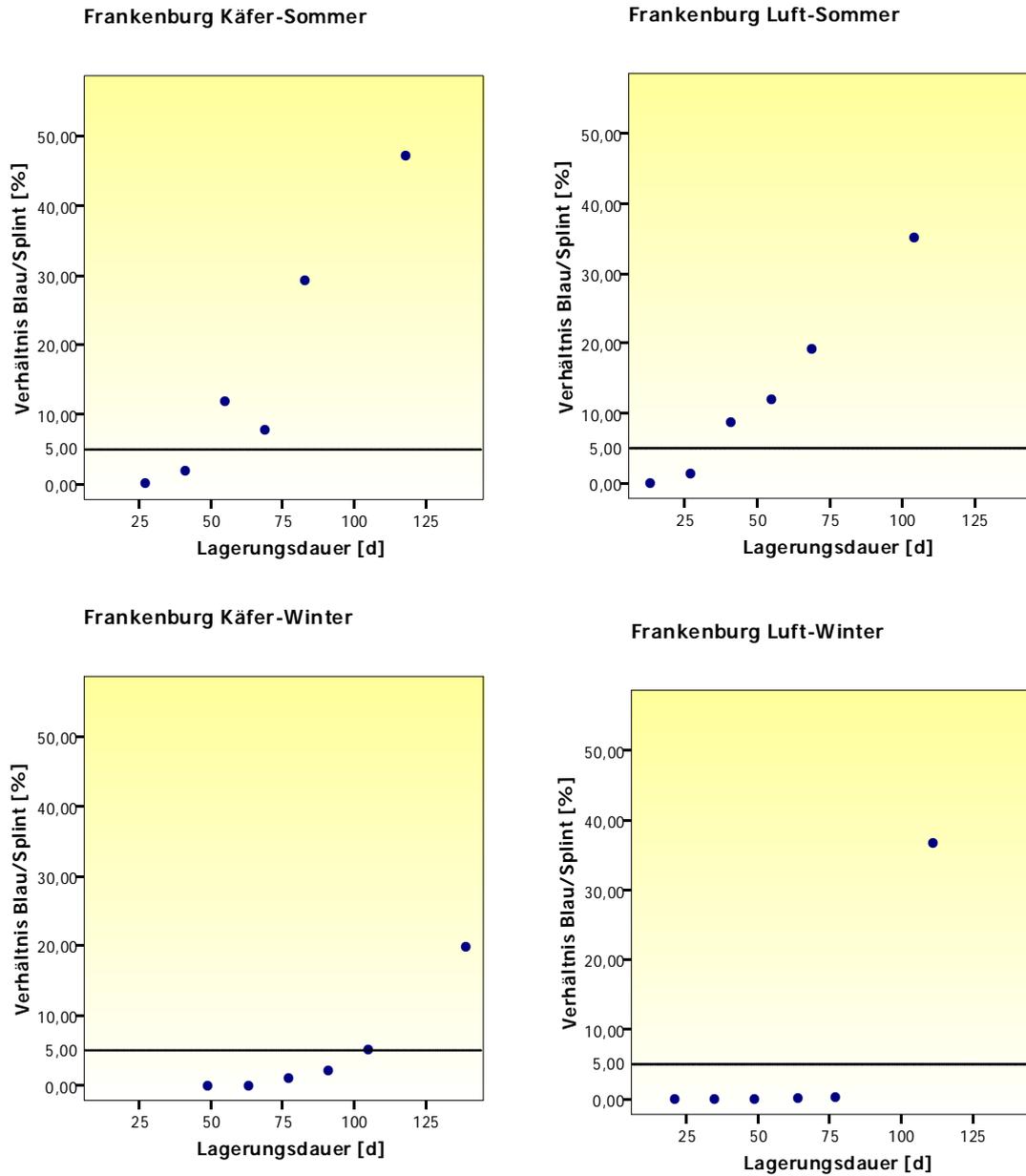


Abbildung 65: Bläueentwicklung am Standort Frankenburg in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer und unterschiedlichen Varianten.

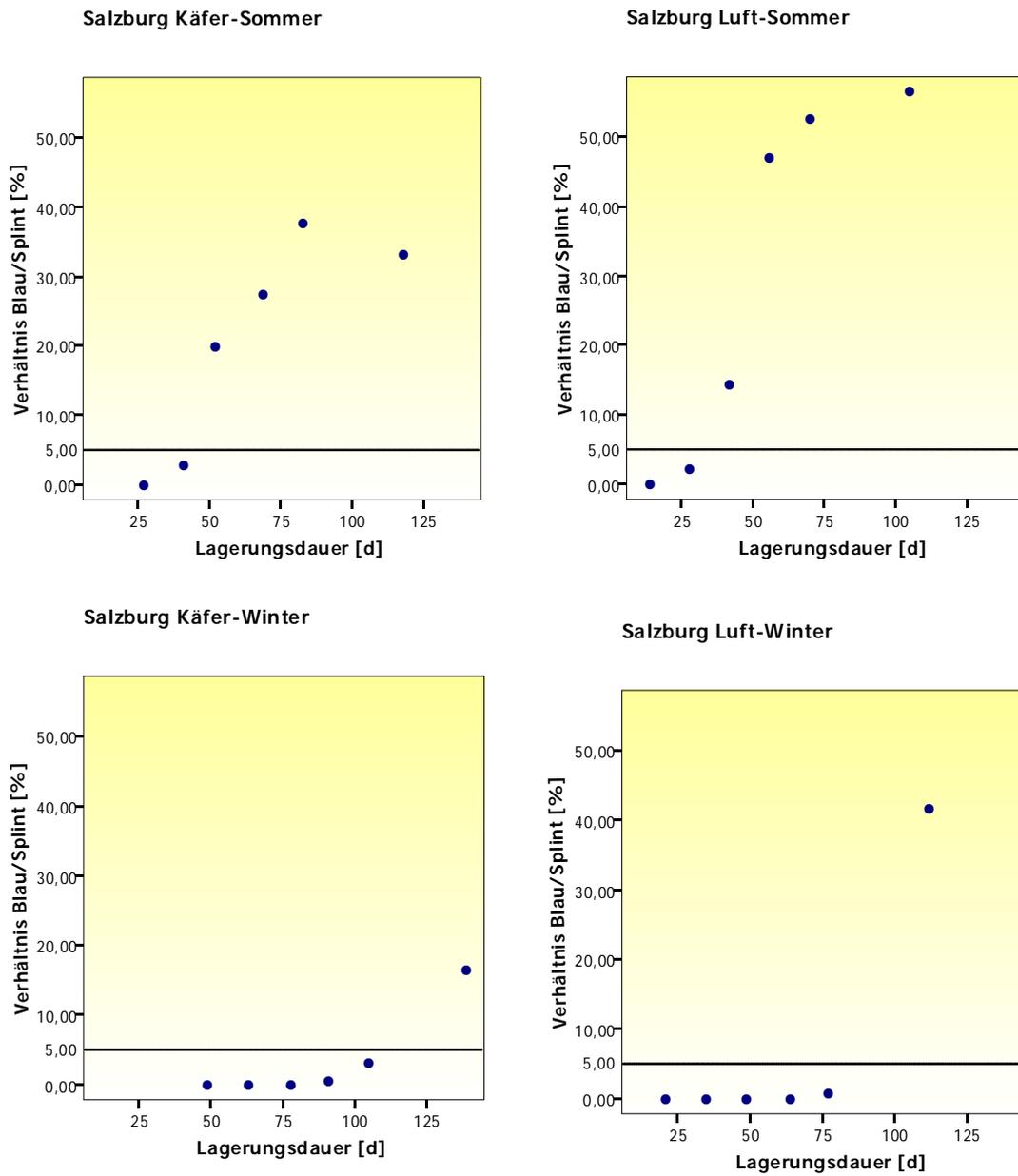


Abbildung 66: Bläueentwicklung am Standort Mayr-Melnhof in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer und unterschiedlichen Varianten.

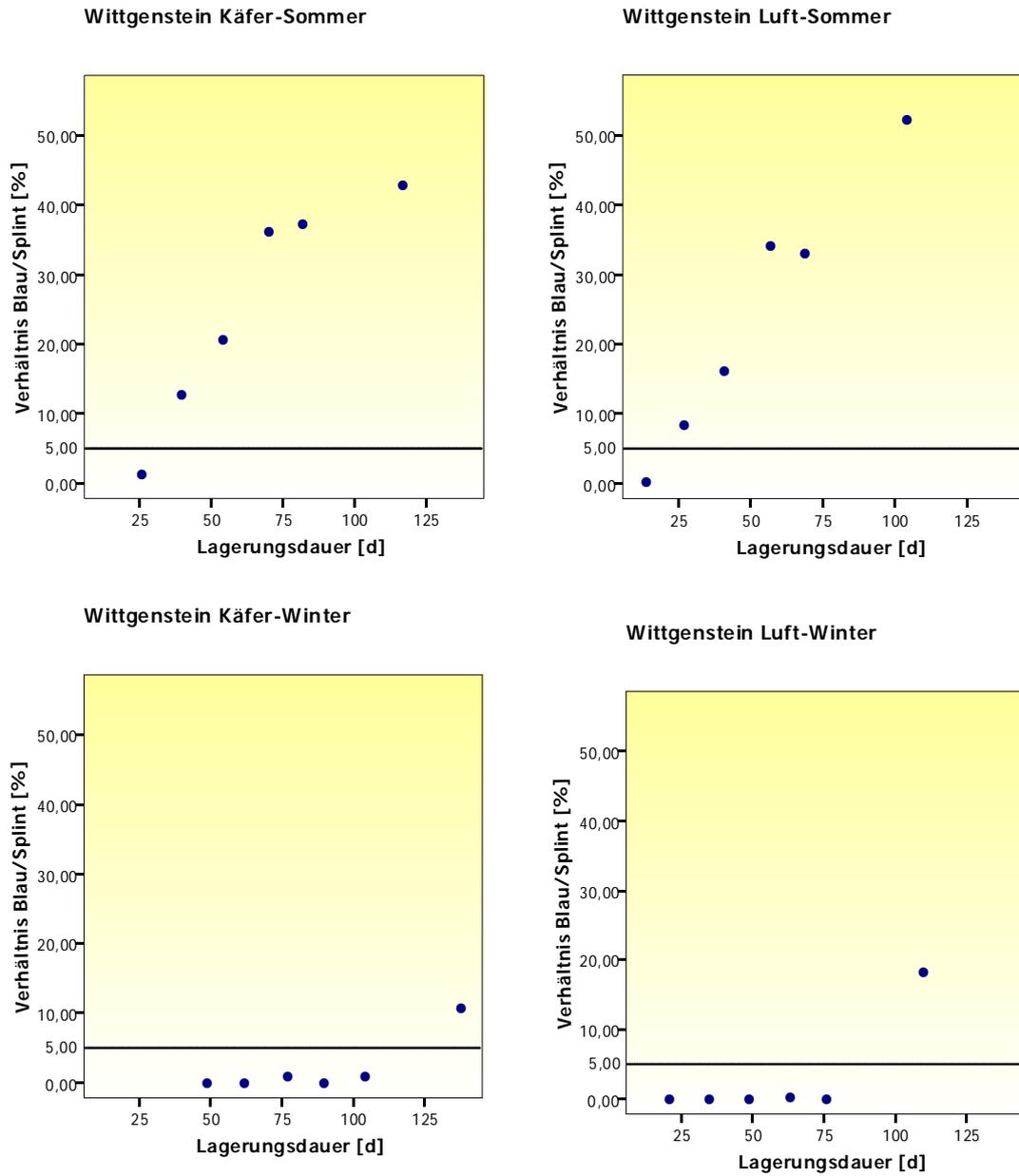


Abbildung 67: Bläueentwicklung am Standort Wittgenstein in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer und unterschiedlichen Varianten.

4.3.3 Entwicklung eines Prognosemodells

Mit den zur Verfügung stehenden Daten wurde eine Kovarianzanalyse mit dem Verblauungsverhältnis als abhängige und mit der Temperatursumme als unabhängige Variable gerechnet. Der Einfluss der Temperatursumme auf die Verblauung erwies sich als signifikant. Ein Einfluss der Holzfeuchtigkeit auf das Verblauungsausmaß konnte für das vorliegende Datenmaterial nicht nachgewiesen werden.

Da es zwischen den Sommer- und den Wintervarianten erhebliche Unterschiede in der Verblauungsgeschwindigkeit gab, war es notwendig, zwei getrennte Modelle anzupassen (siehe Gleichung 2 und 3). Die Varianten Luft-Winter wurden dabei nicht berücksichtigt, weil sie durch das niedrige Verblauungsprozent bis Untersuchungsstermin T5 nicht aussagekräftig sind.

$$(2) \text{ verbl_1} = -9,486 + 0,02817 * \text{tempsu_2} \quad R^2=0,65$$

$$(3) \text{ verbl_1} = -8,130 + 0,0188 * \text{tempsu_2} \quad R^2=0,81$$

verbl_1..... Verhältnis Bläuefläche zu Splintfläche [%]

tempsu_2..... Summe der Tagesmitteltemperatur von der Fällung
bis zum jeweiligen Kontrolltermin [dd]

Abbildung 68 und Abbildung 69 zeigen die entsprechenden Streudiagramme für die Sommer- und Wintervarianten. Die Streuung der Werte in den Sommervarianten ist zwar größer, dennoch lässt sich das raschere Eintreten und die höhere Intensität der Verblauung ablesen.

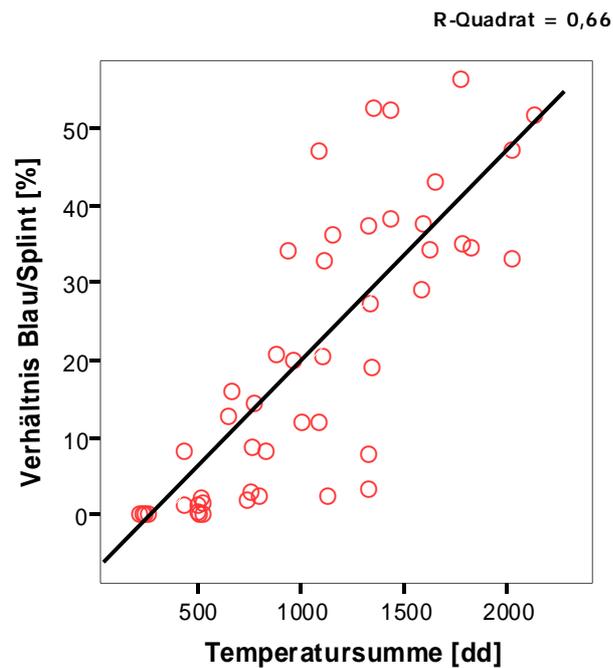


Abbildung 68: Streudiagramm mit linearer Regression der Sommervarianten.

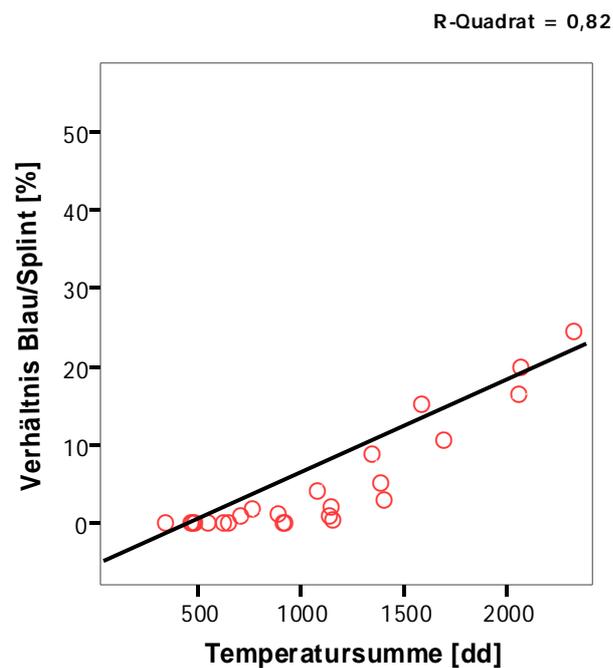


Abbildung 69: Streudiagramm mit linearer Regression für die Käfer/Winter Varianten.

In Abbildung 70 ist die kritische Lagerungsdauer für Fichtenrundholz bei der Sommervariante in Abhängigkeit von der Tagesmitteltemperatur und unterschiedlichen Schwellenwerten für die Verblauung dargestellt. Die maximal mögliche Lagerungsdauer vor Eintritt einer 5%igen Verblauung des Splintes sinkt mit zunehmender Temperatur und ergibt bei einer Temperatur von 18°C eine Lagerungsdauer von etwa 30 Tagen. In Abbildung 71 ist der gleiche Modellansatz für die Wintervariante dargestellt.

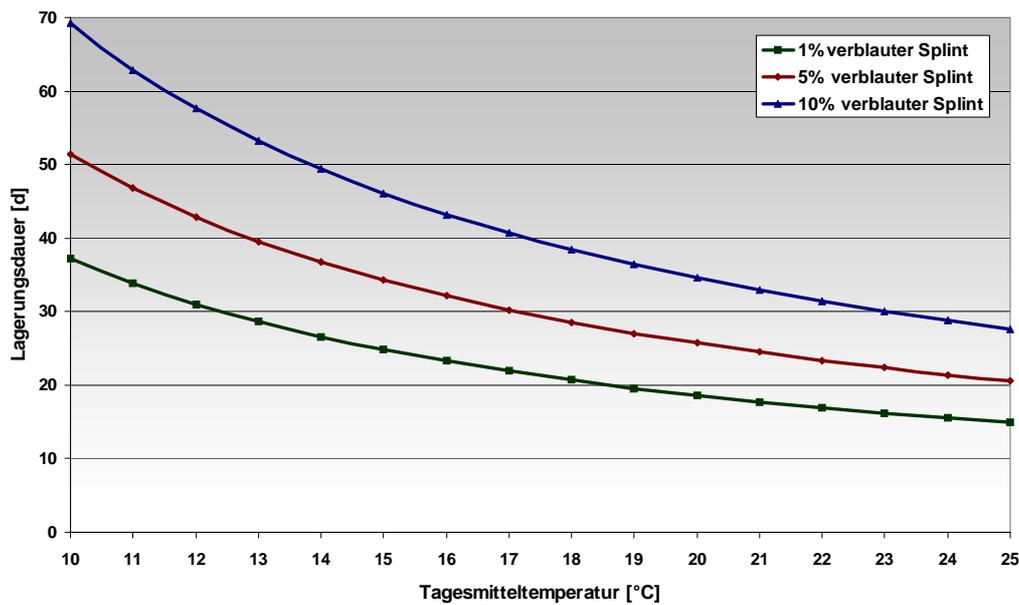


Abbildung 70: Zusammenhang mittlere Temperatur und Lagerungsdauer bei verschiedenen Verblauungsanteilen des Splintholzes für den Sommer.

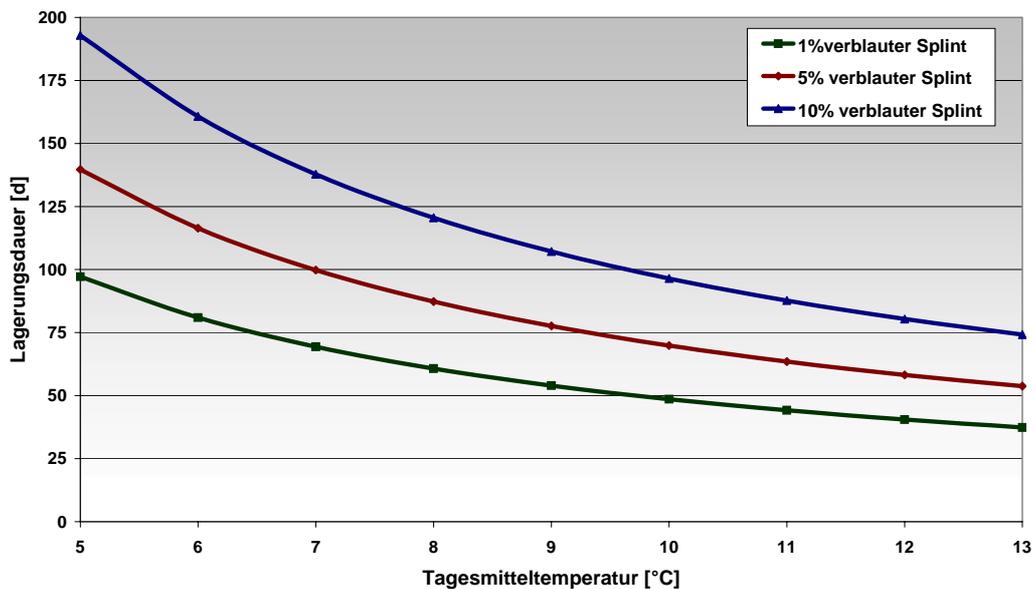


Abbildung 71: Zusammenhang mittlere Temperatur und Lagerungsdauer bei verschiedenen Verblauungsanteilen des Splintholzes für den Winter.

Abbildung 72 bildet die Verbindung zwischen dem oben genannten Modell und Temperaturdaten. An der Roten Linie ist die jeweilige Lagerdauer bis zum Eintreten der Verblauung (gewählt mit 5 %) für den jeweiligen Erntetermin abzulesen. Für dieses Beispiel wurden Temperaturaufzeichnungen der Klimastation Puchberg am Schneeberg (Seehöhe 595 m) aus dem Jahr 1996 von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik ausgewählt. Unterstellt ist ein Schwellenwert für die Verblauung von 5%.

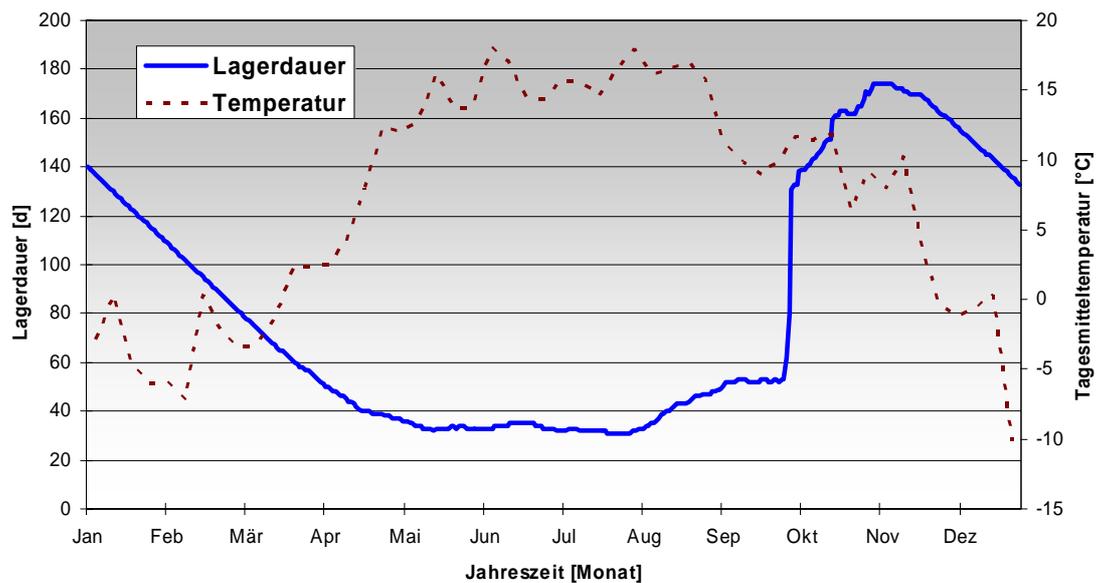


Abbildung 72: Darstellung der möglichen Lagerdauer übers Jahr bei einem Schwellenwert für die Verblauung von 5 %.

4.4 Einsparungspotenzial durch Netzwerke

4.4.1 Optimierungen bei der Holzernte

Für die Gruppe Oberösterreich/Salzburg scheint vor allem im Bereich der Holzernte ein nicht unerhebliches Rationalisierungspotenzial vorhanden zu sein. Die geringe Ausnutzung von mechanisierten Arbeitssystemen und der vielfach zu niedrige Unternehmeranteil bei der Holzernte sind dabei die Ansatzpunkte. Durch Kooperationen lassen sich vermehrt moderne Arbeitssysteme einsetzen, die Holzmengen je Einsatzort können erhöht und damit auch die Überstellungsdistanzen reduziert werden. Das führt zu einer besseren jährlichen Maschinenauslastung und resultiert insgesamt in verminderten Holzerntekosten. Die permanente Verfügbarkeit von verschiedenen Erntemaschinen im Gebiet einer Kooperation ermöglicht auch eine rasche Reaktion auf Bedarfsänderungen der Abnehmer, wodurch sich die Durchlaufzeiten infolge der nachfrageorientierten Produktion verringern.

Die nachfolgenden Kalkulationsbeispiele für die **Überstellungskosten** von Harvestern in Abhängigkeit von der Menge je Einsatzort und Überstellungsdistanz sowie für die **Auslastung von Forstmaschinen** belegen diese Aussagen.

Stampfer (2004) gibt für die Österreichischen Bundesforste Mindestmengen je Harvestereinsatz und Schlagort von 350 m³ bei Überstellung auf Achse und 500 m³ bei Überstellung mit Zugfahrzeug an. Liegt die Überstellungsdistanz über 80 km, so erhöht sich die Mindestmenge je Einsatzort auf mindestens 1.000 m³.

Abbildung 73 zeigt die Überstellungskosten für einen Harvester in Abhängigkeit von der Erntemenge je Einsatzort, der Überstellungsdistanz und der Art der Überstellung. Die den Kalkulationen zu Grunde liegenden Annahmen sind in Tabelle 30 dargestellt. Für die ausgewählten Varianten liegt der Unterschied in den Überstellungskosten (Abbildung 73) zwischen 0,09 und 1,23 €/m³. Die LKW-Überstellung ist bei Transportdistanzen von mehr als 20 km wirtschaftlicher als die Überstellung per Achse (Abbildung 74).

Tabelle 30: Für die Berechnung der Überstellungskosten unterstellte Annahmen.

	Wert	Einheit
Kosten für LKW und Tieflader	70,0	€/h
Kosten für Harvester	120,0	€/h
Durchschnittliche Geschwindigkeit LKW	55,0	km/h
Durchschnittliche Geschwindigkeit Harvester	12,0	km/h
Beladezeit Tieflader	0,3	h
Entladezeit Tieflader	0,3	h
Anfahrtszeit LKW zum Verladeort	0,75	h
Abfahrtszeit LKW vom Verladeort	0,75	h

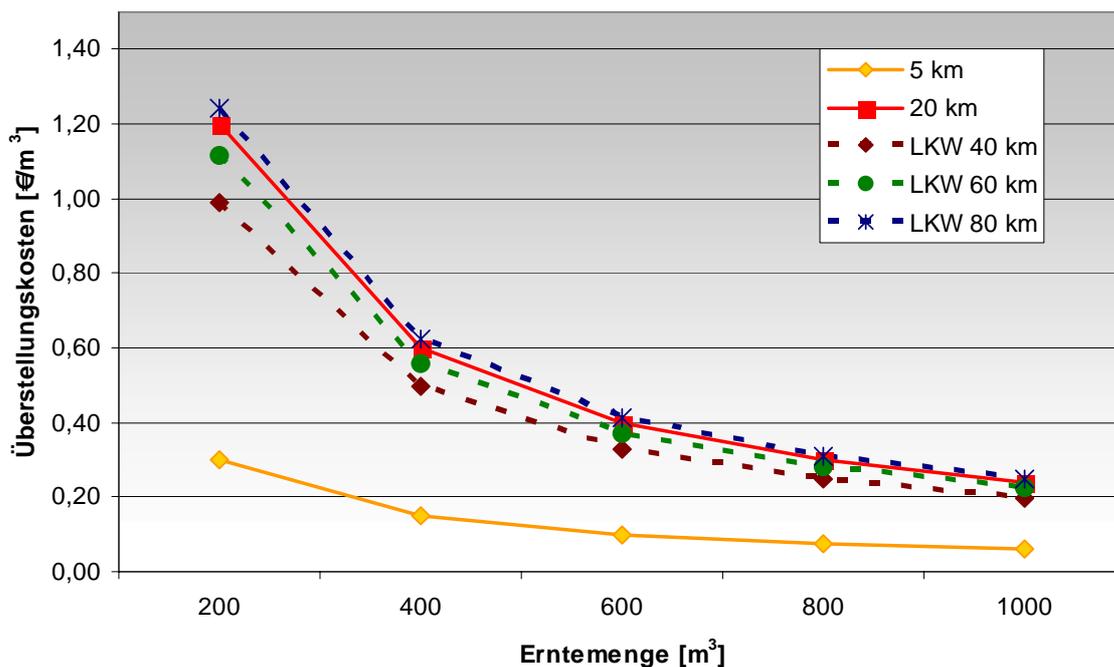


Abbildung 73: Überstellungskosten in Abhängigkeit von Erntemenge, Transportdistanz und Überstellungsart.

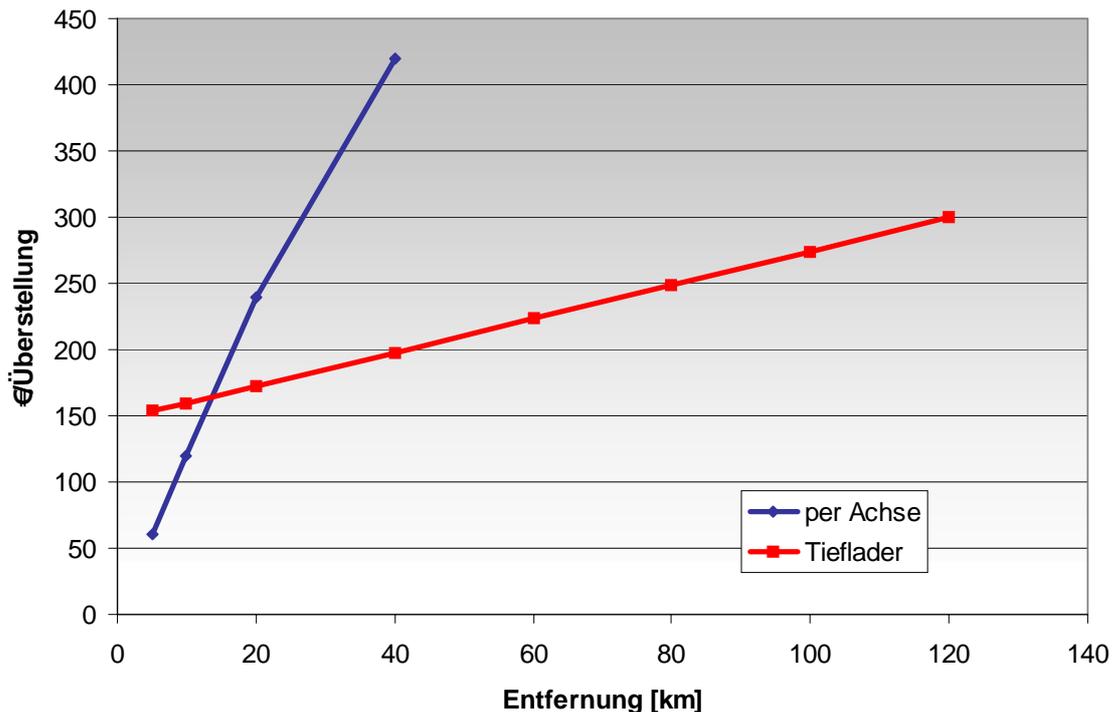


Abbildung 74: Überstellungskosten abhängig von der Überstellungsart.

Die jährliche Auslastung ist ein Schlüsselfaktor der Maschinenkostenkalkulation. Mit zunehmender jährlicher Auslastung sinken die Maschinenkosten gravierend (Abbildung 75). Im vorliegenden Beispiel würde eine Auslastungserhöhung von 1.600 auf 1.800 Maschinenarbeitsstunden (MAS) ein realisierbares Einsparungspotenzial von 1,3 €/MAS ergeben. Umgelegt auf den Kostenträger ergibt sich bei einer unterstellten Produktivität von 15 m³/MAS ein Potenzial von 0,1 €/m³. Für Harvester und Forwarder können in Bezug auf die Jahresauslastung Zielgrößen von 1.800 – 2.000 MAS angegeben werden. In Skandinavien werden im Zweischichtbetrieb Auslastungen von mehr als 2.400 MAS erreicht. Ein realistisches Ziel für die Jahresauslastung von Seilgeräten ist 1.000 MAS.

Im Sinne einer kontinuierlichen Holzproduktion über das ganze Jahr ist auch die monatliche Maschinenauslastung von Interesse. Abbildung 76 zeigt die durchschnittliche monatliche Auslastung von drei Harvestern. Die durchschnittliche jährliche Auslastung beträgt 1.748 MAS, womit die Zielgröße fast erreicht werden konnte. Dennoch sind in der Graphik jahreszeitliche Schwankungen erkennbar, die durch eine Kooperation durchwegs ausgeglichen werden könnten.

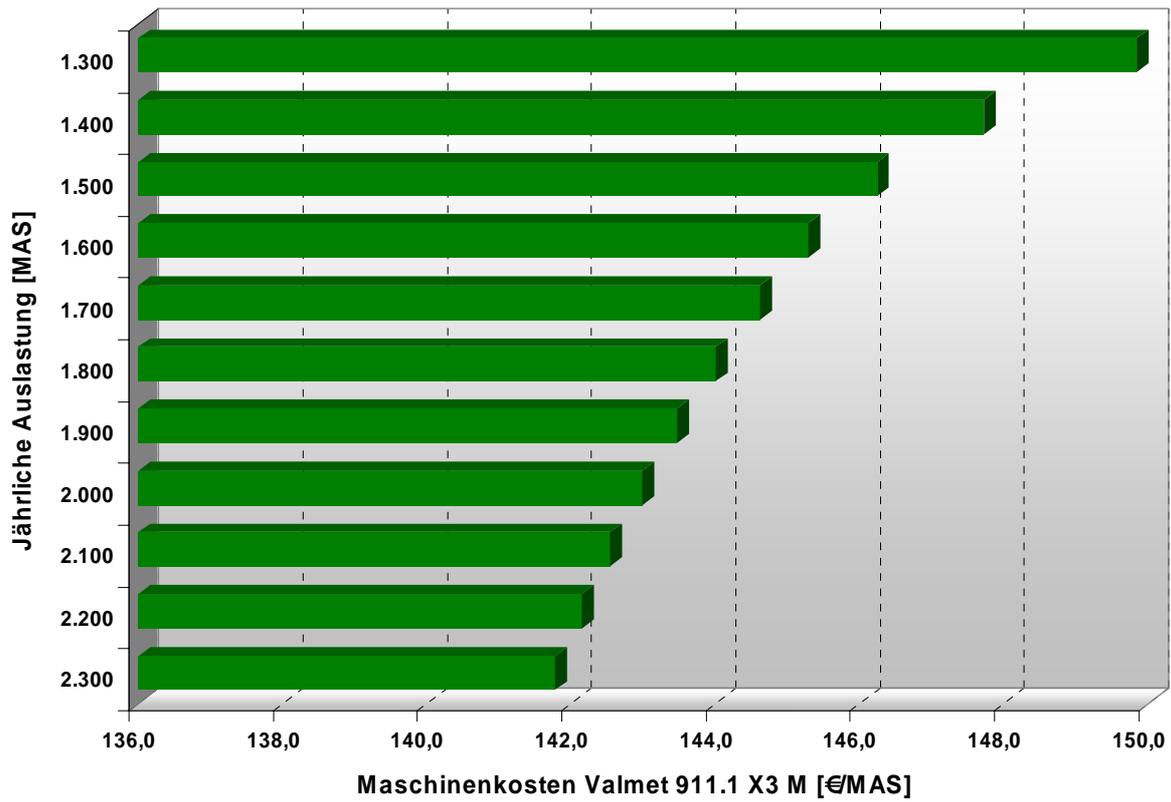


Abbildung 75: Maschinenkosten für den Harvester Valmet 911.1 X3 M in Abhängigkeit von der jährlichen Auslastung.

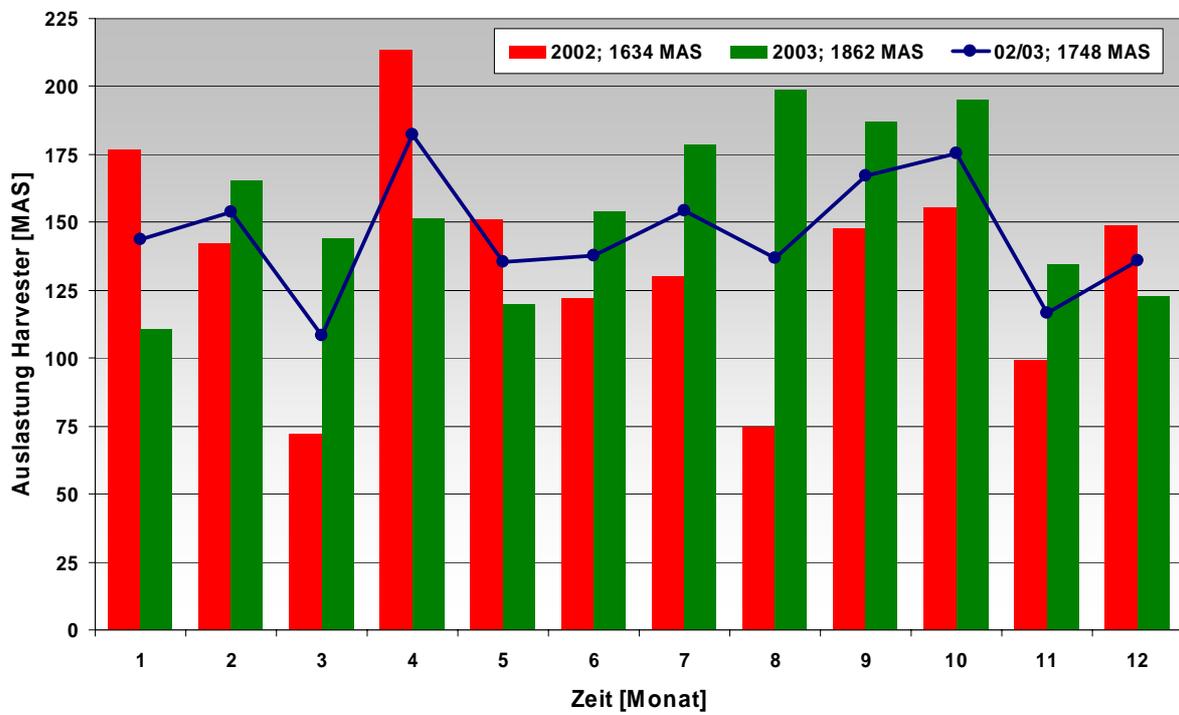


Abbildung 76: Monatliche Harvesterauslastung (Quelle: Forsttechnik Steinkogl, Österreichische Bundesforste AG).

4.4.2 Optimierung des Holztransports

Mit den derzeitigen Maschinenkombinationen bestehen keine Möglichkeiten zur Verkürzung der Beladezeiten im Wald. Auch Strunk (2003) stellt fest, dass der alleinige Einsatz von Wechselaufbauten ohne unternehmensübergreifende Transportplanung keine nennenswerten Einsparungspotenziale mit sich bringt.

Die Erhöhung des zulässigen Gesamtgewichtes von 40 auf 46 t ist technisch möglich. Dabei werden gesamtwirtschaftliche Einsparungspotenziale für den österreichischen Holztransport auf der Straße von ca. 940.000 € gesehen (Kienzler et al., 2000). Bestehende Sonderregelungen für den Holztransport bis 65 km erlauben ein höchstzulässiges Gesamtgewicht von 42 bzw. 44 t.

Direkte Einsparungspotenziale während der Fahrt sind durch die gesetzlichen Rahmenbedingungen nicht generierbar. Die sich aus der Studie ergebenden Unterschiede der Verweilzeit in den jeweiligen Werken beinhalten jedoch die Möglichkeit zur Kostenreduktion.

Zur Darstellung dieser werden folgende Annahmen getroffen:

- Kosten LKW 62 €/h.
- Beladezeit Sägerundholz 1,13 Stunden (Mittelwert Studie).
- Beladezeit Industrieholz 1,4 Stunden (Mittelwert Studie).
- Fahrzeit Wald-Werk aus dem Modell.
- Fahrzeit-retour mit 50% der Fahrzeit Wald-Werk.
- Fuhrgröße 28 m³.
- Verweilzeit Werk mit unterschiedlichen Szenarien.

Die Transportkosten in Euro pro Fuhre ergeben sich aus der Summe Beladezeit, Fahrzeit Wald-Werk, Verweilzeit im Werk und Fahrzeit-retour. Im Weiteren wird für die Darstellung der Transportkosten, bezogen auf 1 m³, eine Fuhrgröße von 28 m³ pro LKW-Zug unterstellt. Da die Daten der Frachtstudie vor Einführung des Road Pricings erhoben wurden und der Anteil an mautpflichtigen Straßen bei der Transportdistanz aus den Studiendaten nicht ableitbar ist, werden diese Kosten in der Kalkulation nicht berücksichtigt. Getrennt nach Säge- und Papierindustrie werden folgende Szenarien hinsichtlich Verweilzeit angenommen (Tabelle 26):

1. Ist-Situation Oberösterreich/Salzburg (Mittelwerte aus der Studie).
2. Ist-Situation Steiermark (Mittelwerte aus der Studie).
3. Prozessbedingte Verweilzeit (Mittelwert Mai-Studie Oberösterreich/Salzburg).
4. Theoretische Durchlaufzeit (Benchmark Prozessanalyse Steiermark).

Für die Sägeindustrie ergibt sich durch die Verkürzung der Verweilzeit im Werk auf die prozessbedingte Verweilzeit von 26 Minuten ein Einsparungspotenzial von 0,75 €/m³ bei einer Transportdistanz von 90 km. Die Reduktion der mittleren Transportdistanz um 10% auf rund 80 km und die gleichzeitige Reduktion der Verweilzeit im Werk auf die theoretische Durchlaufzeit von 15 Minuten würde den Transportprozess optimieren und eine zusätzliche Transportkostenreduktion von 0,85 €/m³ bewirken (Abbildung 77). In der Steiermark ergibt sich aufgrund der Senkung der Verweilzeit ebenfalls ein Potenzial von 0,75 €/m³, wobei hier eine Reduktion der mittleren Transportdistanz von 56 km nicht in Betracht gezogen wird.

Die Verkürzung der Verweilzeit bei der Papierindustrie in Oberösterreich/Salzburg von rund 60 auf 31 Minuten ermöglicht Einsparungen von 1,10 €/m³ bei einer Transportdistanz von 120 km. Eine Senkung der mittleren Transportdistanz um 10% und die Reduktion der Verweilzeit im Werk auf die theoretische Durchlaufzeit von 15 Minuten würde eine zusätzliche Transportkostenreduktion von rund 1 €/m³ bewirken (Abbildung 78).

In der Steiermark liegt die mittlere Verweilzeit bei Papier nur um 7 Minuten über der prozessbedingten Zeit von 31 Minuten. Dadurch ergibt sich aufgrund Verkürzung der Verweilzeit im Werk auf die prozessbedingte Verweilzeit ein niedriges Potenzial als in Oberösterreich/Salzburg von 0,25 €/m³ bei einer Transportdistanz von 70 km. Die Reduktion auf die theoretische Durchlaufzeit von 15 Minuten zeigt ein Einsparungspotenzial von 0,85 €/m³ für die Projektgruppe Papier Steiermark bei gleicher Transportdistanz (Abbildung 78).

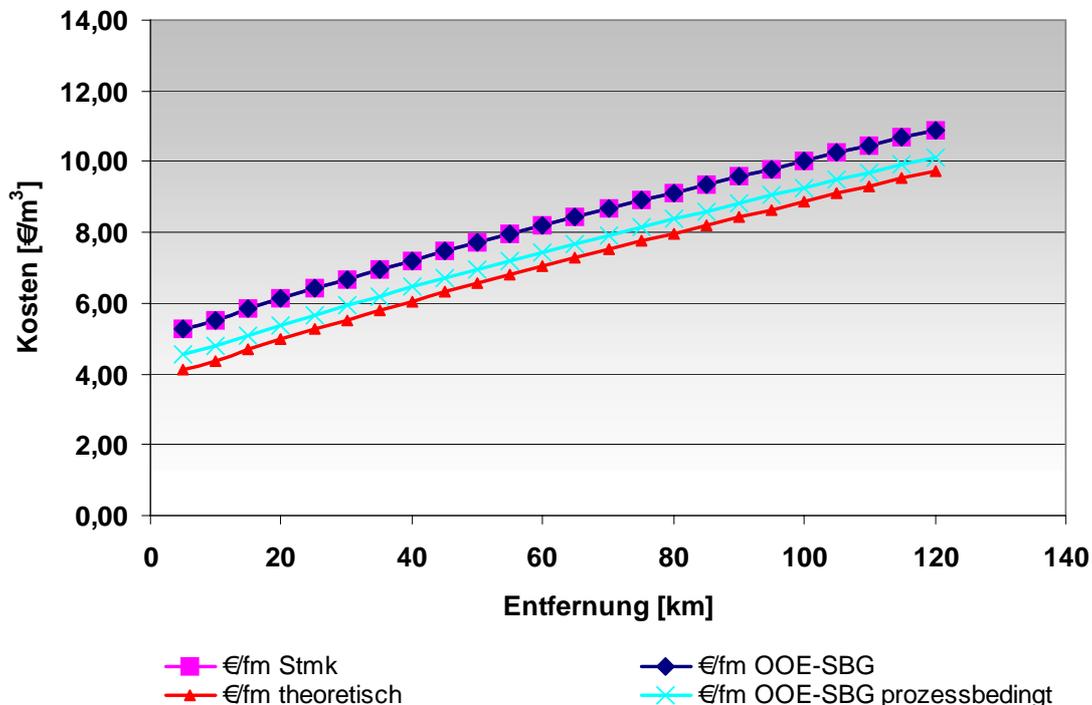


Abbildung 77: Auswirkungen auf die Transportkosten von Sägerundholz bei verschiedenen Szenarien in Abhängigkeit von der Transportdistanz.

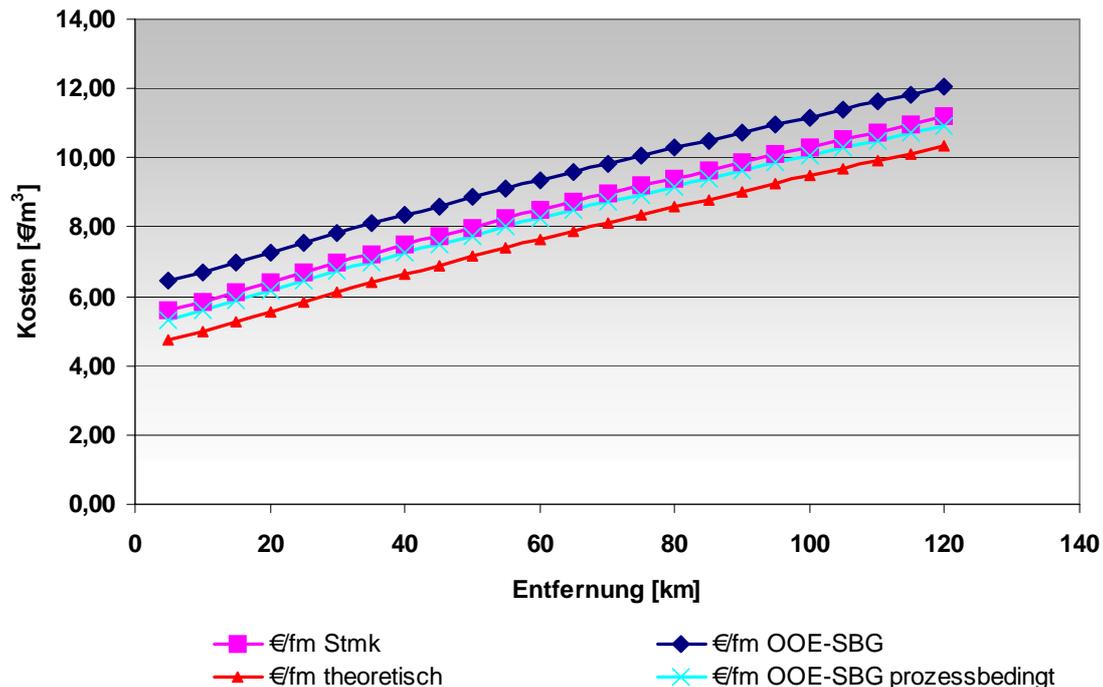


Abbildung 78: Auswirkungen auf die Transportkosten von Industrieholz bei verschiedenen Szenarien in Abhängigkeit von der Transportdistanz.

4.4.3 Reduktion der Lagerschäden

Die Potenzialabschätzung basiert auf der Datenbasis der Prozessanalyse der Projektgruppe Oberösterreich/Salzburg. Die erhobenen Einschlagsdaten für die Großforstbetriebe und den Kleinwald wurden auf Monatsbasis zusammengefasst.

Folgende Annahmen wurden getroffen:

- Der Anteil der Sortimente der Qualitätsklassen A, B und C am Sägerundholz beträgt zum Zeitpunkt der Schlägerung 80%.
- Ein Viertel dieser Menge liegt über der „kritischen Durchlaufzeit“.
- Ein Viertel der Industrieholzmenge liegt über der „kritischen Durchlaufzeit“.
- Der Wertverlust für verblautes Sägerundholz⁴ liegt bei 24 €/m³ (Qualitätsklassen A, B, C werden auf C+ eingestuft).
- Der Wertverlust für verblautes Industrieholz liegt bei 5 €/m³ (Schleifholz wird als Faserholz eingestuft).

Der Wertverlust wurde auf die Jahreseinschlagsmenge bezogen. Abbildung 79 zeigt den berechneten Wertverlust für Industrieholz, Sägerundholz und die Gesamtmenge in Abhängigkeit von der mittleren Durchlaufzeit. Unter Durchlaufzeit versteht sich der Zeitraum beginnend mit der Fällung und endend mit der Verarbeitung im Werk (Einschneiden bzw. Hacken).

⁴ Preise - Holzmarktbericht des Holzkuriers April 2004

Eine Verkürzung der Zeitspanne von 49 auf 28 Tage führt zu einem Einsparungspotenzial von 1,14 €/m³ bei Sägerundholz und 0,35 €/m³ bei Industrieholz. Gewichtet mit der Sortenverteilung der Projektgruppe Oberösterreich/Salzburg ergibt sich ein durchschnittliches Potenzial von 0,98 €/m³. Verkürzt man die Durchlaufzeit bis zur Verarbeitung auf 21 Tage, wäre ein durchschnittliches Einsparungspotenzial von 1,37 €/m³ realisierbar.

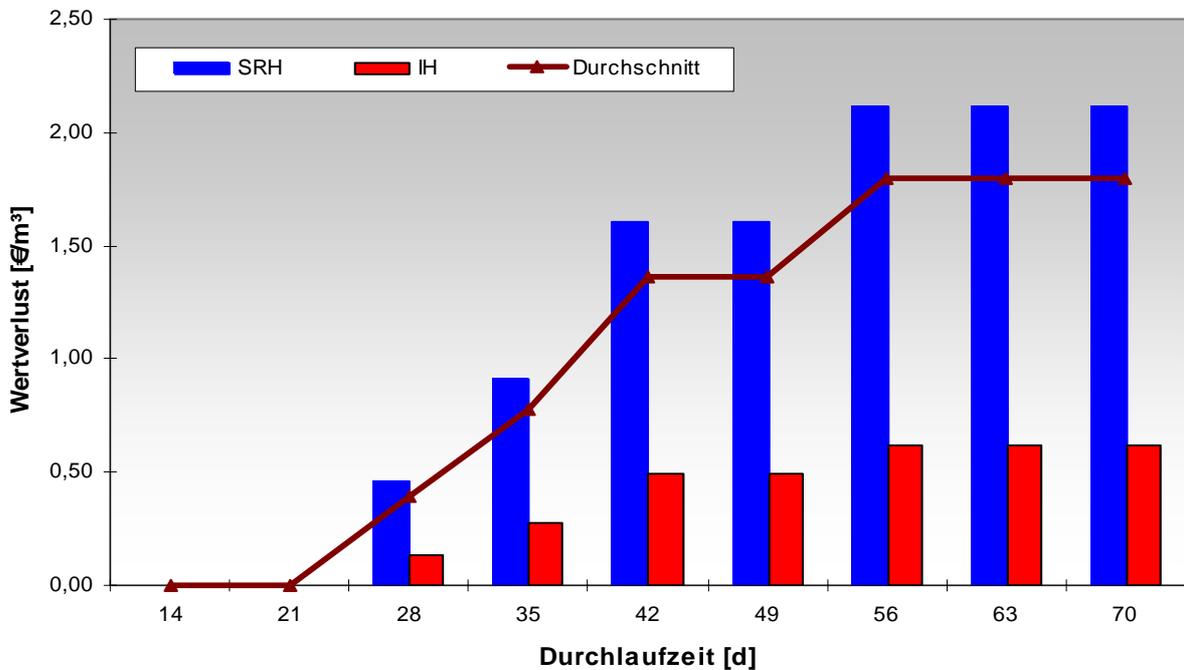


Abbildung 79: Wertverlust durch Bläue für Industrieholz, Sägerundholz und Gesamt

4.4.4 Reduktion der Lagerbestände

Dem Kennzahlenvergleich (Tabelle 14 und Tabelle 15) wird entnommen, dass der durchschnittliche Jahreslagerstand bei Sägewerken im Raum Oberösterreich/Salzburg zwischen 2,5 und 6,2 Produktionswochen, in der Papierindustrie für Industrieholz zwischen 4,8 und 15,1 Produktionswochen liegt.

Ausgehend vom Ziel der Verkürzung der durchschnittlichen Lagerzeit auf 2 bis 3 Produktionswochen können allein durch die verringerte Kapitalbindung erhebliche Potenziale zur Kostenreduktion realisiert werden.

Im Folgenden werden die Reduktionspotenziale an zwei Beispielen (Sägewerk und Papierfabrik) dargestellt. Dabei werden die Einsparungen durch niedrigere notwendige Lagerkapazitäten nicht bewertet, da diese nicht kurzfristig realisierbar sind. Auch die in Zuge einer kleineren durchschnittlichen Lagermenge vermutlich geringeren Manipulationskosten werden nicht berücksichtigt.

Tabelle 31: Kapitalkosten des Werklagers: Sägewerk mit 300.000 m³ Jahreseinschnitt, durchschnittlicher Lagerstand derzeit 28.600 m³ (entspricht ca. 5 Wochen).

		derzeit	Szenario 1	Szenario 2
Holzpreis Sägerundholz frei Werk [€/m ³]		77,60	77,60	77,60
Jahreseinschnitt [m ³]		300.000	300.000	300.000
Ø Lagerstand gesamt [m ³]		28.600	17.308	11.538
Ø Lagerstand [Wochen]		5,0	3,0	2,0
Ø Kapitalbindung Lager [€]		2.219.360	1.343.077	895.385
Ø Kapitalkosten für Lager p.a. bei Verzinsung p.a. [€]:				
	10,0%	221.936	134.308	89.538
	7,5%	166.452	100.731	67.154
	5,0%	110.968	67.154	44.769
Ø Kapitalkosten für Lager pro m ³ Einschnitt bei Verzinsung p.a. [€]::				
	10,0%	0,74	0,45	0,30
	7,5%	0,55	0,34	0,22
	5,0%	0,37	0,22	0,15
Ø Ersparnis pro m ³ Einschnitt bei Verzinsung p.a. [€/m ³]:				
	10,0%		0,29	0,44
	7,5%		0,22	0,33
	5,0%		0,15	0,22

Beispiel 1 basiert darauf, dass im Raum Oberösterreich/Salzburg derzeit ein Sägewerk mit einem Jahreseinschnitt von ca. 300.000 m³ entsprechend der im Projekt ermittelten Kennzahlen über einen durchschnittlichen Lagerbestand von ca. 5 Produktionswochen (ca. 28.600 m³) verfügt. Bewertet mit einem durchschnittlichen Sägerundholzpreis von 68 €/m³ frei Waldstraße zuzüglich durchschnittlicher Transportkosten von 9,60 €/m³ ergibt sich ein Betrag von 2,2 Mio. € gebundenem Kapital im Lager. Ist es im Zuge einer engeren Netzbildung möglich, den durchschnittlichen Lagerstand auf ca. 3 Produktionswochen zu senken, dann ergeben sich alleine durch die verringerte Kapitalbindung (1,3 Mio. €) bereits Einsparungen von ca. 0,29 €/m³ Jahreseinschnitt oder ca. 87.600 €/Jahr bei einer unterstellten Verzinsung von 10% p.a.

Entsprechend Tabelle 31 kann als Bandbreite ein Einsparungspotenzial von 0,15 (Ø 3 Wochen Lager, Verzinsung 5% p.a.) bis 0,44 €/m³ (Ø 2 Wochen Lager, Verzinsung 10% p.a.) eingeschnittenem Sägerundholz und Jahr unterstellt werden.

Tabelle 32: Kapitalkosten des Werklagers: Papierfabrik mit einem Jahresverbrauch von 420.000 m³ Faserholz, durchschnittlicher Lagerstand derzeit 52.500 m³ (entspricht ca. 6,5 Wochen).

		derzeit	Szenario 1	Szenario 2
Holzpreis je m ³ Faserholz frei Werk [€/m ³]		38,00	38,00	38,00
Jahresverbrauch Faserholz [m ³]		420.000	420.000	420.000
Ø Lagerstand gesamt [m ³]		52.500	24.231	16.154
Ø Lagerstand [Wochen]		6,5	3,0	2,0
Ø Kapitalbindung Lager [€]		1.995.000	920.769	613.846
Ø Kapitalkosten für Lager p.a. bei Verzinsung p.a. [€]:				
	10,0%	199.500	92.077	61.385
	7,5%	149.625	69.058	46.038
	5,0%	99.750	46.038	30.692
Ø Kapitalkosten für Lager pro m ³ Verbrauch bei Verzinsung p.a [€/m ³].:				
	10,0%	€ 0,48	€ 0,22	0,15
	7,5%	€ 0,36	€ 0,16	0,11
	5,0%	€ 0,24	€ 0,11	0,07
Ø Ersparnis pro m ³ Verbrauch bei Verzinsung p.a. [€/m ³]:				
	10,0%		0,26	0,33
	7,5%		0,19	0,25
	5,0%		0,13	0,16

Ähnlich auch das Beispiel aus der Papierindustrie: derzeit verfügt ein Zellstoff- und Papierwerk mit einem durchschnittlichen Jahresverbrauch von ca. 420.000 m³ Faserholz entsprechend der im Projekt ermittelten Kennzahlen über ein Lager von ca. 6,5 Produktionswochen, daher ca. 52.500 m³ Faserholz. Bewertet mit einem durchschnittlichen Holzpreis für Faserholz von 26 €/m³ frei Waldstraße zuzüglich durchschnittlicher Transportkosten von 12 €/m³ ergibt sich ein Betrag von 2 Mio. € gebundenem Kapital im Lager. Auch hier wird davon ausgegangen, dass es durch eine verstärkte Netzwerkbildung und eine stärkere Lieferanten-Abnehmer-Kooperation möglich ist, den durchschnittlichen Lagerstand auf 2 - 3 Produktionswochen zu senken. Das ergibt für das Beispiel dieser Papierfabrik eine um 1,07 Mio. € verringerte Kapitalbindung und daher Einsparungen von 0,26 €/m³ verarbeitetem Faserholz bei einer unterstellten Verzinsung von 10% p.a. (entsprechend ca. 107.000 €/Jahr).

Auch hier kann aus der Tabelle 32 für das Einsparungspotenzial eine Bandbreite von 0,13 (Ø 3 Wochen Lager, Verzinsung 5% p.a.) bis 0,33 €/m³ (Ø 2 Wochen Lager, Verzinsung 10% p.a.) verarbeitetem Faserholz und Jahr abgelesen werden.

4.4.5 Gesamtdarstellung der Potenziale

Für die Gruppe Oberösterreich/Salzburg wurden die Einsparungspotenziale bei der Bildung eines Netzwerkes für die Bereiche Holzernte, Transport, Lagerung und Holzqualität betrachtet (Tabelle 33).

Im Bereich der Holzernte wurde angenommen, dass die durchschnittliche Menge je Einsatzort von 400 auf 800 m³ erhöht, die mittlere Überstelltdistanz von 80 auf 60 km gesenkt und damit ein Potenzial von 0,39 €/m³ erreicht werden kann. Daneben erscheint es möglich den Anteil von hoch- und vollmechanisierten Erntesystemen um 10 Prozentpunkte zu erhöhen, was zu einem Einsparungspotenzial von 0,80 €/m³ führt. Durch die Erhöhung der Maschinenauslastung von durchschnittlich 1.600 auf 1.800 Maschinenarbeitsstunden ist ein weiteres Potenzial von 0,10 €/m³ realisierbar.

Bei einer Verringerung der mittleren Transportdistanz um 10 km und einer Reduktion der Verweilzeit im Werk auf die prozessbedingten 15 Minuten ergibt sich ein Einsparungspotenzial von bis zu 1,60 €/m³. Die Verkürzung der mittleren Durchlaufzeit von 7 auf 4 Wochen und damit die Unterschreitung der „kritischen“ Durchlaufzeit führt zu einem Einsparungspotenzial von ca. 0,98 €/m³. Da die Verblauung stark von der mittleren Durchlaufzeit abhängt, können durch eine Verkürzung um eine weitere Woche zusätzlich 0,39 €/m³ lukriert werden.

Eine Senkung der durchschnittlichen Lagerstände im Werk von derzeit 6,5 bzw. 5 Wochen auf 3 Produktionswochen führt etwa zu einer Halbierung des gebundenen Kapitals. Damit können die Kapitalkosten zur Finanzierung des Lagers bei einer unterstellten Verzinsung von $p=10\%$ p. a. um bis zu 0,44 €/m³ gesenkt werden. Dabei sind Einsparungen durch verringerte Lagerflächen und geringeren Manipulationsaufwand nicht berücksichtigt.

Das berechnete Einsparungspotenzial entlang der gesamten Wertschöpfungskette Holz von 2,90 bis 5,20 €/m³ entspricht in etwa dem vom Holzcluster Steiermark (2002) berechneten Potenzial von 2 bis 7 €/m³. Auch der Holzcluster Steiermark verweist darauf, dass dieses Potenzial selbstverständlich nicht für einzelne Unternehmen realisierbar ist, sondern sich nur bei Umsetzung eines unternehmensübergreifenden Netzwerkes entlang der Produktionskette Holz ergibt.

Zur Umsetzung dieses Netzwerkes ist ein durchgängiger elektronischer Datenfluss und eine aktive Steuerung der gesamten Wertschöpfungskette erforderlich. Die dazu notwendige Einführung einer Informations- und Kommunikationsplattform für die beteiligten Partner wird mit Kosten von ca. 1 €/m³ beziffert (Bodelschwingh und Bauer, 2003).

Tabelle 33: Unterstellte Einsparungspotenziale für die Produktionskette Holz.

	Erwarteter Effekt	Potenzial [€/m³]
Holzernte	<ul style="list-style-type: none"> • Einsatz innovativer Arbeitssysteme • Erhöhung der Mengen je Einsatzort • Verkürzung der Überstellabstände • Steigerung der Maschinenauslastung 	1,29
Transport	<ul style="list-style-type: none"> • Verkürzung der Verweilzeiten im Werk • Verringerung der mittleren Transportdistanz • 	0,25 – 1,60
Qualität	<ul style="list-style-type: none"> • Verringerung des Qualitätsverlustes (Bläue) durch Senkung der Durchlaufzeiten auf 3 bis 4 Wochen 	0,98 – 1,37
Lagerhaltung	<ul style="list-style-type: none"> • Senkung der Kapitalkosten durch verkürzte Lagerdauer im Werk (2 bis 3 Wochen) 	0,13 – 0,44
Summarische Effekte	<ul style="list-style-type: none"> • Kombination der o.a. Effekte z.B. Geringerer Manipulationsaufwand, Verbesserte Steuerung der Prozesse, Schnittstelleneffekte,... 	0,27 – 0,47
Summe Einsparungspotenziale		2,92 – 5,17
Steuerung	<ul style="list-style-type: none"> • Erschließung der Potenziale • Steuerungssoftware • Aktive Steuerung der Holzerntekette 	-1,00
Saldiertes Einsparungspotenzial		1,92 – 4,17

5 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Potenzialanalyse für ein Unternehmensnetzwerk entlang der Wertschöpfungskette Holz hat sowohl für eine Gruppe in der Steiermark als auch in Oberösterreich/Salzburg erhebliche Möglichkeiten zur Kosteneinsparung aufgezeigt. Das für die Gruppe Oberösterreich/Salzburg gemeinsam realisierbare Potenzial beträgt zwischen 1,90 und 4,20 €/m³, worin auch die Kosten für die Einführung einer Informations- und Kommunikationsplattform enthalten sind. Obwohl die steirische Gruppe mit den Kooperationsvorbereitungen schon sehr weit fortgeschritten war, ist die Implementierung eines Netzwerkes mit Intermediär unterblieben. In der Gruppe Oberösterreich/Salzburg wird es – zumindest kurzfristig – auch kein Umsetzungsprojekt geben.

Die Gründe für das Scheitern unternehmensübergreifender Netzwerke zwischen der Forst-, Säge, und Papierindustrie sind vielfältig. Die durchgeführten Workshops haben gezeigt, dass die Minimalanforderung für Netzwerke – gegenseitiges Vertrauen – nur bedingt gegeben ist. Unter diesen Bedingungen ist eine gemeinsame Strategie- und Zielfindung sehr schwer möglich. Schwierigkeiten ergeben sich auch aus den sehr unterschiedlichen Branchenphilosophien und der Befürchtung, dass einzelne Marktpartner eine beherrschende Stellung einnehmen könnten. Daher ist ein Netzwerk mit Intermediär, der die Organisationsstruktur für die Steuerung der Logistik bereitstellt und als Mediator auftritt, zu präferieren.

Insgesamt liegt der Schluss nahe, dass für die Einleitung eines Veränderungsprozesses in Richtung Netzwerk Holz der Kostendruck in allen Branchen der Holzproduktion noch nicht groß genug ist und aus der Sicht der Beteiligten ausreichendes Potenzial für die isolierte Optimierung von Teilprozessen besteht. Angesichts der schwierigen Rahmenbedingungen macht allerdings nur eine Optimierung der gesamten Wertschöpfungskette Holz Sinn.

Die errechneten Kosteneinsparungen lassen sich ausschließlich über ein unternehmensübergreifendes Netzwerk realisieren.

Grundvoraussetzung für ein erfolgreiches Netzwerkmanagement ist die Einführung eines geeigneten Informations- und Kommunikationssystems, welches die Steuerung und Optimierung der Informationsflüsse und Prozesse entlang der Wertschöpfungskette Holz möglich macht. Gerade im Hinblick auf eine Optimierung der Transportlogistik und Versorgungssicherheit würden sich erhebliche Kostenvorteile ergeben.

Auch die in immer kürzeren Intervallen auftretenden Schadholanfälle (z.B. Windwurf, Käferholz usw.) sind über Netzwerke und die damit verbundenen Kommunikations- und Steuerungssysteme einfacher zu bewältigen. Netzwerke, die Partner aus verschiedenen Regionen verbinden, können einen Abgleich der Liefermengen durchführen und damit saisonale und kalamitätsbedingte Schwankungen ausgleichen.

Im Hinblick auf die Durchlaufzeiten vom Wald bis zum Einschnitt im Werk gibt es keine gut nachvollziehbaren Daten, worin künftiger Forschungsbedarf gesehen wird. Eine deutsche Studie belegt für den Kleinwald bei Sägerundholz Durchlaufzeiten vom Wald bis zur Übernahme von 49 Tagen und für Industrieholz von 54 Tagen. Basierend auf den Ergebnissen dieses Projektes und im Hinblick auf die Qualitätsentwertung von Fichtenholz durch Verblauung ist gerade für die Sommermonate eine maximale Durchlaufzeit vom Wald bis zur Verarbeitung im Werk von 28 Tagen zu fordern. Im Kleinwald kann dieses Ziel nur bei enger Einbindung in ein Unternehmensnetzwerk erreicht werden.

6 ZUSAMMENFASSUNG

Ziel des vorliegenden Projektes war die Bewertung der Einsparungspotenziale, welche durch die Implementierung eines unternehmensübergreifenden Netzwerkes entlang der Wertschöpfungskette Holz zu realisieren sind.

Aufbauend auf einer Analyse der Ist-Prozesse in der Forst-, Säge- und Papierindustrie sind in folgenden Bereichen Verbesserungspotenziale identifiziert worden: Optimierung der Holzernte durch Einsatz von innovativen Arbeitssystemen, Reduktion der Überstreckdistanzen zwischen den Einsatzorten und Erhöhung der Mindestmengen je Bearbeitungsfläche. Säge- und papierseitig ergeben sich Herausforderungen aufgrund von unregelmäßigen Lieferprofilen, Anlieferungsspitzen bei der Holzübernahme sowie durch eine zu hohe Lagerhaltung.

Herausforderungen ergeben sich an der Schnittstelle zwischen Forst und Abnehmern vor allem in Bezug auf den Holztransport: Lange Ladezeiten im Wald, große Fahrstrecken zwischen Wald und Werk sowie zu lange Wartezeiten vor der Holzübernahme resultieren in Effizienzproblemen beim Transport des Holzes und zusätzlichen Manipulationskosten bei der Säge- und Papierindustrie. Durch eine aktive Steuerung des Holztransportes könnten viele dieser Probleme behoben werden.

Qualitätsverluste infolge Verblauung treten aufgrund von zu langen Durchlaufzeiten vom Wald bis zur Verarbeitung im Werk auf. Diese Wertverluste können nur bei Verkürzung der Durchlaufzeiten vermieden werden. Auf Grund von Modellüberlegungen wird als Zielgröße eine maximale Durchlaufzeit vom Fällen des Baumes bis zur Verarbeitung im Werk von 28 Tagen vorgeschlagen. Für den Kleinwald sind in Deutschland etwa 50 Tage vom Fällen bis zur Übernahme im Werk ermittelt worden, woraus sich erhebliches Potenzial ergibt.

Um die Effizienz und Effektivität der Produktionskette Holz kurz- und langfristig zu verbessern, ist die Bildung eines Netzwerkes mit Intermediär notwendig. Die Steuerung des Materialflusses und der Prozesse über eine Informations- und Kommunikationsplattform sollte von einem Intermediär als Vermittler zwischen den Bearbeitungsstufen wahrgenommen werden. Die durch ein derartiges Netzwerk realisierbaren Kosteneinsparungen wurden für Gruppen in der Steiermark und Oberösterreich/Salzburg evaluiert und betragen zwischen 2 und 7 €/m³ bzw. 1,90 und 4,20 €/m³. Die Kalkulation für die Gruppe Oberösterreich/Salzburg beinhaltet Investitionskosten für eine Informations- und Kommunikationssoftware im Ausmaß von 1 €/m³. Eine konkrete Umsetzung des Netzwerkes konnte für beide Gruppen nicht erreicht werden.

Die Gründe dafür sind vielfältig, wobei in beiden Fällen Basisfaktoren für die erfolgreiche Netzwerkbildung - wie gegenseitiges Vertrauen, Transparenz der Unternehmensdaten sowie gemeinsame Strategie- und Zielfindung - nicht erfüllt sind. Das berechnete Kosteneinsparungspotenzial lässt sich allerdings ausschließlich über ein unternehmensübergreifendes Netzwerk entlang der Wertschöpfungskette Holz realisieren.

7 LITERATUR

- Alard, R., Hartel, I., Hieber, R. 1999: Innovationstreiber im Supply Chain Management. IO Management 5: 64-67.
- Asikainen, A. 1995. Discrete-event simulation of mechanized wood-harvesting Systems. Academic Dissertation. Faculty of Forestry, University of Joensuu. Finland. 86 P.
- Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W. und Weiber, R. 2000. Multivariate Analysemethoden. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. 661 S.
- Bodelschwingh, E. und Bauer, J. 2003. Informationsflüsse in der Holzerntekette - Praxiseinsatz der Logistiksoftware GeoMail. LWFaktuell, Nr. 39/2003. Bayerische Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft . S. 19-22
- Bühl, A. und Zöfel, P. 2002. SPSS 11. Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows. 8, Auflage. 757 S.
- Friedag, H. und Schmidt, W. 2002. Balanced Scorecard – mehr als ein Kennzahlensystem. 4. Auflage. Haufe Mediengruppe, Freiburg, Berlin und München. 262 S.
- Holzcluster Steiermark 2002. Logistik – Pilotprojekt: Lösungskonzept. Endbericht.
- Kaplan, R. und Norton, D. 1997. Balanced Scorecard – Strategien erfolgreich umsetzen. Horvath, P., Kuhn-Würfel, B. und Vogelhuber, C. (Übersetzer). Schäffer-Pöschl Verlag, Stuttgart. 309 S.
- Kienzler, H.-P., Selz, T. und Manns, S. 2000. Auswirkungen von erhöhten zulässigen Gesamtgewichten für den Rundholztransport. Untersuchung im Auftrag des Fachverbandes der Sägeindustrie Österreichs. Freiburg. 65 S.
- Kirisits, T. 1996. Untersuchungen über die Vergesellschaftung von Bläuepilzen (Ceratocystis/Ophiostoma spp.) mit den rindenbrütenden Fichtenborkenkäfern Ips typographus, Pityogenes chalcographus und Hylurgops glabratus in Österreich. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur Wien Wien, Österreich. 175 S.
- Kummer, S. 2001. Supply-Chain Management und E-Logistik. Unterlagen zur Vorlesung. Institut für Transportwirtschaft, Wirtschaftsuniversität Wien. 179 S.
- Net-Lexikon 2004. Elektronische Information. <http://www.net-lexikon.de>
- Neumüller, A., & Brandstätter, M., 1997. Holzverfärbung durch Bläue-, Schimmel- und Rotstreifpilze. Die Sägeindustrie Mai 1997
- Petritz, P. 2003. Geschäftsprozessoptimierung mit Prozesssimulation. Diplomarbeit. Institut für Organisations- und Personalmanagement der Universität Graz. 87 S.
- Sachs, L. 1999. Angewandete Statistik. Anwendung statistischer Methoden. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. S. 649 – 688
- Seidl, J. 2000. Erfolgreiche Kommunikation und Umsetzung von Unternehmensstrategien mit der Balanced Scorecard: Von der Vision zur Realität. ExperPraxis 99/2000: 70-73.
- Solheim, H. 1986. Species of Ophiostomataceae isolated from Picea abies infested by the bark beetle Ips typographus. Nordic Journal of Botany 6: 199-207.

Stampfer, E. 2004. Mündliche Mitteilung.

Stampfer, K. 2002. Optimierung von Holzerntesystemen im Gebirge. Habilitationsschrift, Universität für Bodenkultur Wien. 96 S.

Strunk, M. 2003. Zum Einsatz von Wechselbrücken beim Rohholztransport in der deutschen Forst- und Holzwirtschaft. Bachelorarbeit. Institut für Forstliche Arbeitswissenschaft und Verfahrenstechnologie der Universität Göttingen. 26 S.

8 ANHANG

8.1 Glossar

Balanced Scorecard:	Controllingwerkzeug, das Anfang der 90er Jahre von Kaplan und Norton entwickelt wurde. Ziel war es dabei, ein Bewertungssystem zu finden, das nicht einseitig auf finanzielle Kennzahlen fokussiert ist. Eine gute Balanced Scorecard sollte eine ausgewogene Mischung aus Ergebnisgrößen und Leistungstreibern der Geschäftsstrategie aufweisen (Friedag und Schmidt, 2002; Kaplan und Norton, 1997).
Durchlaufzeit:	Zeitspanne von der Fällung eines Baumes bis zu dessen Weiterverarbeitung im Werk. Summe von Bearbeitungs-, Lager- und Transportzeit [d].
Einschlag:	Holzmenge, die im Abrechnungszeitraum erfolgswirksam genutzt wurde [m ³].
Entladeart:	Unterscheidung zwischen der Selbstentladung, welche mit dem Ladekran des LKWs erfolgt, und der Fremdentladung durch eine Maschine oder Entladeeinrichtung im Werk.
Kombinierter Verkehr (Intermodaler Verkehr):	Holztransport aus einer Kombination von LKW, Bahn und Schiff.
Ladestelle:	Notwendige Stopps für die Beladung einer Fuhre, gezählt über die Absteigvorgänge vom Ladekran [n].
Ladezeit Wald:	Darunter wird jene Zeit verstanden, welche im Wald zur Beladung des LKWs notwendig ist. Diese errechnet sich aus der Differenz Ankunftszeit erste Ladestelle und Abfahrtszeit letzte Ladestelle [hh:mm].
Lagerbestand:	Gelagerte Holzmenge im Werk, die als Verhältnis Lagermenge zur wöchentlichen oder monatlichen Produktionsmenge angegeben wird [Produktionswochen, Produktionsmonate].
Liefermenge:	Rundholzmenge, die in einem bestimmten Beobachtungszeitraum vom Produzenten (Forst) zum Abnehmer geliefert wird. Menge und Zeit der Lieferung ergeben sich aus Waldabmaß bzw. Werksabmaß [m ³].
Maschinenarbeitsstunde (MAS, PMH₁₅):	Produktive Maschinenzeiten inklusive Unterbrechungen kleiner 15 Minuten [h].
Produktive Systemstunde (PSH₁₅):	Produktive Systemzeiten inklusive Unterbrechungen kleiner 15 Minuten [h].
Road Pricing:	Streckenabhängige Maut auf österreichischen Schnellstraßen und Autobahnen für Fahrzeuge mit einem höchstzulässigen Gesamtgewicht über 3,5 to [€/km].
Rundholz:	Sägerundholz und Industrieholz [m ³].

- Supply Chain (SC):** Unternehmensübergreifendes virtuelles Organisationsgebilde (Netzwerk), das als gesamtheitlich zu betrachtendes Leistungssystem spezifische Wirtschaftsgüter für einen definierten Zielmarkt hervorbringt (Net-Lexikon, 2004).
- Supply Chain Management (SCM):** Supply Chain Management ist als Konzept charakterisiert, das auf kooperativer Basis sämtliche Akteure einer Wertschöpfungskette integriert. Zentrale Aufgabe ist die Gestaltung der Beziehungen zwischen den Akteuren in der Wertschöpfungskette. SCM zielt auf eine langfristige (strategische) und kurzfristig (operative) Verbesserung von Effektivität und Effizienz industrieller Wertschöpfungsketten (Net-Lexikon, 2004).
- Übernahmemenge (Übernommene Menge, Anliefermenge):** Rundholzmenge, die in einem bestimmten Beobachtungszeitraum im Werk übernommen wird [m³].
- Verblauung:** Durch Pilze hervorgerufene Blaufärbung des Holzes, welche eine Qualitätsminderung - jedoch ohne Festigkeitsverlust - bewirkt [% verblaute Splintfläche].
- Verweilzeit:** Zeitspanne zwischen der Werksankunft und -abfahrt des LKWs. Summe der Warte- und prozessbedingten Zeiten im Werk [hh:mm].
- Vorführen:** Transport des Rundholzes zum Abstellplatz des Anhängers sowie dessen Beladung.
- Vortransport:** Transport des Rundholzes zu einem Zwischenlager im Wald.
- Wartezeit:** Zeitraum zwischen Ankunft beim Werk und dem Beginn der Übernahme im Werk [hh:mm].

8.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Intermediär – Grundprinzip der Organisationsstruktur.....	5
Abbildung 2: Perspektiven der Balanced Scorecard (Seidl, 2000).	9
Abbildung 3: Methodischer Projektansatz.....	12
Abbildung 4: Anlageschema einer Variante.....	20
Abbildung 5: Einschnittschema der Bloche in den Käfervarianten zur Gewinnung der Querschnitte (A – E) und Rindenstücke (x , y).	21
Abbildung 6: Einschnittschema der Bloche in den Luftvarianten zur Gewinnung der Querschnitte (K – W).	21
Abbildung 7: Dokumentierte Querschnittsscheibe mit eingezeichneter Bläue, sowie mit deutlich gekennzeichnetem Kern- und Splintholzbereich.	22
Abbildung 8: Probestücke aus denen die Holzspäne nach Tiefenstufen entnommen und auf das Nährmedium (in den Petrischalen) aufgebracht wurden.	23
Abbildung 9: Beispiel für die Weiterverarbeitung der Daten am Bild der Stammscheibe 1760 O vor der Bearbeitung.	24
Abbildung 10: Beispiel für die Weiterverarbeitung der Daten am Bild der Stammscheibe 1760 O nach der Bearbeitung.	24
Abbildung 11: Liefermengen der Großbetriebe im Jahresverlauf.	28
Abbildung 12: Liefermengen der Bäuerlichen Waldverbände.....	29
Abbildung 13: Für die Holzernte eingesetzte Arbeitssysteme.....	30
Abbildung 14: Verteilung des Einschlags auf fremde bzw. eigene Arbeiter.	30
Abbildung 15: Gegenüberstellung Liefermenge und Bedarf für Sägerundholz für die Gruppe Oberösterreich/Salzburg.....	31
Abbildung 16: Liefermengen Forst (Großforstbetriebe und bäuerlicher Waldverband) für die Gruppe Oberösterreich/Salzburg.....	32
Abbildung 17: Gegenüberstellung Liefermenge und Bedarf für Industrieholz für die Gruppe Oberösterreich/Salzburg.....	34
Abbildung 18: Häufigkeitsverteilung der Ladezeit im Wald (Rohdaten).	38
Abbildung 19: Mittlere Ladezeiten im Wald mit 95%-Konfidenzintervall getrennt nach Betriebskategorie und Studien (Ladezeiten kleiner 3h).	39
Abbildung 20: Ladezeiten im Wald getrennt nach den Betriebskategorien (Ladezeiten kleiner 3h).....	40
Abbildung 21: Ladezeiten für die Studie Oberösterreich/Salzburg Mai 2004 in Abhängigkeit von der Variable Vorführen.	41
Abbildung 22: Mittlere Ladezeiten für die Studie Oberösterreich/Salzburg Mai 2004 in Abhängigkeit von der Anzahl der Ladestellen getrennt nach Betriebskategorie.....	42
Abbildung 23: Häufigkeiten der Anzahl von Ladestellen für die Studie Oberösterreich/Salzburg Mai 2004.....	42

Abbildung 24: Ladezeiten im Wald über der Abnehmerkategorie (Ladezeiten kleiner 3h - Studie gesamt).	43
Abbildung 25: Verteilung der Arbeitszeit im Wald beim Holztransport (Strunk, 2003). ..	43
Abbildung 26: Durchschnittliche Distanzen Wald - Werk zu Säge und Papier für die Projektgruppen Steiermark und Oberösterreich/Salzburg.	44
Abbildung 27: Mittlere Distanzen nach Werken für die Projektgruppe Steiermark (Werke anonymisiert).	45
Abbildung 28: Mittlere Distanzen nach Werken für die Projektgruppe Oberösterreich/Salzburg (Werke anonymisiert).....	46
Abbildung 29: Ankunftszeiten in der Gruppe Steiermark für die Sägewerke über den Tag.	47
Abbildung 30: Verweilzeiten im Sägewerk in der Steiermark im Tagesverlauf.	47
Abbildung 31: Ankunftszeitenverteilung im Tagesverlauf für die Gruppe Papier Steiermark.	48
Abbildung 32: Verweilzeiten in Stunden für die Gruppe Papier Steiermark.	48
Abbildung 33: Ankunftszeitenverteilung über den Tag für die Gruppe Säge Oberösterreich/Salzburg.....	50
Abbildung 34: Verweilzeit in Stunden für die Gruppe Säge Oberösterreich/Salzburg über den Tag.	50
Abbildung 35: Ankunftszeitverteilung für die Gruppe Papier Oberösterreich - Salzburg über den Tag.	51
Abbildung 36: Mittlere stündliche Verweilzeit für die Gruppe Papier Oberösterreich/Salzburg über den Tag.	51
Abbildung 37: Ankunftsverteilung für die Gruppe Säge Steiermark über die Woche.	52
Abbildung 38: Mittlere tägliche Verweilzeit für die Gruppe Säge Steiermark über die Woche.	52
Abbildung 39: Ankunftsverteilung über die Woche für die Gruppe Papier Steiermark.	53
Abbildung 40: Mittlere tägliche Verweilzeit für die Gruppe Papier Steiermark.	53
Abbildung 41: Ankunftsverteilung über die Woche für die Gruppe Säge Oberösterreich - Salzburg.	54
Abbildung 42: Mittlere tägliche Verweilzeit für die Gruppe Säge Oberösterreich/Salzburg über die Woche.	54
Abbildung 43: Verteilung der Ankunftszeit über die Woche für die Gruppe Papier Oberösterreich/Salzburg.....	55
Abbildung 44: Mittlere tägliche Verweilzeiten für die Gruppe Papier Oberösterreich/Salzburg über die Woche.....	55
Abbildung 45: Ankunftsverteilung für die gesamte Studie über das Monat nach Projektgruppen.	56
Abbildung 46: Mittlere wöchentliche Verweilzeit für die Gruppe Säge Steiermark über das Monat.....	57

Abbildung 47: Mittlere wöchentliche Verweilzeit für die Gruppen Papier Steiermark über das Monat.....	57
Abbildung 48: Mittlere wöchentliche Verweilzeit für die Gruppe Säge Oberösterreich/Salzburg über das Monat.....	58
Abbildung 49: Mittlere wöchentliche Verweilzeiten für die Gruppe Papier Oberösterreich/Salzburg übers Monat.....	59
Abbildung 50: Mittlere Verweilzeit Werk getrennt nach Art der Entladung, Industriesparte und Projektgruppe.	60
Abbildung 51: Mittlere Verweilzeit Werk für die gesamte Studie getrennt nach Säge und Papier sowie den Projektgruppen.....	60
Abbildung 52: Verweilzeiten im Jahresverlauf für die Gruppe Säge getrennt nach Projektgruppen.	61
Abbildung 53: Verweilzeiten im Jahresverlauf für die Gruppe Papier getrennt nach den Projektgruppen.	62
Abbildung 54: Gründe für die Verweilzeiten im Werke nach den Angaben im Fahrtenbuch.	62
Abbildung 55: Mittlere Verweilzeiten getrennt nach Ursachen (Angaben im Fahrtenbuch).	63
Abbildung 56: Mittlere Entladezeit am Bahnhof getrennt nach Waggon beladen und auf Lager legen.	64
Abbildung 57: Durchschnittliche Geschwindigkeit in Abhängigkeit von der Distanz Wald-Werk (Skala Distanz logarithmisch).....	66
Abbildung 58: Durchschnittliche Geschwindigkeit in Abhängigkeit von der Distanz im Quantilbereich von 5 bis 95% laut Modell.....	67
Abbildung 59: Summenhäufigkeit der Distanzen Wald-Werk für Sägerundholz auf Basis der Daten des BWV Salzburg.....	68
Abbildung 60: Summenhäufigkeit in Prozent für die Distanzen Wald-Papierindustrie aufgrund der aufgezeichneten Geschäftsfälle des BWV Salzburg.	69
Abbildung 61: Darstellung der Monatsmitteltemperaturen für die jeweiligen Standorte während der gesamten Versuchsdauer.....	71
Abbildung 62: Verlauf der Holzfeuchtigkeit über den Querschnitt.....	72
Abbildung 63: Entwicklung der Holzfeuchtigkeit im Splintholz der Probebloche über die Lagerungsdauer nach Sommer- und Winterlagerung.....	72
Abbildung 64: Bläueentwicklung am Standort Esterházy in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer und unterschiedlichen Varianten.	74
Abbildung 65: Bläueentwicklung am Standort Frankenburg in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer und unterschiedlichen Varianten.	75
Abbildung 66: Bläueentwicklung am Standort Mayr-Melnhof in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer und unterschiedlichen Varianten.	76
Abbildung 67: Bläueentwicklung am Standort Wittgenstein in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer und unterschiedlichen Varianten.	77
Abbildung 68: Streudiagramm mit linearer Regression der Sommervarianten.	79

Abbildung 69: Streudiagramm mit linearer Regression für die Käfer/Winter Varianten.	79
Abbildung 70: Zusammenhang mittlere Temperatur und Lagerungsdauer bei verschiedenen Verblauungsanteilen des Splintholzes für den Sommer.....	80
Abbildung 71: Zusammenhang mittlere Temperatur und Lagerungsdauer bei verschiedenen Verblauungsanteilen des Splintholzes für den Winter.....	80
Abbildung 72: Darstellung der möglichen Lagerdauer übers Jahr bei einem Schwellenwert für die Verblauung von 5 %.....	81
Abbildung 73: Überstellungskosten in Abhängigkeit von Erntemenge, Transportdistanz und Überstellungsart.....	82
Abbildung 74: Überstellungskosten abhängig von der Überstellungsart.....	83
Abbildung 75: Maschinenkosten für den Harvester Valmet 911.1 X3 M in Abhängigkeit von der jährlichen Auslastung.....	84
Abbildung 76: Monatliche Harvesterauslastung (Quelle: Forsttechnik Steinkogl, Österreichische Bundesforste AG).....	84
Abbildung 77: Auswirkungen auf die Transportkosten von Sägerundholz bei verschiedenen Szenarien in Abhängigkeit von der Transportdistanz.....	86
Abbildung 78: Auswirkungen auf die Transportkosten von Industrieholz bei verschiedenen Szenarien in Abhängigkeit von der Transportdistanz.....	87
Abbildung 79: Wertverlust durch Bläue für Industrieholz, Sägerundholz und Gesamt...	88

8.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Merkmale für Netzwerktypologie.....	4
Tabelle 2: Beispiel für eine Balanced Scorecard eines Unternehmensnetzwerkes entlang der Wertschöpfungskette Holz.....	11
Tabelle 3: Detailfragen der Frachtstudie.....	13
Tabelle 4: Übersicht über die bei den Studien verwendeten Variablen.	14
Tabelle 5: Verwendete Abkürzungen für die Lieferanten.....	15
Tabelle 6: Verwendete Abkürzungen für die Abnehmer bzw. Werke.....	16
Tabelle 7: Zeiträume der Datenaufzeichnung für die Frachtstudie.	16
Tabelle 8: Liste der zusätzlichen Variablen für die statische Analyse der Frachtstudien Daten.....	17
Tabelle 9: Anzahl der Probenbloche in den jeweiligen Varianten.....	19
Tabelle 10: Liste der Forstbetriebe nach Bundesländern.	20
Tabelle 11: Untersuchungszeitpunkte pro Variante.	21
Tabelle 12: Liste der Variablen für die statistische Analyse der Bläuedaten.	25
Tabelle 13: Grunddatenvergleich zwischen den beiden Gruppen.	27
Tabelle 14: Kennzahlenvergleich zwischen den Gruppen (Säge).	33
Tabelle 15: Kennzahlenvergleich zwischen den Gruppen (Papier).	35
Tabelle 16: Probleme entlang der Wertschöpfungskette Holz.	36
Tabelle 17: Probleme entlang der Wertschöpfungskette Holz aus Sicht der jeweiligen Branche.....	37
Tabelle 18: Deskriptive Statistik der Ladezeiten im Wald (Rohdaten).	38
Tabelle 19: Mittlere Ladezeiten im Wald nach Betriebskategorie und Studien gegliedert.	39
Tabelle 20: Mittlere Ladezeit im Wald getrennt nach Säge und Papier (Ladezeiten kleiner 3 Stunden).	43
Tabelle 21: Durchschnittliche Distanzen Wald - Werk für die Projektgruppen getrennt nach Säge und Papier.....	45
Tabelle 22: Deskriptive Statistik der Verweilzeiten im Überblick für die einzelnen Projektgruppen.	61
Tabelle 23: Deskriptive Statistik Distanz Wald Bahnhof.	63
Tabelle 24: Mittlere Entladezeit am Bahnhof getrennt nach Waggonverladen und auf Lager legen.	64
Tabelle 25: Deskriptive Statistik der Eingangsgrößen für die Modellentwicklung.	65
Tabelle 26: Theoretische Verweilzeiten und ermittelte Verweilzeiten aus der Frachtstudie.....	69
Tabelle 27: Untersuchungscharakteristik.....	70
Tabelle 28: Isolierte Bläuepilzarten.....	70

Tabelle 29: Lage- und Temperaturdaten zu den Standorten.	71
Tabelle 30: Für die Berechnung der Überstellungskosten unterstellte Annahmen.	82
Tabelle 31: Kapitalkosten des Werklagers: Sägewerk mit 300.000 m ³ Jahreseinschnitt, durchschnittlicher Lagerstand derzeit 28.600 m ³ (entspricht ca. 5 Wochen).	89
Tabelle 32: Kapitalkosten des Werklagers: Papierfabrik mit einem Jahresverbrauch von 420.000 m ³ Faserholz, durchschnittlicher Lagerstand derzeit 52.500 m ³ (entspricht ca. 6,5 Wochen).	90
Tabelle 33: Unterstellte Einsparungspotenziale für die Produktionskette Holz.	92

8.4 Beispiel für eine Prozessdarstellung

