

Optimierung des Rundholztransportes durch betriebsübergreifende Tourenplanung

AiF-Projekt Nr. 15027

Bearbeitungszeitraum:
01.12.2006 – 28.02.2009

Schlussbericht

Forschungsstelle: Technische Universität München
Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft
und Angewandte Informatik
Projektleiter: Dr. Sven Korten



Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	5
2	Ausgangssituation und Problemstellung	6
3	Methodik der Datenerhebungen	12
3.1	<i>Status Quo und Optimierungen</i>	12
3.1.1	Untersuchungszeitraum und -region	12
3.1.2	Datengrundlage	13
3.1.3	Dispositionssoftware PTV „intertour/dispatch“	14
3.2	<i>Echtzeitortung</i>	14
4	Ergebnisse der Datenanalysen	16
4.1	<i>Status Quo</i>	16
4.2	<i>Optimierungen</i>	24
4.3	<i>Echtzeitortung</i>	29
5	Praxistest „zentrale Disposition“	31
5.1	<i>Ziele</i>	31
5.2	<i>Vorgehensweise</i>	31
5.3	<i>Rahmenbedingungen und Restriktionen</i>	32
5.3.1	Geräte/Software	32
5.3.2	Vorauswahl der Polter	32
5.3.3	Abrechnung	33
5.3.4	Anlieferprofile der Sägewerke	33
5.3.5	Abfuhrreihenfolge	33
5.3.6	Vorladen	34
5.3.7	Wetter	34
5.3.8	Frühzeitiges Ende	34
5.4	<i>Durchführung</i>	35
5.4.1	Schulung	35
5.4.2	Anlegen von Transportaufträgen und Restmengenverwaltung	38
5.4.3	Statusmeldungen	38
5.5	<i>Ergebnisse</i>	39
5.5.1	Kommunikation zwischen Disponent und Fahrer	39
5.5.2	Funktionalität der Waldnavigation	40
5.5.3	Benutzerfreundlichkeit von Gerät und Software	41
5.5.4	Funktionalität des Gesamtsystems	42
5.5.5	Akzeptanz bei Fahrern und Speditionen	44
6	Innovative Transporttechnologien	46
6.1	<i>Systeme und Lösungen</i>	47
6.2	<i>Schnittholzrückfrachten</i>	50

6.2.1	Technische Lösungsmöglichkeiten	52
6.2.1.1	Rungensysteme	52
6.2.1.2	Ladeplattform	53
6.2.1.3	Schutz vor Spritz und Regenwasser	53
6.2.1.4	Ladekapazität, geeigneter Fahrzeugtyp	54
6.2.1.5	Ladungssicherung	54
6.2.1.6	Stirnwand	54
6.2.1.7	Antirutschmatten	55
6.2.1.8	Zurrgurte	55
6.2.2	Organisatorische Lösungsmöglichkeiten	56
6.2.2.1	Erhöhen des Informationsgrades	56
6.2.2.2	Reduktion der Aufenthaltskosten der Rundholzfrächter	57
6.2.3	Potenzial von Schnittholz-Rückfrachten	59
6.2.3.1	Grundannahmen für die Kostengegenüberstellung	59
6.2.3.2	Konventioneller Transportzyklus	60
6.2.3.3	Transportzyklus Schnittholz-Rücktransport mit Rundholz-LKW	60
6.2.3.4	Kostengegenüberstellung	61
6.2.4	Fazit Schnittholz-Rückfrachten	63
7	Kooperationen im Rundholztransport	64
7.1	<i>Vorgehensweise</i>	64
7.2	<i>Kooperationsmodelle</i>	66
7.2.1	Kooperationsmodell „geschlossene Tauschbörse“	66
7.2.2	Kooperationsmodell „Generalunternehmer“	68
7.2.3	Kooperationsmodell „externer Logistikdienstleister“	70
7.2.4	Technische Voraussetzungen	71
7.2.5	Finanzierungsmöglichkeiten	72
7.2.6	Ergebnisse der Experteninterviews	72
7.2.7	Fazit Kooperationen	75
8	Bewertung des Projektes	77
8.1	<i>Gegenüberstellung Ergebnisse – Ziele Antrag</i>	77
8.2	<i>Nutzen für KMU</i>	77
8.3	<i>Verwendung der Mittel</i>	77
8.3.1	Wissenschaftliches Personal	77
8.3.2	Geräte > 2.500 €	78
8.3.3	Leistungen Dritter	78
9	Vorträge, Veröffentlichungen und Diplomarbeiten	79
9.1	<i>Veröffentlichungen</i>	79
9.2	<i>Diplomarbeiten</i>	79
9.3	<i>Vorträge</i>	80
10	Literaturverzeichnis	81

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	gefahrne Aufträge im Q3/2006	12
Abbildung 2:	Beispiel einer Echtzeitortung	15
Abbildung 3:	Gesamttourlänge [km] nach Speditionen	16
Abbildung 4:	Touren pro Tag und Jahreslaufleistung nach Fahrzeugen	17
Abbildung 5:	Einzugsradien der Abnehmer	17
Abbildung 6:	Einkaufsradien einzelner Sägewerke und Papierwerke	18
Abbildung 7:	Anteile Last-, Leer- und Anfahrten	19
Abbildung 8:	Verteilung der Lastfahrten	19
Abbildung 9:	Verteilung der Leerfahrten	20
Abbildung 10:	Verteilung der Anfahrten	21
Abbildung 11:	Sammeltouren und Ganztouren	21
Abbildung 12:	Heimfahrten	22
Abbildung 13:	Veränderung der Lastfahrten	25
Abbildung 14:	Veränderung der Leerfahrten	26
Abbildung 15:	Veränderung der Anfahrten	26
Abbildung 16:	Optimierungspotenzial [km] nach Szenarien	27
Abbildung 17:	Optimierungspotenzial [km] insgesamt	28
Abbildung 18:	Waldein- und -ausfahrten	29
Abbildung 19:	Entladezeiten nach Abnehmern	30
Abbildung 20:	Bedienungsanleitung für die OBU im Praxistest, Seite 1	36
Abbildung 21:	Bedienungsanleitung für die OBU im Praxistest, Seite 2	37
Abbildung 22:	konventionelle Transportzyklen	60
Abbildung 23:	Transportzyklus für Schnittholz-Rücktransport	61
Abbildung 24:	Transportentfernungen ohne Kostendifferenzen	62
Abbildung 25:	Vorgehensweise im Teilprojekt Kooperationen	65
Abbildung 26:	Kooperationsmodell „geschlossene Tauschbörse“	67
Abbildung 27:	Kooperationsmodell „Generalunternehmer“	68
Abbildung 28:	Kooperationsmodell „externer Logistikdienstleister“	70
Abbildung 29:	Umsetzung der Kooperationsmodelle	75

1 Zusammenfassung

Die Situation im Rundholztransport wird von hohem Kostendruck und zahlreichen Leerfahrten bestimmt. Die Branche ist sehr kleinstrukturiert, Klein- und Kleinstbetriebe mit familienbetrieblichem Charakter sind die Regel. Ziel des Projektes war es, das Potenzial von betriebsübergreifenden horizontalen Kooperationen zu identifizieren. Kernelement sollte eine zentrale Disposition mit dem Einsatz von Tourenoptimierungssoftware sein. Partner des Projektes waren zehn Rundholzspeditionen, Untersuchungszeitraum war das zweite Halbjahr 2006. Insgesamt wurden 8.646 Rundholztouren ausgewertet. Für die **Analyse der aktuellen Situation des Rundholztransportes** wurden zum Einen die tatsächlich gefahrenen Touren mit einer Dispositionssoftware rekonstruiert, um Informationen zu den gefahrenen Kilometern zu erhalten. Zum Anderen wurden ergänzende Daten zu den Zeiten der einzelnen Tourenabschnitte über Echtzeitortung gewonnen. Beide Verfahren lieferten präzise Auskünfte über den Status Quo des Rundholztransportes und ergänzten sich in idealer Weise. In einem zweiten Schritt wurden die Aufträge in verschiedenen **Optimierungsszenarien** mit einer Tourenoptimierungssoftware neu kombiniert. Um den Effekt von betriebsübergreifender Kooperation zu demonstrieren, wurden die Aufträge der einzelnen Speditionen gemeinsam verplant. Insgesamt konnten die gefahrenen Kilometer planerisch um **7 bis 11 %** reduziert werden. Dies würde in der Praxis zu erheblichen Kosteneinsparungen für die Rundholzspeditionen führen. In einem **Praxistest** wurde der Einsatz der Tourenoptimierungssoftware unter realen Bedingungen getestet. Trotz einiger Probleme zeigte sich, dass die Kommunikation zwischen Disponent und Fahrer sowie die Hard- und Software gut funktionierten, während die Waldnavigation noch nicht optimal lief. Die Akzeptanz bei Fahrern und Speditionen war dennoch hoch. Eine Untersuchung zu **Schnittholz-Rückfrachten** zeigte, dass auch hier Möglichkeiten für Kosteneinsparungen gegeben sind. Technisch und organisatorisch ist die Durchführung möglich, ökonomisch unter bestimmten Voraussetzungen sinnvoll. Verschiedene **Kooperationsmodelle** wurden durch eine Umfrage unter den Speditionen konkretisiert. Es zeigte sich, dass die Notwendigkeit, zu kooperieren, erkannt wird, eine Umsetzung aufgrund fehlenden Vertrauens aber nicht leicht ist.

Die Ziele des Vorhabens wurden erreicht.

2 Ausgangssituation und Problemstellung

Die Rundholzspeditionen nehmen innerhalb der Wertschöpfungskette Holz eine zentrale Position ein. 8 bis 10 % des Umsatzes der Sägeindustrie sind Transportkosten (FUNK 1999). Anders formuliert verursacht der Rundholztransport 15 bis 30 % der gesamten Rundholzkosten. Diese machen 40 bis 60 % der gesamten Kosten der Holzindustrie aus (BECKER 2002). Gleichzeitig besteht aber beim Transport ein großer Optimierungsbedarf, da die Holzbereitstellungskosten frei Werk in Deutschland 50% höher liegen als beispielsweise in Finnland (RÖDER 2003).

Im Straßengüterverkehr ist derzeit allgemein eine angespannte Situation zu beobachten. Während die Menge der im Straßenverkehr beförderten Güter und die Verkehrsleistung Jahr für Jahr steigen, ist der Preis- und Wettbewerbsdruck besonders für klein- und mittelständische Speditionen in den vergangenen Jahren stark angewachsen. Hohe Insolvenzquoten sind die direkte Folge hiervon (KLEINORT 2005). Die Ursachen sind einerseits in der enormen Wettbewerbsverschärfung als Konsequenz der EU-Osterweiterung (insbesondere für Deutschland als Transitland) und andererseits in den gestiegenen Betriebskosten zu sehen.

So ließ sich in den letzten Jahren eine Kostenexplosion beim Treibstoff beobachten, welcher bei Transportunternehmen etwa 30 % der gesamten Betriebskosten ausmacht. Laut dem Bundesverband Güterkraftverkehr Logistik und Entsorgung für den Straßengüterverkehr haben sich die Dieselposten seit 1998 um 77 % erhöht (BGL 2005). Die Einführung der LKW-Maut bedeutet für den Rundholztransport eine Kostenerhöhung von 10 bis 20 % (BODELSCHWINGH 2005). Diese Mehrkosten können derzeit wegen der zunehmenden Konkurrenz aus Osteuropa nicht an den Kunden weitergegeben werden, weswegen die Insolvenzen bei den Speditionen seit 1998 um 63 % angestiegen sind (KLEINORT 2005).

Zunehmende Konzentrationsprozesse in der Holzindustrie führen zu größeren Einzugsgebieten der Werke bezüglich der Versorgung mit Rundholz. Infolgedessen müssen die Rundholzfrächter immer größere Transportentfernungen zurücklegen. Bei Nadelholz für die Sägeindustrie sind dies durchschnittlich knapp 150 km (WEGENER und ZIMMER 2005). Im süddeutschen Raum kommt hinzu, dass hier

durch die geplanten Neuinvestitionen und Kapazitätserweiterungen in der Sägeindustrie ein weiterer Rationalisierungsdruck für die Rundholzfrächter entsteht. Die Ergebnisse der 2. Bundeswaldinventur (BWI²) haben nicht nur viele Diskussionen über die Potenziale der deutschen Forst- und Holzwirtschaft verursacht, sondern auch durch nachgewiesene hohe Holzvorräte für eine enorme Wachstumsdynamik im Holzbearbeitungssektor gesorgt (BORCHERT 2005, SCHNELL und BAUER 2005). Abzulesen ist dies an den Investitionsvorhaben bedeutender Marktteilnehmer, wodurch in den letzten Jahren allein in Bayern und Baden-Württemberg ein erhöhter Rundholzbedarf in Höhe von fast 5 Mio. Festmetern im Jahr (fm/a) entstand. Dies bedeutete eine Steigerung der Einschnittskapazität in Deutschland um ca. 15 %.

In Folge dieses steigenden Rundholzaufkommens wird sich auch ein starker Frachtvolumenzuwachs einstellen. Bei einer durchschnittlichen Frachtmenge von 28 fm pro Fuhre und einem Bahnanteil von 20 % lässt sich ein Mehrbedarf von ca. 500 Rundholzfuhren pro Tag ableiten. Dieser enorme Anstieg ist mit den bestehenden Transportstrukturen nicht zu bewältigen. Es besteht daher ein erhöhter Bedarf an Investitionen, die aber nicht nur im Fahrzeugbereich, sondern auch im Bereich der Informationstechnologie stattfinden müssen, um ein effizientes Fahrzeugmanagement und eine hohe Maschinenauslastung zu gewährleisten.

Derzeit stellt der hohe Anteil an Leerfahrten im Rundholztransport einen wesentlichen Kostenfaktor dar, der sich insbesondere bei ansteigenden Transportentfernungen im Holzbereitstellungspreis frei Werk negativ niederschlägt. Im Rahmen verschiedener Fallstudien ermittelte BODELSCHWINGH (2001) einen mittleren Leerfahrtanteil von 46 %, der sich bei der Zellstoff- und Papierindustrie auf 42 % und bei der Sägeindustrie sogar auf 48 % beläuft. Bei einer durchschnittlichen jährlichen Fahrleistung von 120.000 km bedeutet dies, dass ein Fahrzeug durchschnittlich rund 55.000 km unbeladen zurücklegt. Damit liegt der Leerfahrtenanteil beim Rundholztransport sehr nahe am „worst case“ von 50 %, der dann entsteht, wenn die LKW immer zwischen dem Lieferanten (Wald) und dem gleichen Kunden (Sägewerk) pendeln. Neue Ergebnisse liefert auch der vorliegende Bericht (siehe Kap. 4.1).

Höhere Nutzlastanteile und damit eine effizientere Fahrzeugauslastung sind daher ein wichtiges Ziel der Branche. Daneben verspricht eine derartige Entwicklung auch

verminderte Emissionen (ökologische Effekte) und eine Reduktion der durch Schwertransporte verursachten Straßenbelastungen.

Eine Möglichkeit, den Anteil an Leerfahrten zu reduzieren, ist die Organisation von Rückfrachten. Dies ist allerdings mit den klassischen Rundholz-LKW durch deren hohe Spezialisierung nicht unproblematisch. Daher wurden im Rahmen dieses Projektes genauere Untersuchungen zu diesem Thema durchgeführt (siehe Kap. 6.2).

Daneben finden ständig Entwicklungen im Bereich der Fahrzeugtechnologie statt. Neben kranlosen Trailerzügen (BODELSCHWINGH 2004) und Leichtbauweisen zur Gewichtsreduktion nimmt der Anteil flexibler Aufbau- und Rungensysteme an Bedeutung zu (EBERHARDINGER und BODELSCHWINGH 2005). Dadurch sollen einerseits höhere Nutzlasten ermöglicht, andererseits verschiedene Güter wie Rundholz, Schnittholz, Holzwerkstoffe oder Hackschnitzel mit demselben Fahrzeug transportiert werden können (siehe Kap. 6.1).

Die Entwicklung neuer Fahrzeugtechnologien gewinnt durch die geschilderten Prozesse am Schnittholzmarkt und die damit verbundenen großen Mengen an Sägereistholz zunehmend an Bedeutung. Von Seiten des Fahrzeugbaus sind bereits wichtige Vorleistungen erbracht, um durch steigende Fahrzeugflexibilität den Planungsspielraum für Rundtouren zu erweitern. Zwar lassen sich auch in Deutschland mittlerweile bei einigen der größeren Rundholzspeditionen interne Rundtourenplanungen beobachten (KORTEN und KAUL 2005), der Erfolg ist aber nach eigenen Aussagen eher bescheiden. Mittel- und langfristig betrachtet sind die steigenden Holzmengen nur mit betriebsübergreifenden softwareunterstützten Tourenplanungssystemen zu bewältigen (siehe Kap. 4.2, Kap. 5)

Während sich in anderen Transportsektoren verschiedenste Tourenplanungssysteme etabliert haben, wird im Rundholztransport in Europa mit Ausnahme von Skandinavien auf derartige Telematiksysteme, wie z. B. Navigation und Flottenmanagement, bisher noch kaum zurückgegriffen. Eine wesentliche Ursache dafür ist die Unternehmensstruktur der Rundholzfrächter. Im Vergleich zu den überwiegend sehr großen Speditionen und spezialisierten Logistikdienstleistern aus anderen Transportzweigen ist die Branche der Rundholzspediteure sehr klein strukturiert (kmU). In verschiedenen Fallstudien des Lehrstuhls für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik haben EBERHARDINGER und

BODELSCHWINGH (2005) 88 Fuhrunternehmen erfasst, welche überwiegend durch eine familienbetriebliche Struktur und die Spezialisierung auf den Transport von Rundholz geprägt sind. Zwei Drittel dieser Unternehmen betreiben ein bis drei Fahrzeuge, während die Hälfte der untersuchten Frächter lediglich einen oder zwei LKW besitzen. Dies wirkt sich auch auf die Investitions- und damit Innovationsmöglichkeiten der Betriebe aus.

Durch die effiziente Gestaltung der Kommunikation zwischen Lieferant und Disponent und den Einsatz von Tourenplanungssystemen wurden in anderen Transportbereichen bereits erhebliche Einsparpotenziale nachgewiesen. So können, gemäß einer Studie der Unternehmensberatung Roland Berger & Partner, Speditionen durch den Gebrauch von Tourenplanungssystemen bei jedem Lastkraftwagen etwa 3.000 Euro pro Monat sparen (SIEK et al. 2003).

Im Forstbereich wurden in verschiedenen Studien außerhalb von Deutschland zum Teil sehr unterschiedliche potenzielle Kosteneinsparungen kalkuliert. Allerdings zeigen alle Untersuchungen die hohe Leistungsfähigkeit dieser Systeme auf. RÖNNQVIST (2005) wies durch die Einführung des Flottenmanagements eine Leerfahrtenreduktion um 30 % und eine Kostenersparnis von 6 % in einem Pilotversuch in Schweden nach. In einem ähnlichen Projekt in Chile wurden die operationellen Kosten sogar um 13 % gesenkt (EPSTEIN et al. 1999). Das schwedische Forschungsinstitut Skogforsk arbeitet an einer internetbasierten Routenoptimierung. Bei „Haulage Web“ werden die Frachtaufträge, Hiebs- bzw. Polterdaten sowie die Statusinformationen an eine zentrale webbasierte Datenbank gesendet, von wo aus die Routen für die einzelnen LKW berechnet und zugestellt werden (FRISK 2003). Das kanadische Forschungsinstitut FERIC (Forest Engineering Research Institute of Canada) leitet ein ähnliches Projekt (VTM - Virtual Transportation Management) und sieht ein Kosteneinsparungspotenzial von 5% (MICHAELSEN 2005). Theoretische Grundlagen zur Tourenoptimierung beim Rundholztransport finden sich u. a. bei PALMGREN et al. (2003, 2004) und RÖNNQVIST (2003). Neben anderen skandinavischen Studien (z. B. BERGDAHL et al. 2003) zeigten FRISK und RÖNNQVIST (2005) mit der Entwicklung des Entscheidungsunterstützungssystems „FlowOpt“ die planerischen und operativen Vorzüge einer computer- und kommunikationsbasierten Tourenplanung. Das System

hilft bei der strategischen Planung von intermodalen Terminals und führt so zu einer optimalen Abstimmung von Strassen, -Schienen und Schifffahrtsverkehr.

Skandinavische Methoden und Ergebnisse sind jedoch nur schwer auf die Verhältnisse der deutschen Forst- und Holzwirtschaft zu übertragen, denn in Deutschland gibt es deutlich mehr Akteure in der Wertschöpfungskette Holz. Während in Skandinavien große Konzerne den Waldbesitz, Holzernte und -transport und die Holzindustrie unter einem Dach vereinen, sind in Deutschland hier überwiegend kleine und mittlere Unternehmen tätig. Dadurch ist ein durchgehender Informationsfluss schwieriger zu realisieren. Entsprechende Kooperationen sind nur selten vorhanden. Insgesamt ist die Struktur der Branche in Deutschland deutlich dezentraler als in Skandinavien.

Weiterhin ist die forstliche Situation in Deutschland deutlich unübersichtlicher als in Skandinavien. Bund, Länder und Kommunen sind im Besitz von Wald, daneben gibt es über 2 Mio. private Waldbesitzer. Dies führt zu einem extrem zersplitterten Holzangebot aus überwiegend sehr klein strukturiertem Waldbesitz. Kleinere Hiebe führen zu kleineren Fuhraufträgen, wodurch der Organisationsaufwand deutlich steigt. Die Anzahl der Baumarten und Sortimente ist in Deutschland deutlich höher als in Skandinavien, wodurch die Situation für die Rundholzfrächter anspruchsvoller wird. In Skandinavien dürfen zudem deutlich höhere Lasten transportiert werden.

Auch wenn sich also die skandinavischen Untersuchungen aufgrund unterschiedlicher Rahmenbedingungen nicht einfach auf deutsche Verhältnisse übertragen lassen, stehen auch auf dem deutschen Markt verschiedene Flottenmanagementsysteme zur Verfügung (vgl. BUSCHOLL 2005), die allerdings weder für den Forsteinsatz entwickelt, noch dort bislang getestet wurden (HAAK und TÖNJES 2002).

Bisherige Projekte im Bereich des Rundholztransportes wie GeoDat bzw. NavLog (vgl. BODELSCHWINGH et al. 2003) sind derzeit noch im Aufbau und setzen den Schwerpunkt eindeutig auf die Navigation im Wald, da sich die Transportwege der Frächter durch die Strukturveränderungen der Sägewerksbranche erheblich vergrößert haben. Folglich müssen heute Transporteure ihre Fracht häufig in ihnen unbekannt Gebieten auffinden. Hilfreich können hier Kartenmaterial, Anfahrtsskizzen oder konkrete Wegbeschreibungen sein. In der Praxis gehört aber auch die Vor-Ort-Einweisung des Frächters durch das Forstpersonal oder den

Holzhändler zum Tagesgeschäft und kostet alle Beteiligte Zeit und Geld. Große Zeitverluste entstehen den Rundholzspeditionen derzeit offenbar auf der Suche nach dem Holz im Wald (DREEKE 2001). Die ideale Lösung, eine Navigation im Wald, ist derzeit noch nicht flächendeckend verfügbar.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass im fahrzeugtechnischen wie auch im informationstechnologischen Bereich bereits diverse Vorleistungen erbracht wurden, um die durch wachsende Herausforderungen und Wettbewerbsverschärfungen notwendige Erschließung von Einsparpotenzialen im Bereich des Rundholztransportes voranzutreiben. Es gilt nun, die einzelnen Lösungen zusammenzuführen und damit ihre optimale Nutzung zu ermöglichen.

3 Methodik der Datenerhebungen

3.1 Status Quo und Optimierungen

Sowohl die Analyse des Ist-Zustandes (Status Quo) als auch die Optimierungen wurden mit den gleichen Daten durchgeführt. Zunächst sollte beschrieben werden, wie der Rundholztransport tatsächlich durchgeführt wurde. Anschließend wurde untersucht, wie die gleichen Transportaufträge unter der Voraussetzung einer Kooperation der Speditionen mit zentraler Disposition und Tourenoptimierungssoftware effizienter hätten abgewickelt werden können.

3.1.1 Untersuchungszeitraum und -region

Als Untersuchungszeitraum wurde die zweite Jahreshälfte 2006 festgelegt. 2007 war aufgrund des Sturms Kyrill und den damit einhergehenden Unregelmäßigkeiten beim Rundholztransport ungeeignet für die Untersuchung.

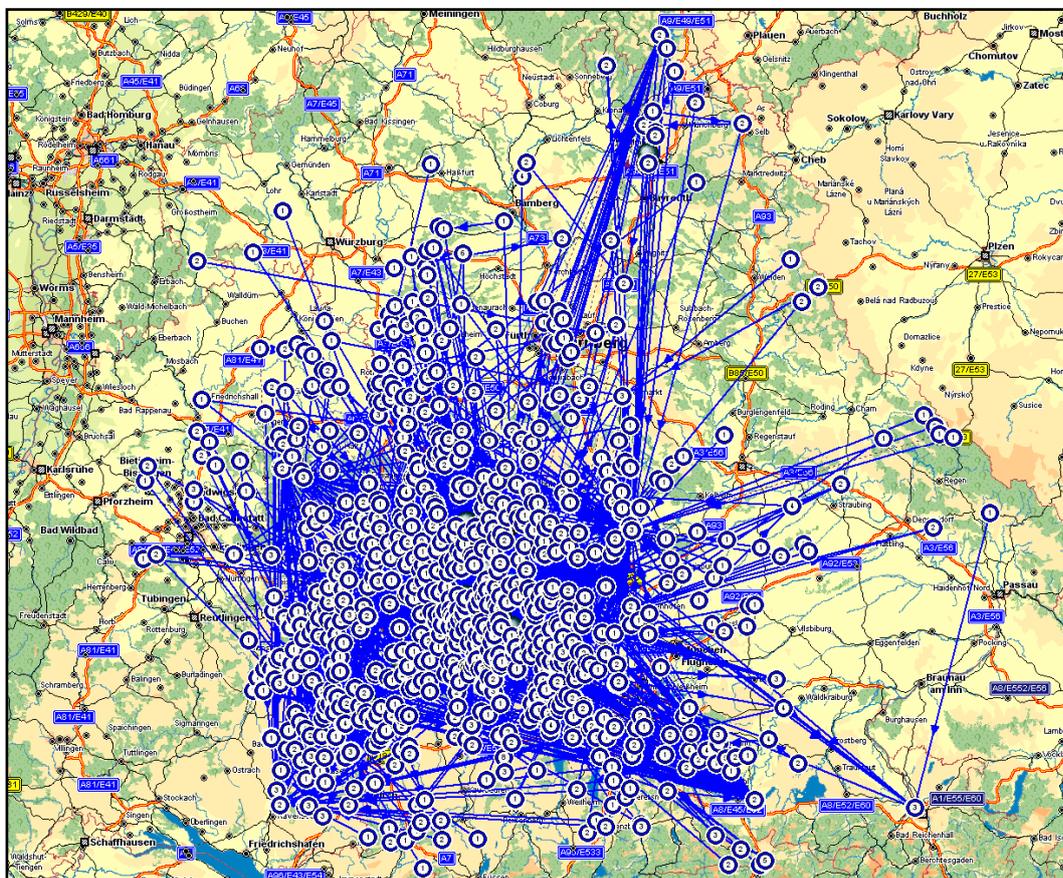


Abbildung 1: gefahrene Aufträge im Q3/2006

Die Speditionen waren alle in der Region Augsburg beheimatet. Abbildung 1 zeigt die gefahrenen Aufträge der Speditionen im 3. Quartal 2006 und gibt damit einen guten Überblick über das Einsatzgebiet. Dieses umfasste nahezu das gesamte Bayern sowie Teile Baden-Württembergs und Thüringens.

Von den ursprünglich zehn ausgewählten Speditionen konnten lediglich die Daten von acht Unternehmen verwendet werden, da bei Zweien die Aufzeichnungen der Touren abnehmerbezogen geführt wurden. Auch die Zahl der LKW reduzierte sich damit. Zusätzlich wurden alle LKW aus dem Datenpool eliminiert, die hauptsächlich Baustoffe und kein Rundholz im Versuchszeitraum gefahren hatten. Letztlich konnten die Daten von 39 LKW ausgewertet werden, und zwar

- 30 Kurzholz-Gliederzügen, tlw. mit Pritsche und Bordwand
- 8 Sattelzügen
- 1 Kombi-Zug.

3.1.2 Datengrundlage

Insgesamt wurden in den sechs untersuchten Monaten von den acht beteiligten Speditionen und den 39 LKW **8.646 Rundholztouren** gefahren. Diese Touren liegen den Untersuchungen zum Status Quo und den nachfolgenden Optimierungen zugrunde.

Probleme bei Dateneingabe traten aus folgenden Gründen auf:

- einzelne Fahrer hatten ein „besonderes Schriftbild“
- jeder Fahrer/jede Spedition hatte eine ganz eigene Systematik
- manche Fahrer wechseln Fahrzeuge

Die Daten lagen in unterschiedlicher Form vor:

- Fahrtenbücher
- Stundenzettel
- Dispo-Pläne
- händisch erzeugte Excel-Tabellen
- Software-Exporte

3.1.3 Dispositionssoftware PTV „intertour/dispatch“

Mit Hilfe der Dispositions- und Tourenoptimierungssoftware „intertour/dispatch“ der Fa. PTV wurden zu den ermittelten Aufträgen des Status Quo die gefahrenen Kilometer berechnet. Dazu wurden die Reihenfolge der Touren und die Heimfahrten strikt vorgegeben, so dass das Programm keine eigenständigen Entscheidungen treffen konnte. Für die Analyse des Status Quo (Kapitel 4.1) wurden die Touren im Programm so abgewickelt, wie dies in der Realität stattgefunden hatte. Ergebnis waren die tatsächlich gefahrenen Kilometer, die natürlich mit einer gewissen Unsicherheit bzgl. der konkreten Route behaftet waren.

Anschließend wurden dem Programm ausreichend Freiheiten eingeräumt, um für die Optimierungsszenarien die Touren optimal zusammenstellen zu können (siehe Kapitel 4.2).

Auch im Praxistest (Kapitel 5) wurde das Programm eingesetzt.

3.2 *Echtzeitortung*

Über die Aufzeichnungen der Speditionen und durch den Einsatz der Dispositionssoftware konnten genaue Informationen über zurückgelegte **Entfernungen** gewonnen werden. Um ähnlich exakte Aussagen über die benötigten **Zeiten** zu gewinnen, wurden zehn LKW sechs bis acht Monate lang in Echtzeit geortet. Dies diente v. a. der „Kalibrierung“ des Dispositionsprogramms bzgl. Be- und Entladezeiten, Wartezeiten etc.

Die Echtzeitortung fand Ende 2007 bis Anfang 2008 statt. Insgesamt wurden ca. **3.400 Touren** erfasst und ausgewertet.

Die Echtzeitortung erfolgte durch die Firma Yellowfox GmbH, die Softwareplattformen zur internetgestützten Lokalisierung von mobilen Objekten anbietet. Dazu wurde eine Box in der Größe einer Zigarettenschachtel in das Fahrzeug eingebaut. Die Box erfasste Telemetriedaten und ortete das Fahrzeug zyklisch jede Minute. Durch einen sekundlichen Abgleich mit den zur Verfügung stehenden GPS-Satelliten errechnete das System die Position des Fahrzeuges. Der Satellitenempfang fand durch einen 20-Kanal GPS-Empfänger statt. Diese Daten wurden vom Fahrzeug zum Rechenzentrum über GPRS, dem allgemeinen paketorientierten Funkdienst, der in GSM-Mobilfunknetzen verwendet wird,

übertragen. Abbildung 2 zeigt ein Beispiel einer Echtzeitortung mit den einzelnen Messpunkten.



Abbildung 2: Beispiel einer Echtzeitortung

Für weitere Informationen zur Vorgehensweise bei der Echtzeitortung, zur Dateneingabe, Datenverschneidung mit Kartenmaterial in ArcGIS und zur Datenaufbereitung sei an dieser Stelle auf FRIES (2009) verwiesen.

4 Ergebnisse der Datenanalysen

4.1 Status Quo

Die nachfolgenden Boxplots machen die Verteilung der Werte der deutlich. In dem beigeen Kasten liegen jeweils die mittleren 50% der Werte. Der kleine Strich im Kasten markiert den Median, nicht den Mittelwert. Dieser wird gegebenenfalls durch einen langen waagerechten Strich visualisiert (siehe Abbildung 3).

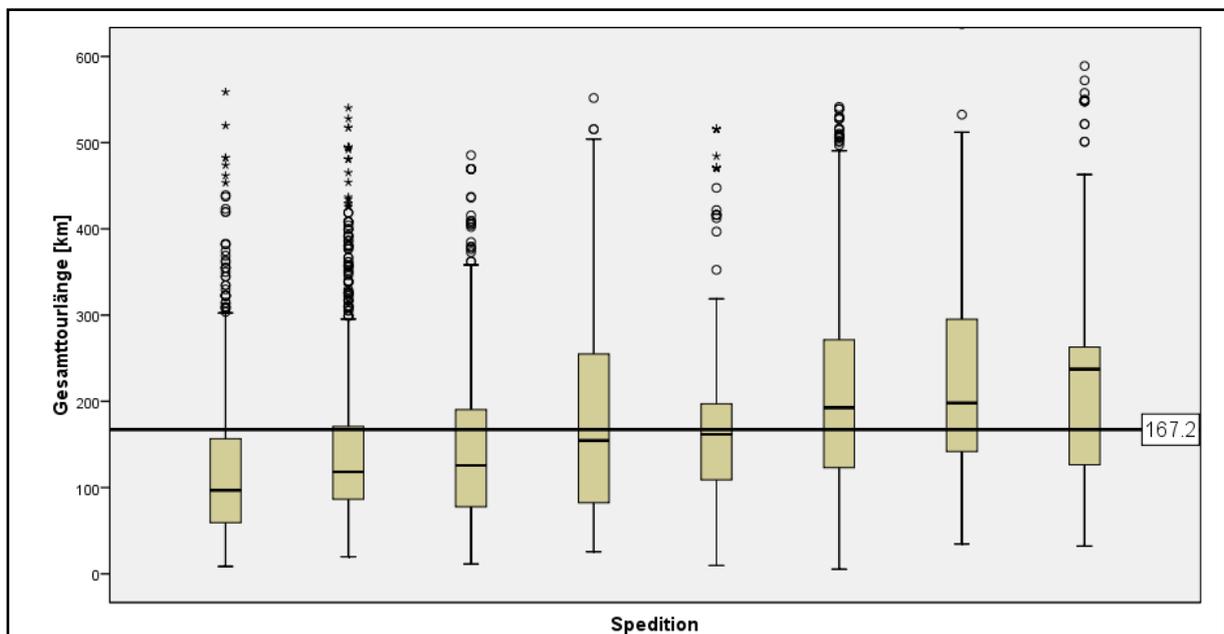


Abbildung 3: Gesamttourlänge [km] nach Speditionen

Abbildung 3 zeigt die Gesamttourlänge für die acht Speditionen. Die Gesamttourlänge ist nicht die einfache Entfernung von der Quelle zur Senke, sondern die gesamte Tour incl. Anfahrt und evtl. Heimfahrt. Die durchschnittlichen Tourlängen pro Spedition liegen zwischen 120 und 220 km und unterscheiden sich damit deutlich. Insgesamt liegt der Mittelwert über alle Touren bei 167,2 km. Alle Speditionen führen auch lange Touren bis 500 km durch, die längste Tour war 670 km lang.

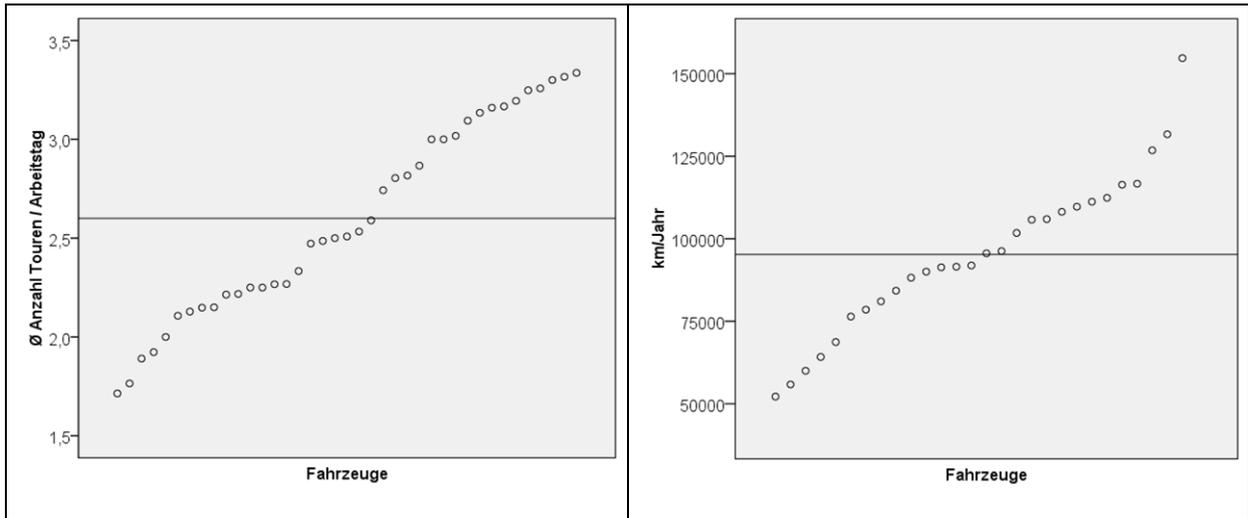


Abbildung 4: Touren pro Tag und Jahreslaufleistung nach Fahrzeugen

Abbildung 4 zeigt sehr unterschiedliche durchschnittliche Anzahlen von Touren pro Arbeitstag zwischen den Fahrzeugen. Die Werte liegen zwischen 1,7 und 3,3, im Mittel bei 2,6. Auch die Jahreslaufleistung der Fahrzeuge ist ähnlich breit gestreut, sie beträgt zwischen 50.000 und 150.000 km, im Mittel 95.250 km. Die Jahreslaufleistung wurde aus den vorliegenden Daten (6 Monate) auf ein Jahr hochgerechnet. LKW mit Baustofftours wurden hier weggelassen (N=28).

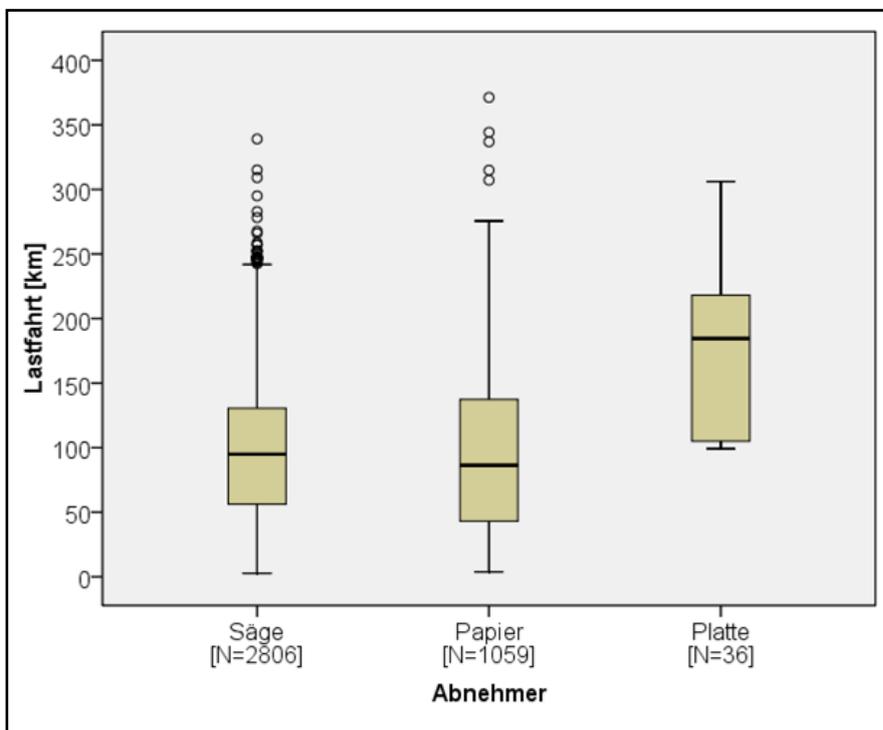


Abbildung 5: Einzugsradien der Abnehmer

In Abbildung 5 ist die Lastfahrt, also die Frachtentfernung nach Abnehmern dargestellt (ohne Umwege durch evtl. Vorladen!). Damit zeigen sich hier die Einkaufsradien der Rundholzabnehmer. Sägewerke (103 km) und die Papierindustrie (97 km) ähneln sich, die Holzwerkstoffindustrie (Platte) liegt mit 172 km deutlich darüber. Allerdings sind die untersuchten 36 Touren zur Holzwerkstoffindustrie statistisch wenig aussagekräftig.

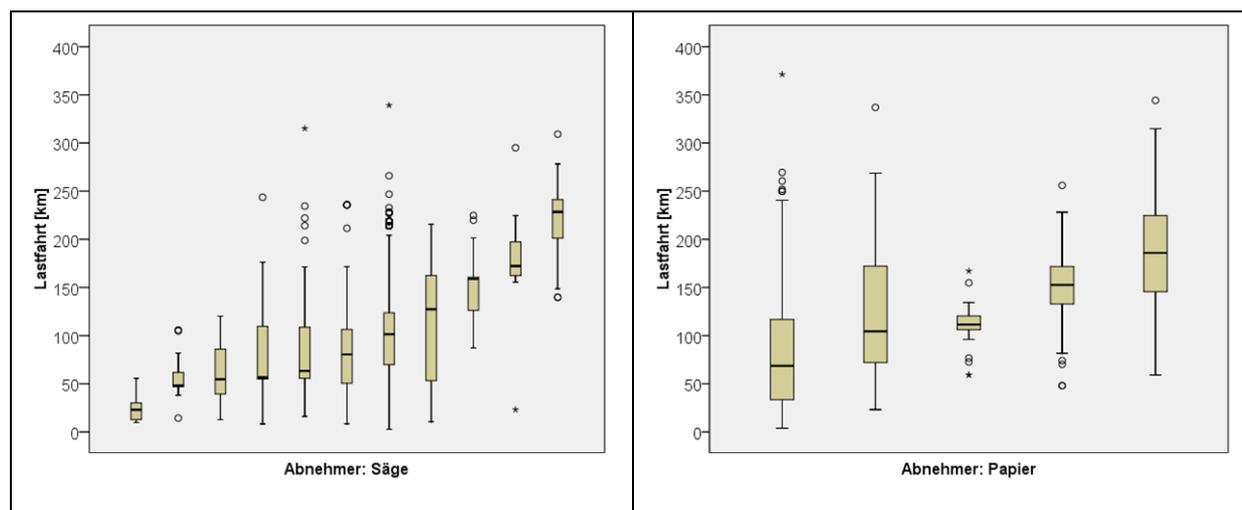


Abbildung 6: Einkaufsradien einzelner Sägewerke (links) und Papierwerke (rechts)

Bei Säge- und Papierindustrie sind die Unterschiede zwischen den Werken durchaus nennenswert (Abbildung 6). Betragen die Einkaufsradien der Säger tlw. unter oder um die 50 km, so gibt es etliche Werke mit deutlich über 100 km. Das Werk mit einem Einzugsgebiet über 200 km ist als Laubholzsägewerk in Oberbayern eine Ausnahmerecheinung. Auch bei den Papierwerken betragen die Unterschiede bei der mittleren Entfernung etwa 100 km. Allerdings sind diese Aussagen mit Vorsicht zu genießen, da es häufig nur wenige LKW bzw. Speditionen pro Abnehmer sind, die in den Datensatz eingegangen sind. Zudem sind gelegentlich spezielle „Ferntransporteure“ im Einsatz, die für bestimmte Abnehmer die weiteren Fahrten durchführen.

Abbildung 7 zeigt die Verteilung der zurückgelegten Kilometer. Ist ein LKW beladen, so befindet er sich auf einer **Lastfahrt**. Fast 60% der zurückgelegten Kilometer waren Lastkilometer. Ist der LKW unbeladen, so befindet er sich entweder auf einer **Leerfahrt**, wenn er ins Depot fährt oder vom Depot zur Beladestelle fährt, oder er ist

auf einer sog. **Anfahrt**, wenn er nach dem Abladen am Werk wieder leer zur nächsten Beladestelle fährt.

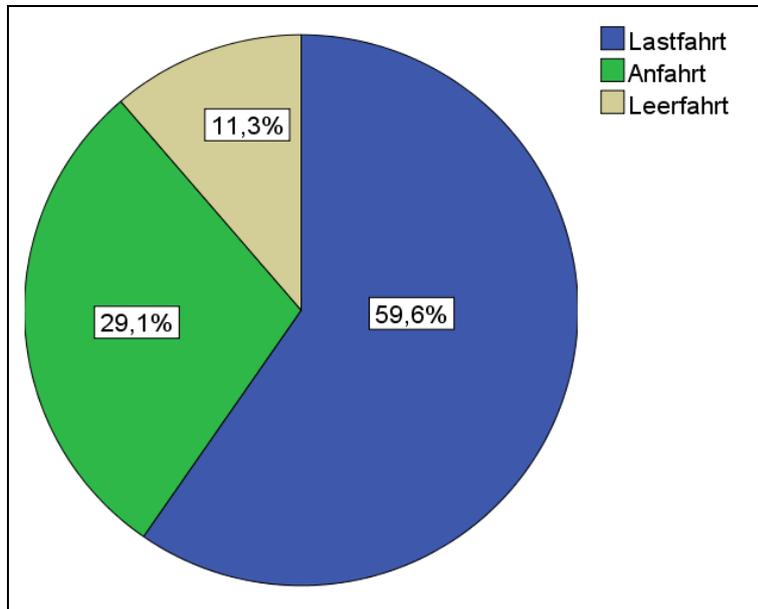


Abbildung 7: Anteile Last-, Leer- und Anfahrten

Insgesamt nehmen die „leeren Fahrten“ (Leerfahrten + Anfahrten) gut 40 % der Kilometer in Anspruch.

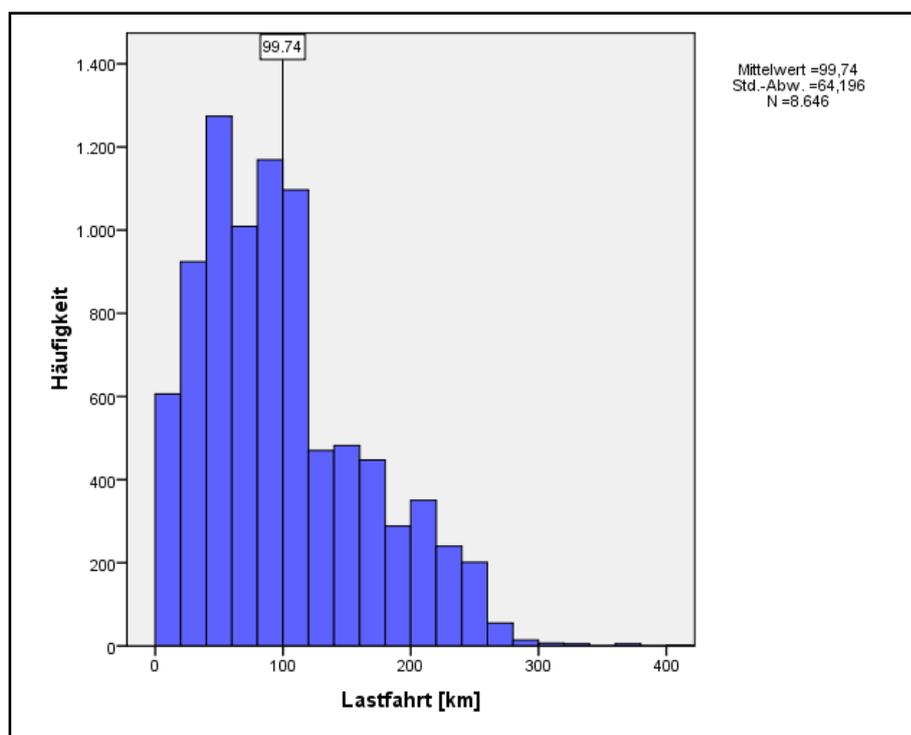


Abbildung 8: Verteilung der Lastfahrten

Lastfahrten kommen natürlich in jeder Tour vor. Im Schnitt wurden in einer Tour 100 Lastkilometer zurückgelegt. Es gab allerdings auch einzelne Touren mit Lastfahrten von über 400 km Länge (siehe Abbildung 8).

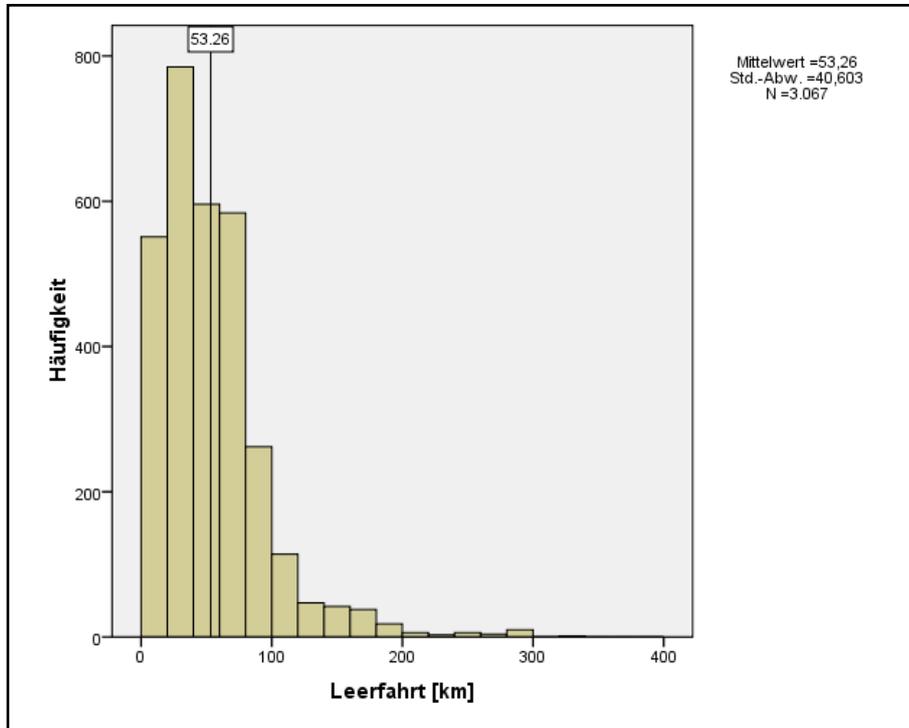


Abbildung 9: Verteilung der Leerfahrten

Leerfahrten kommen in Touren vor, die entweder im Depot anfangen oder enden. Leer nach Hause zu fahren bedeutet also, dass zwei Leerfahrten, also durchschnittlich 106 km, zurückgelegt werden. Leerfahrten kommen bei 36 % der Touren vor (Abbildung 9).

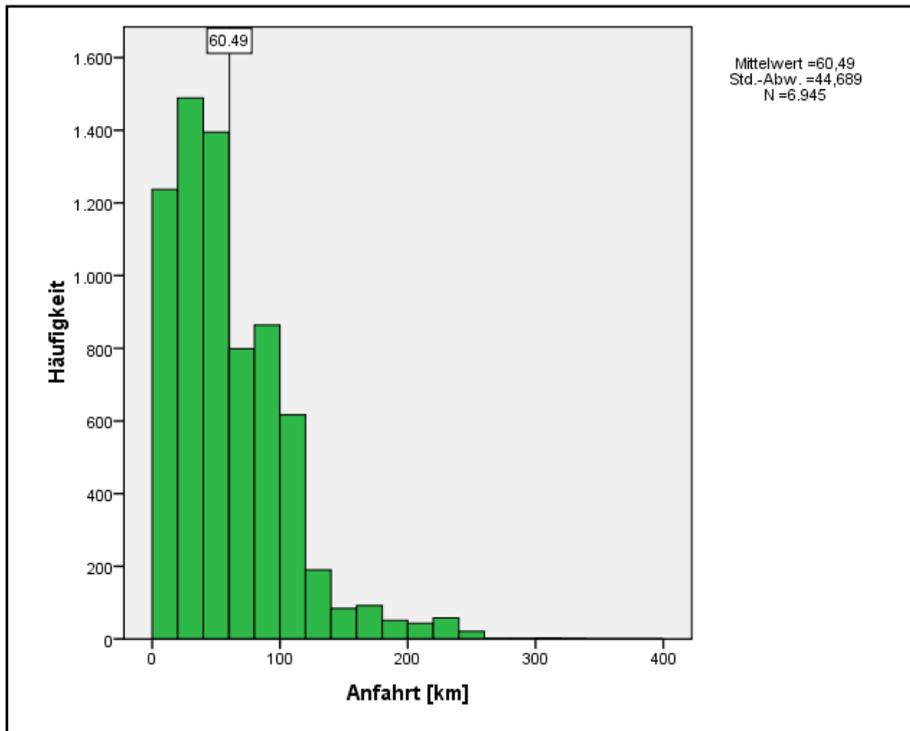


Abbildung 10: Verteilung der Anfahrten

Anfahrten sind die Strecken „zwischen den Touren“. Wenn eine Anfahrt vorkommt (bei ca. 80 % der Touren, siehe Abbildung 10), dann beträgt sie 60 km im Schnitt. Die Reduktion dieser 60 km sind das primäre Ziel des Forschungsprojektes (vgl. Kapitel 4.2).

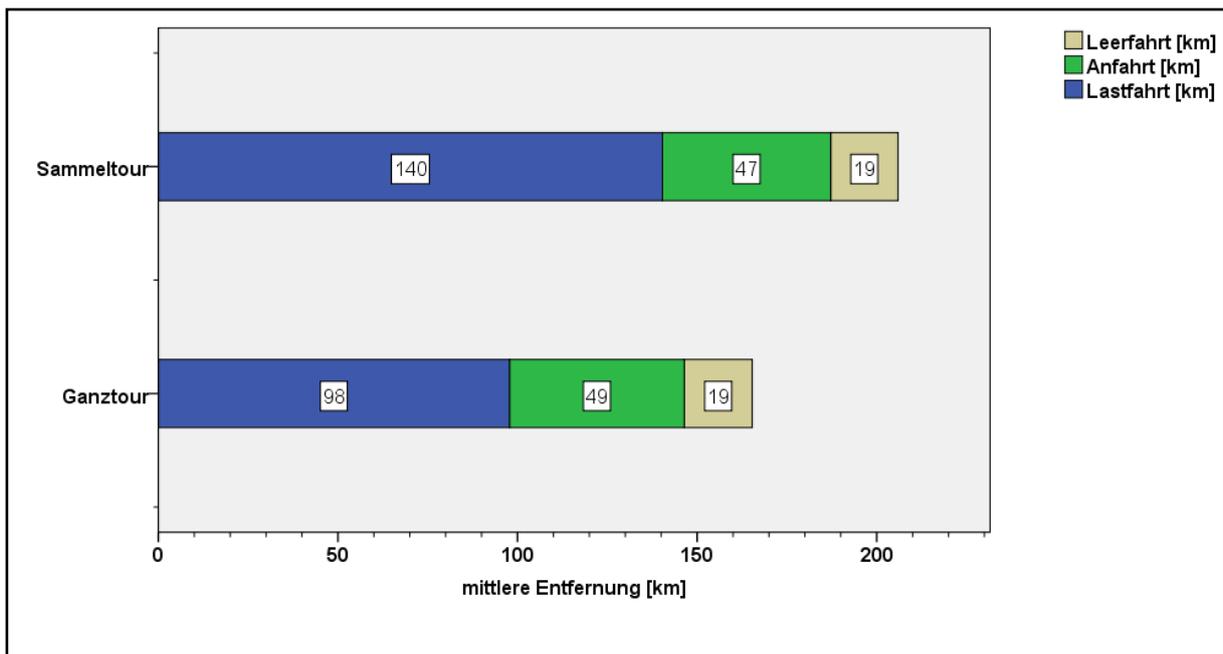


Abbildung 11: Sammeltouren und Ganztouren

Mehr als 95 % der Touren sind Ganztouren mit einem Beladeort, weniger als 5 % sind Sammeltouren, bei denen verschiedene Beladeorte (Holzpolter) angefahren werden (Abbildung 11). Sammeltouren sind hier Touren mit verschiedenen Orten in den Aufschrieben der Fahrer, d. h. der Abstand zwischen den Poltern war tendenziell hoch. Bei der Echtzeitortung (vgl. Kapitel 4.3) ist der Anteil der Sammeltouren deutlich größer, denn dort ist eine Tour laut Definition eine Sammeltour, wenn zwischen den Poltern mehr als 5 min gefahren wird oder eine Straßenfahrt dazwischen liegt.

Etwa jede dritte Tour war mit einer Heimfahrt verbunden (Abbildung 12). Die Übernachtung daheim ist die Standardvariante, auf der Straße wird kaum übernachtet. Nur zwei der LKW fahren ausschließlich am Wochenende nach Hause. Es wird entweder beladen (Vorladetour) oder leer heimgefahren. Bei Vorladetouren steigen die Frachtkilometer gegenüber Touren ohne Heimfahrten deutlich an. Eine Vorladetour bedeutet etwa 64 km Umweg.

Zu den Touren mit leerer Heimfahrt gehören im Prinzip die Leerkilometer der Touren ohne Heimfahrt noch dazu. Umgelegt bedeutet dies, dass Touren mit leerer Heimfahrt etwa 94 km Umweg bedeuten.

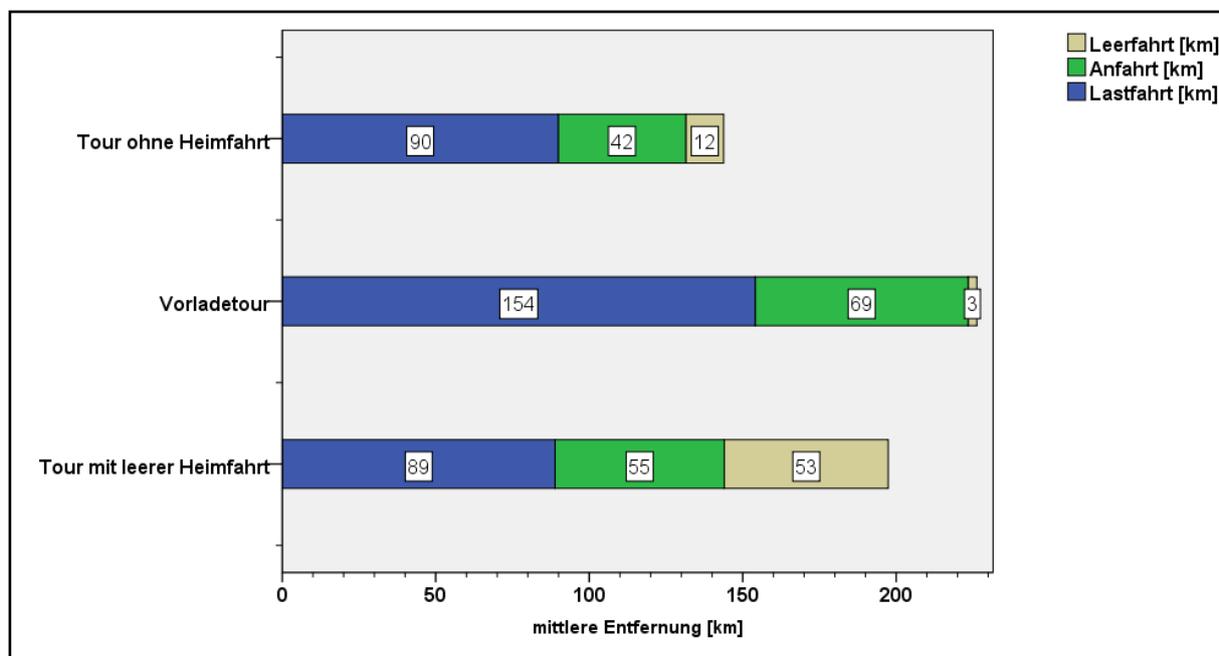


Abbildung 12: Heimfahrten

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Heimfahrten immer zusätzliche Kilometer gegenüber Touren ohne Heimfahrten bedeuten. **Leere Heimfahrten bedeuten dabei einen größeren Umweg als beladene Heimfahrten (Vorladetouren)!** Dies ist für das weitere Vorgehen bei den Optimierungen von Bedeutung.

4.2 *Optimierungen*

Die **Lastfahrten** sind für die Speditionen als eigentlicher Transportauftrag vorgegeben. Sie sind höchstens über das Vorladen beeinflussbar. Da Vorladen aber weniger Umweg bedeutet als leere Heimfahrten, sind die Frachtkilometer nur reduzierbar, wenn weniger häufig oder nicht mehr heimgefahren wird.

Bei den **Leerfahrten** ist dies ähnlich. Sie sind im Prinzip nur durch weniger Heimfahrten reduzierbar.

Daher bleiben letztlich nur die **Anfahrten**, um über eine optimale Reihenfolge der Touren, also durch eine optimierte Tourenplanung, die Gesamtkilometer zu reduzieren. Letztlich bleiben also lediglich 30 % der Gesamtkilometer für eine Optimierung übrig!

Die meisten Rahmenbedingungen des Status Quo waren bei den Optimierungen genau abbildbar (Depots, Fahrzeuge, Einsatzzeiten etc.). Ziel war eine möglichst gute Vergleichbarkeit mit dem Status Quo. Ein Problem stellte dabei allerdings das Vorladen dar. Das Dispositionsprogramm war nicht in der Lage, die Möglichkeit beladener Heimfahrten zu berücksichtigen, da dies im normalen Speditionsgewerbe nicht vorkommt. Die Lösung war, dass zwei Szenarien Rahmenwerte lieferten:

1. **Szenario A** („worst case“)

LKW fahren jeden Tag leer ins Depot

→ zu hohe Leerfahrtenanteile und Gesamt-Kilometer

2. **Szenario B** („best case“)

LKW fahren einmal pro Woche leer ins Depot

→ zu niedrige Leerfahrtenanteile und Gesamt-Kilometer

In Szenario A fahren die LKW jeden Tag leer heim. Dieses Szenario liefert schlechtere Ergebnisse als möglich wären, wenn Vorladen berücksichtigt werden könnte.

In Szenario B wird nur einmal pro Woche leer heimgefahren. Dieses Szenario liefert bessere Ergebnisse, als möglich sind, wenn täglich leer oder voll heimgefahren wird. Beide Szenarien wurden mit unterschiedlichen „Zeitfenstern“ (1 Woche, 2 Wochen, 4 Wochen) berechnet. Das Zeitfenster ist eine Art Kennziffer für die Anzahl an Touren, die für die Planung zur Verfügung steht. Je größer das Zeitfenster, desto

mehr Möglichkeiten für eine Optimierung existieren und desto besser sollte das Ergebnis werden.

Die folgenden drei Abbildungen zeigen die Differenz in Kilometern, die die einzelnen Optimierungsdurchläufe gegenüber dem Status Quo aufweisen, jeweils für Last-, Leer- und Anfahrten. Die linke Hälfte zeigt dabei die wochenweisen Heimfahrten (Szenario B), die rechte Hälfte die tageweisen Heimfahrten (Szenario A). Von links nach rechts sind dabei jeweils die Zeitfenster 1, 2 und 4 Wochen aufgetragen.

Abbildung 13 zeigt erwartungsgemäß kleinere Verbesserungen bei den Frachtkilometern, die einzig und allein dadurch zustande kommen, dass im Gegensatz zum Status Quo nicht mehr Vorgeladen wird. Weil nur noch leer heimgefahren werden kann, sinken die Frachtkilometer, da beladene Heimfahrten als Umwege wegfallen.

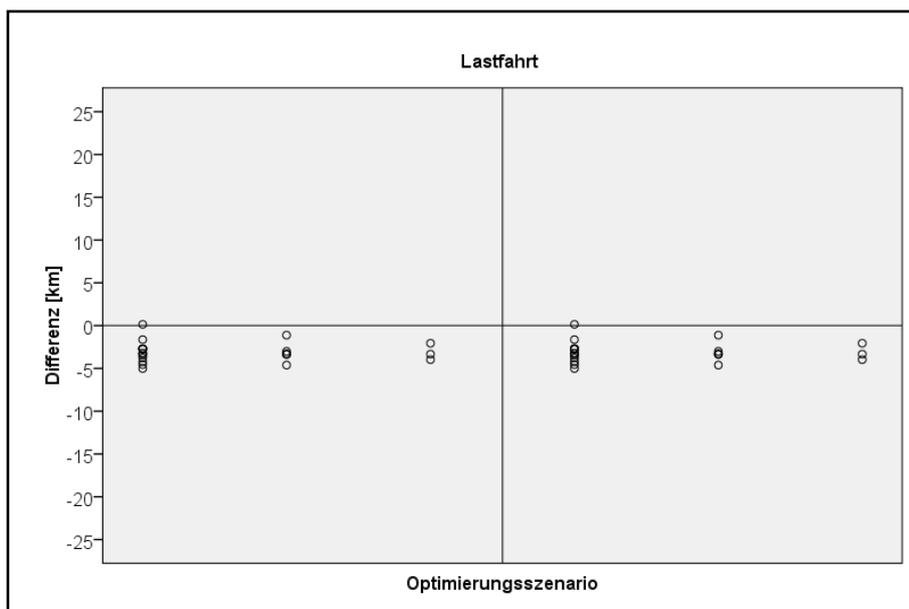


Abbildung 13: Veränderung der Lastfahrten bei den Optimierungen im Vergleich mit dem Status Quo

Abbildung 14 zeigt deutlich den Rahmenwert-Charakter der Szenarien A und B. Während der „best case“ B mit nur einer leeren Heimfahrt pro Woche eine deutliche Verbesserung bewirkt, entsteht durch den „worst case“ A der täglichen leeren Heimfahrten natürlich eine Verschlechterung gegenüber dem Status Quo.

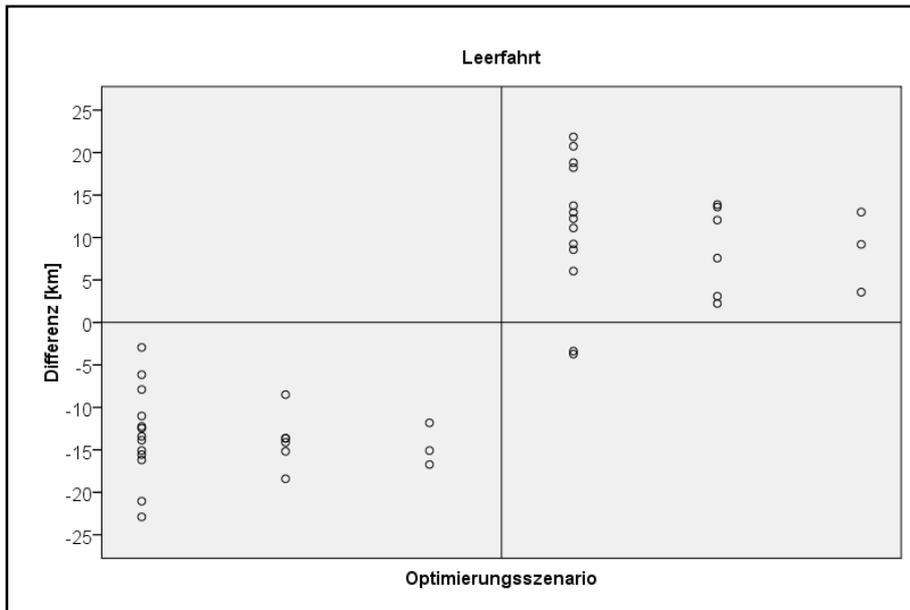


Abbildung 14: Veränderung der Leerfahrten bei den Optimierungen im Vergleich mit dem Status Quo

Der interessanteste Teil der Kilometer wird von den Anfahrten gebildet, denn nur hier kann, wie bereits erwähnt, die eigentliche Optimierung ansetzen. Und tatsächlich zeigt sich in Abbildung 15 bei beiden Szenarien eine Verbesserung gegenüber dem Status Quo. Gleichzeitig zeigt sich, dass mit größer werdendem Zeitfenster ebenfalls ein leicht besseres Ergebnis erzielt wird. Dieser Effekt ist allerdings sehr gering.

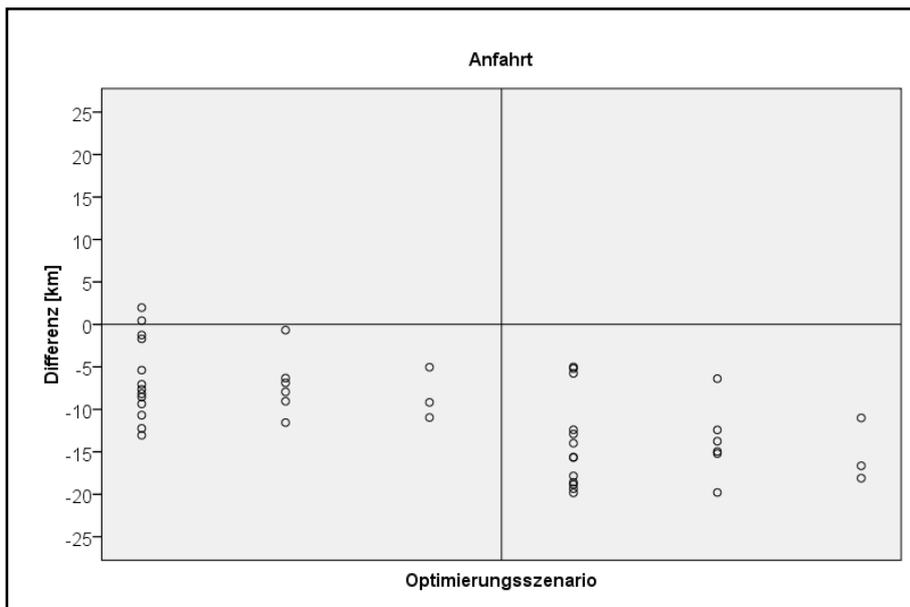


Abbildung 15: Veränderung der Anfahrten bei den Optimierungen im Vergleich mit dem Status Quo

Abbildung 16 fasst die Einzelaussagen in einer Grafik zusammen und zeigt die Bereiche, in denen die Optimierungsmöglichkeiten liegen. Die Unterschiede zwischen Szenario A (rot) und Szenario B (grün) werden sehr deutlich.

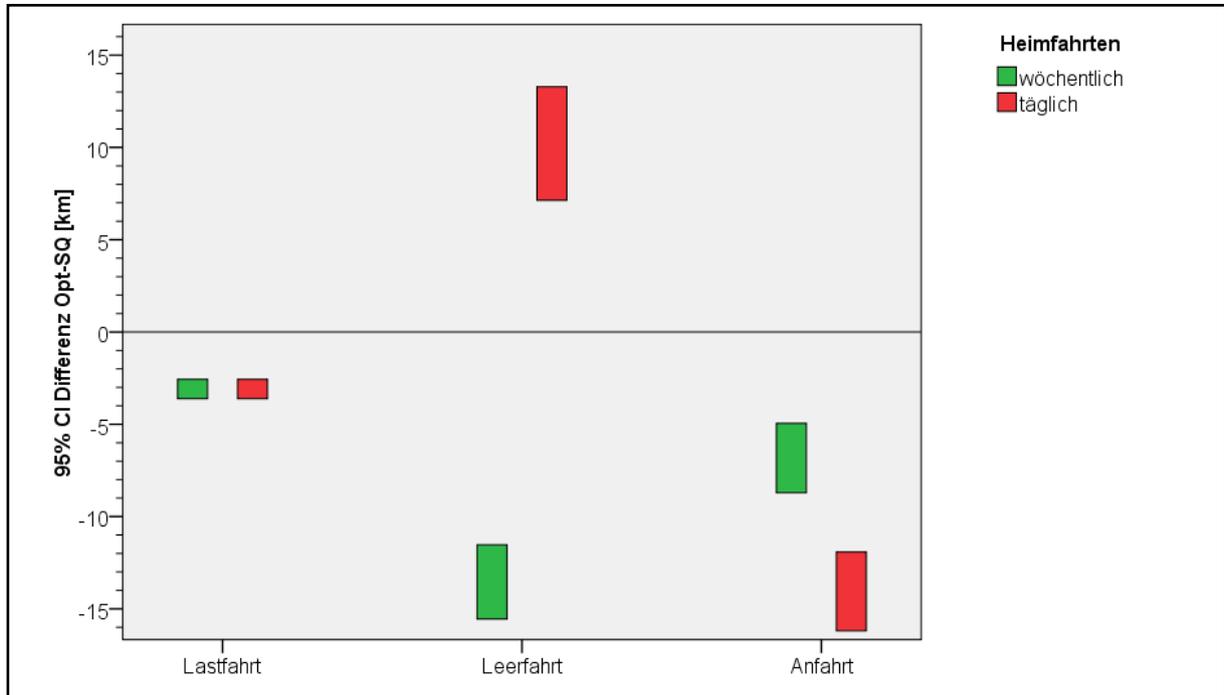


Abbildung 16: Optimierungspotenzial [km] nach Szenarien

Fasst man nun die beiden Szenarien A und B zusammen und geht davon aus, dass das realisierbare Verbesserungspotenzial sich innerhalb dieser Rahmenwerte bewegt, so kommt man schlussendlich zu Abbildung 17. Trotz einiger Unwägbarkeiten liefert der Balken Gesamtfahrt mit hoher Wahrscheinlichkeit den Bereich, in dem sich das in der Praxis realisierbare Optimierungspotenzial befindet.

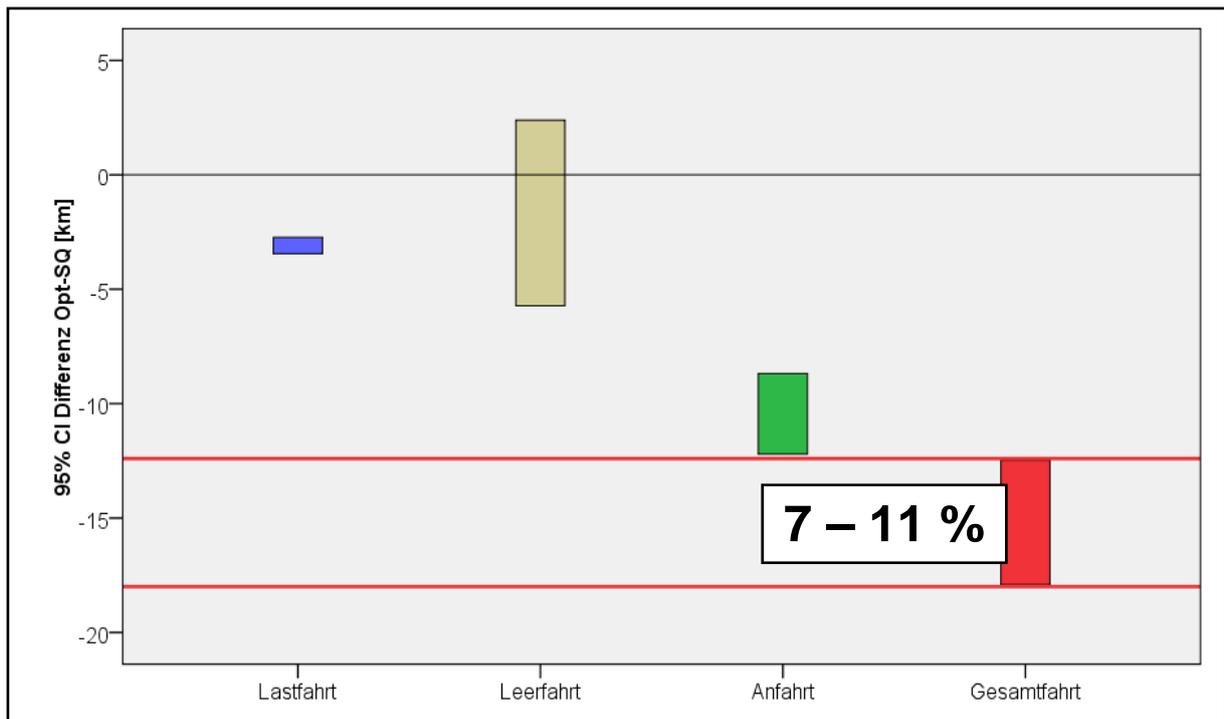


Abbildung 17: Optimierungspotenzial [km] insgesamt

Demnach ließen sich etwa 12 km bis 18 km pro Tour (im Mittel 15 km) einsparen, was einer Reduktion der Kilometer um durchschnittlich 8,5 % (7 bis 11 %) entspricht.

Setzt man für eine grobe Abschätzung den Kilometer mit praxisnahen 1,70 € an und nimmt die Jahreslaufleistungen der LKW aus Abbildung 4, so kommt man zu einer möglichen Kosteneinsparung von 7.500 € bis 22.500 € pro Jahr und LKW (13.750 € bei durchschnittlichen 95.250 km/a). Dieser Kosteneinsparung stehen aber natürlich Kosten für Software und Betrieb des Systems gegenüber.

Weiterführende Auswertungen und Ergebnisse werden in Form von Fachpublikationen veröffentlicht.

4.3 Echtzeitortung

Die Echtzeitortung hatte im Rahmen des Forschungsprojektes überwiegend die Funktion, Zeiten für die Parametrisierung der Tourenoptimierungssoftware bereitzustellen. Dies betraf v. a.:

- Beladezeiten im Wald, abh. von Sortiment, Fahrzeugtyp etc.
- Entladezeiten im Werk, abh. von Tageszeit, Abnehmer, Art der Entladung etc.
- Wartezeiten im Werk, abh. von Tageszeit, Abnehmer, Art der Entladung etc.
- Fahrzeiten außerhalb des öffentlichen Straßennetzes, abh. von Polteranzahl etc.

Abbildung 18 (links) zeigt exemplarisch die Anteile der Waldfahrten zum Polter und vom Polter weg an der gesamten Zeitdauer abseits öffentlicher Straßen. Entgegen langläufiger Meinungen (siehe z. B. RÖSLER 1999) ist der Zeitbedarf für die Waldeinfahrt nicht um ein Vielfaches höher als der Zeitbedarf für die Waldausfahrt. Die bisher angenommenen umfangreichen Suchfahrten finden daher offenbar nicht in dieser Form statt. Dies ist unabhängig von der Art der Einweisung (siehe Abbildung 18 rechts).

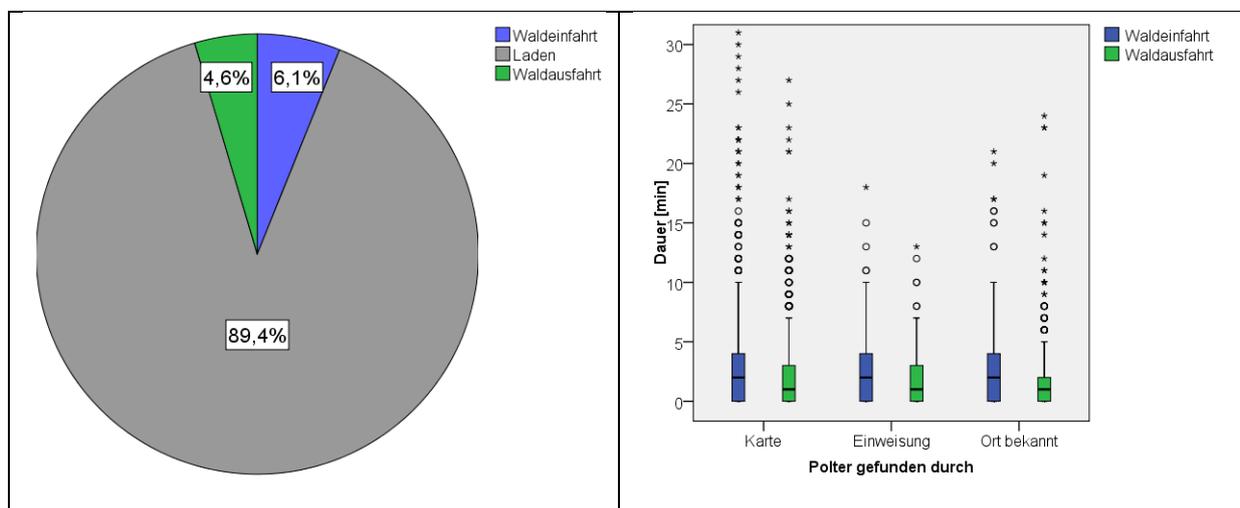


Abbildung 18: Waldein- und -ausfahrten

Abbildung 19 zeigt die Entladezeiten nach Abnehmern, wobei die gesamte Stillstandszeit am Werk incl. Wartezeiten, Entfernung der Ladungssicherung etc. gemeint ist. Es finden sich keine Unterschiede zwischen Selbst- (mit eigenem LKW-Kran) und Fremdentladungen (mit Highliftern oder Stackern) in den Daten, was

möglicherweise darauf zurückzuführen ist, dass Selbstentladung weniger Wartezeit, aber eine längere Entladezeit bedeutet, während bei Fremdentladung die Wartezeit länger, die Entladezeit aber kürzer ist. Diese beiden Effekte gleichen sich daher möglicherweise aus.

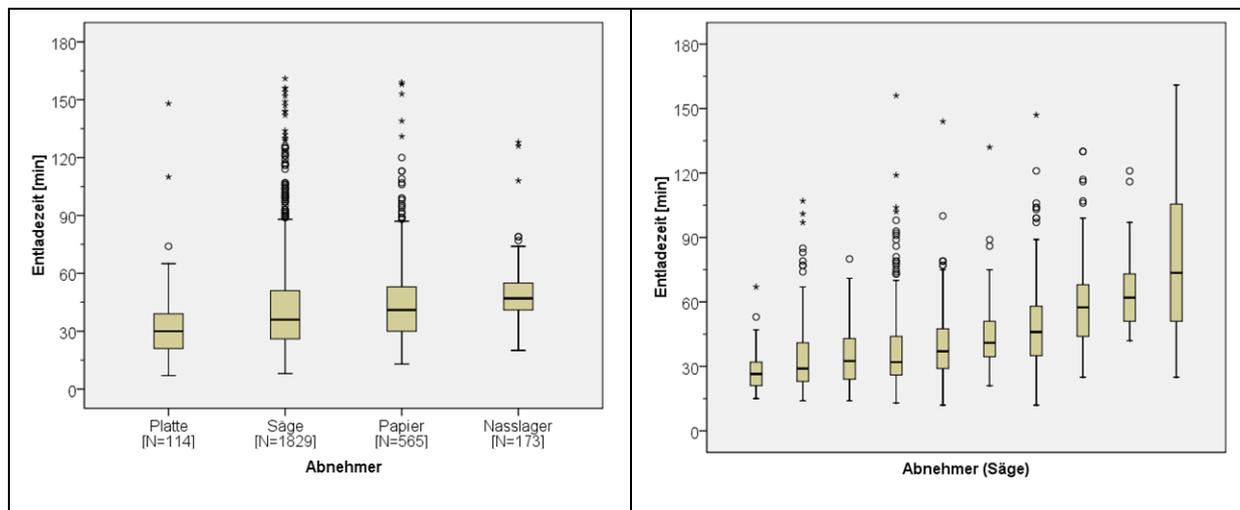


Abbildung 19: Entladezeiten nach Abnehmern

Bei den Papierwerken finden zu fast zu 90 % Fremdentladungen, bei den Sägewerken zu über 90 % Selbstentladungen statt. Bei Holzwerkstoffindustrie (Platte) und Nasslagern wurde ausschließlich selbstentladen.

Deutlich werden die individuellen Unterschiede bei den Wartezeiten zwischen den einzelnen Abnehmern, exemplarisch in Abbildung 19 rechts zu sehen für die am häufigsten angefahrenen Sägewerke. Wartezeiten von über zwei Stunden sind zwar die Ausnahme, kommen aber vor.

Die vollständigen, sehr detaillierten Auswertungen finden sich bei FRIES (2009). Eine Fachpublikation zu diesem Thema ist ebenfalls für das Jahr 2009 geplant. Auf eine weitergehende Darstellung der Ergebnisse wird daher an dieser Stelle verzichtet.

5 Praxistest „zentrale Disposition“

5.1 *Ziele*

Oberziel des Praxistests war das Aufzeigen der technischen Machbarkeit einer zentralen Disposition für mehrere Speditionen. Folgende Teilaspekte sollten dabei im speziellen überprüft werden:

1. Kommunikation zwischen Disposition und Fahrer
2. Funktionalität der Waldnavigation
3. Benutzerfreundlichkeit von Gerät und Software
4. Funktionalität des Gesamtsystems
5. Akzeptanz bei Fahrern und Speditionen

Hierfür wurden die zur Verfügung gestellten LKW mit jeweils einer On-Board-Unit (OBU) in Form eines PDA ausgerüstet. Auf der OBU wurde eine entsprechende Software („tourassistant“ der Firma @toll) installiert, die die Kommunikation zwischen Disposition und Fahrer ermöglichte. Daneben verwaltete die Software die Fuhraufträge und stieß die Navigationssoftware an. Als Navigationssoftware kam der NAVIGON NavigatoR 2.0 mit einer Kartengrundlage der Firma LOGIBALL zum Einsatz. Die Karte der Firma LOGIBALL beruht auf dem öffentlichen Wegenetz und ist um einen routingfähigen Datensatz aller Feld- und Waldwege ergänzt. So konnte sichergestellt werden, dass sich die Fahrer auch in ihnen unbekanntem Waldgebieten zurechtfinden.

5.2 *Vorgehensweise*

Der Praxistest fand in den Monaten November und Dezember des Jahres 2008 statt. Auf die Gründe für den verspäteten Start und die verkürzte Laufzeit wird später eingegangen.

In die Durchführung des Praxistests waren neben Softwarelieferanten und den fünf Speditionen des projektbegleitenden Ausschusses die Bayerischen Staatsforsten (BaySF) eingebunden. Diese garantierten einen ausreichenden Auftragspool, um die teilnehmenden LKW auszulasten. Des Weiteren konnte so eine problemlose

Abrechnung gewährleistet werden, da die Frächter nicht untereinander Rechnungen stellen mussten, sondern alle Geldflüsse über die BaySF liefen.

Der Praxistest wurde in zwei Stufen durchgeführt. In einem ersten Schritt wurden lediglich Transportaufträge der BaySF in das System eingespielt. In der zweiten Stufe konnten die Speditionen eigene Aufträge hinzufügen, die dann in die bestehenden Aufträge integriert wurden. Diese frächtereigenen Aufträge wurden aus Abrechnungsgründen an dieselbe Spedition zurückgegeben.

Das zweistufige Vorgehen hatte den Vorteil, dass sich das System in der Anlaufphase stabilisieren konnte. Die Disposition wurde von einem Mitarbeiter der Forschungsstelle übernommen.

5.3 Rahmenbedingungen und Restriktionen

5.3.1 Geräte/Software

Im Gegensatz zu der im Antrag stehenden Laufzeit des Praxistests konnte der Versuch erst mit einiger Verzögerung starten. Ein Grund hierfür war das späte Finden einer geeigneten Hardware, da sich das von der Firma PTV im Vorfeld für geeignet erklärte Gerät bei ersten Versuchen als nicht kompatibel mit der Software „tourassistant“ erwies. Das von der Firma @toll vorgeschlagene Gerät PIDION BM 150 konnte nach einer instabilen Anlaufphase jedoch erfolgreich eingesetzt werden. Das Gerät wurde aber nicht in der gewünschten Qualität ausgeliefert, so dass im laufenden Praxistest aufwändig Updates installiert werden mussten. Hierbei mussten insbesondere Probleme bei der Datenübertragung mittels GPRS, als auch Probleme mit dem korrekten Anstoßen der Navigationssoftware behoben werden.

5.3.2 Vorauswahl der Polter

Die BaySF lieferten im Jahr 2008 knapp 2 Mio. Festmeter frei Werk. Dies ist nur mit einer hohen Anzahl an Stammfrächtern möglich, die entsprechend in die Geschäftsprozesse integriert sind. Durch die Verpflichtungen gegenüber diesen Frächtern war es den BaySF nicht möglich, dem Forschungsprojekt eine vollständig freie Auswahl an Poltern zur Verfügung zu stellen. Die Forschungsstelle erhielt daher

bereits eine Vorauswahl. Dadurch waren die Möglichkeiten einer optimierten Disposition bereits stark eingeengt.

Um den Versuch mit möglichst vielen Poltern durchzuführen und somit Touren mit hoher Auslastung zusammenstellen zu können, sollten so kleine Polter wie möglich in die Vorauswahl aufgenommen werden. Durch die Berücksichtigung der anderen Stammfrächter konnte dies in einigen Fällen jedoch nicht realisiert werden. So wurden zum Teil Transportaufträge mit bis zu 500 Festmetern vergeben, was in etwa der Wochenkapazität eines einzelnen LKW entspricht. Dieser LKW muss dann notgedrungen zwischen Wald und Sägewerk hin und her pendeln, was jedoch nicht Ziel einer verbesserten Disposition sein kann.

5.3.3 Abrechnung

Transportaufträge der BaySF bestehen nicht immer aus einem, sondern häufig aus mehreren Poltern. So werden Mengen zwischen wenigen Festmetern bis zu mehreren hundert Festmetern vergeben. Die Abrechnung mit den Spediteuren erfolgt auftragsbezogen und nicht über einzelne gefahrene Touren. Auch für den Praxistest konnten die Abrechnungsmodi nicht umgestellt werden. So mussten die Transportaufträge als Ganzes an jeweils eine Spedition vergeben werden, was dem Grundgedanken der betriebsübergreifenden Tourenplanung widerspricht.

5.3.4 Anlieferprofile der Sägewerke

Viele Sägewerke schließen mit ihren Holzlieferanten Anlieferprofile ab, in denen sowohl Maximal- als auch Mindestmengen festgehalten sind. Diese Mengen können Jahres-, Monats-, oder Wochenmengen darstellen und werden auf LKW-Fahren pro Wochentag herunter gebrochen.

Diese Anlieferprofile verhinderten die freie Kombination verschiedener Aufträge, da für jeden Wochentag bereits vorgeschrieben war, was geliefert werden musste.

5.3.5 Abfuhrreihenfolge

Wie bereits dargestellt, können Transportaufträge der BaySF aus mehreren Poltern bestehen. Dadurch kam es bei der Anlage der Transportaufträge im Dispositionssystem zu Problemen in der Abfuhrreihenfolge. Zwar wurden die Transportaufträge nach Karte in eine sinnvolle Reihenfolge gebracht, allerdings

stellte sich in der Realität immer wieder heraus, dass die Wegesituation und tatsächliche Lage der Polter im Wald eine Abfuhr in der beabsichtigten Reihenfolge nicht zuließ. Dieses Problem muss bei einem späteren Einsatz gelöst werden.

5.3.6 Vorladen

Die letzte Fuhre am Tag besteht häufig nur noch aus dem Beladen des LKW. So kann am nächsten Tag sofort mit einer Fahrt zu einem Abnehmer begonnen werden. Da die verwendete Software für den klassischen Güterverkehr programmiert wurde und dort das Vorladen keine Rolle spielt, konnte dieses Vorgehen nicht abgebildet werden. Die Anpassung der Software an diese Problemstellung wurde von der Fa. PTV als „im Rahmen der Möglichkeiten zu aufwändig“ angesehen und konnte daher im Rahmen des Projektes nicht realisiert werden.

5.3.7 Wetter

Der Zeitraum des Praxistests musste sich nach der Einschlagssaison der BaySF richten. Auf Grund der Stürme im Frühjahr 2008 wurde der reguläre Frischholzeinschlag stark reduziert. So stand erst im November eine ausreichende Menge Holz zur Verfügung, um die LKW des Praxistests auszulasten. Allerdings bewirkte der späte Start, dass der Wintereinbruch die Durchführung des Tests beeinträchtigte. So konnten einzelne Polter nicht angefahren werden, da sie sich in Steillagen befanden. Auf Grund der bereits oben angeführten Vorauswahl der Polter konnte auf diese Situation nur unzureichend reagiert werden.

5.3.8 Frühzeitiges Ende

Die Immobilienkrise in den USA ließ den Exportmarkt für Schnittholz nahezu komplett zusammenbrechen. Einer der zentralen Rundholz-Abnehmer im Versuch produzierte ausschließlich Schnittholz für Übersee. Weitere Abnehmer mussten auf Grund der Verschiebung von Mengen aus dem Export- in den Binnenmarkt und den damit verbundenen Preisrückgängen ihre Produktion massiv zurückfahren. Bereits im Dezember 2008 wurden bei einigen Werken Schichten gestrichen. Wie jedes Jahr wurden über die Weihnachtsfeiertage die meisten Sägewerke geschlossen. Allerdings wurden auf Grund der aktuellen Konjunkturkrise nur wenige Werke Anfang

2009 wieder angefahren, so dass eine Fortsetzung des Praxistests nicht möglich war.

Die vorgenannten Rahmenbedingungen sorgten letzten Endes dafür, dass im Praxistest vor allem die Kommunikationswege und die Waldnavigation untersucht wurden, nicht aber die Chancen einer betriebsübergreifenden Planung. Deren Potenziale wurden jedoch eingehend bei der Analyse der historischen Daten untersucht und mussten daher nicht zusätzlich im Praxistest nachgewiesen werden. Die entscheidenden Ziele des Praxistests konnten insgesamt erreicht werden.

5.4 Durchführung

5.4.1 Schulung

Im Vorfeld des Praxistests fand eine Schulung der Speditionen statt. Hierbei wurde die Bedienung der OBU und der Software erläutert. Abbildung 20 und Abbildung 21 zeigen die den Fahrern ausgehändigte Kurzanleitung. Das Abarbeiten einer auf die OBU übermittelten Tour soll im Folgenden kurz dargestellt werden.

In dem Menüpunkt Tourübersicht wurden alle auf der OBU gespeicherten Transportaufträge aufgelistet. Hier musste die aktuelle Tour zur weiteren Bearbeitung ausgewählt werden.

In dem Menüpunkt Tourplan waren dann die einzelnen Be- und Entladestellen der Tour dargestellt. Nach Auswahl der nächsten anzufahrenden Stelle konnte die Navigation angestoßen werden. Es bestand jedoch auch die Möglichkeit, ohne Navigation die Tourbearbeitung fortzuführen.

Nach Ankunft an der Be- oder Entladestelle wurden in dem Menüpunkt Auftragsdetails die entsprechenden Informationen für diese Stelle bereitgestellt.

Ebenfalls mussten in diesem Menüpunkt Statusmeldungen über den Erfolg der Aktion abgegeben werden. Dabei standen folgende Optionen zur Verfügung: Be- oder Entladung war erfolgreich, war nicht erfolgreich, war erfolgreich mit Abweichung. Für den letztgenannten Fall konnten in einem Textfeld Nachrichten an das Dispositionssystem übermittelt werden.



Hauptmenü

Nach Programmstart im Hauptmenü zum Anmelden auf  klicken



Anmeldung

ID des Fahrers und Passwort voreingestellt!
ID des Fahrzeuges: **Nummer** des Kennzeichens (Bsp.: FS TU **1234**)
Wird gespeichert!
Weiter mit 

Grundsätzlicher Ablauf:

- 1) Tour wird von Dispo auf Gerät geschickt.
- 2) Fahrer erhält Benachrichtigung.
- 3) Fahrer nimmt Tour an.
Die Tour darf NICHT abgelehnt werden!!!
- 4) Fahrer fährt Tour ab und sendet dabei automatisch Statusmeldungen an die Dispo.



Meldung über Eingang neuer Tour/en. Während Tourbearbeitung nur blinkendes Symbol.



Tourbearbeitung

Durch Klick auf  Sprung in Menü Tourbearbeitung siehe **Ablauf einer Tour** (Rückseite)



Annahme einer neuen Tour. **IMMER „Ja“ anklicken!!!**

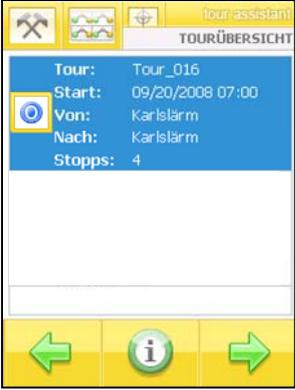
Erklärung der Symbole

 Anmelden	 bei Touren: angenommene Tour	 Tour mit Änderung
 Abmelden	 laufende Tour	 ankommende Tour
 bei Stopps: Depot	 Stopp wird angefahren	 Tour abbrechen
 Beladestelle	 Stopp wurde erreicht	
 Entladestelle	 abgearbeitete/r Stopp/Tour	

Abbildung 20: Bedienungsanleitung für die OBU im Praxistest, Seite 1

Ablauf einer Tour

Punkt 1
Tourübersicht



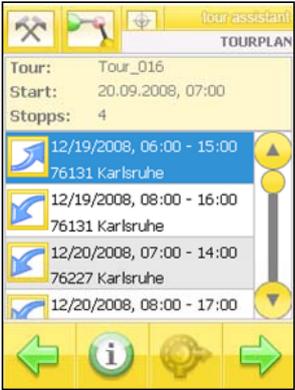
Auswahl der nächsten angenommenen Tour  bestätigen mit 

Punkt 5
Auftragsdetails



Klicken auf 

Punkt 2
Tourplan



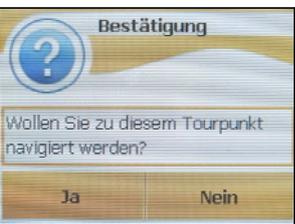
Auswahl des ersten Stopps;  führt weiter zu Navigationsauswahl

Punkt 6
Auftragsdetails



nach Be- oder Entladung:  setzen oder bei vorletzter Fuhre Restmenge des Polters angeben 

Punkt 3
Navigation



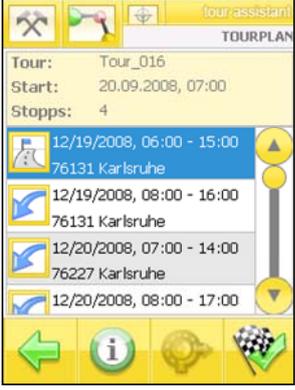
bei ja, siehe Bedienung Navigation bei nein, siehe 4

Punkt 7
Abweichungen



Restmenge angeben,  anschließend weiter mit 

Punkt 4
Tourplan



nach Ankunft:  nach Be- oder Entladung: 



während Tour Sprung zurück zu Punkt 2, bei Ende der Tour Sprung zurück zu Punkt 1

Abbildung 21: Bedienungsanleitung für die OBU im Praxistest, Seite 2

5.4.2 Anlegen von Transportaufträgen und Restmengenverwaltung

Die von den BaySF freigegebenen Polter wurden in Form von Excel-Tabellen an die Forschungsstelle übermittelt. Darin waren alle für den Versuch relevanten Daten enthalten. Da das Dispositionssystem nur Einzelaufträge verplanen konnte, mussten die Transportaufträge der BaySF in Einzelfuhren aufgeteilt werden. Dabei gab die Ladekapazität des zuständigen Fahrzeuges das Auftragsvolumen der Einzelfuhren vor. So entstanden bei einigen Transportaufträgen von vornherein Restmengen. Allerdings waren die Mengenmeldungen der BaySF in den meisten Fällen lediglich Schätzmengen, so dass im Lauf der Abfuhr die Anzahl der Transportaufträge sowohl nach unten als auch nach oben um bis zu drei Fuhren korrigiert werden musste. In einem Fall wurde für den Versuch ein so genannter Fließpolter freigegeben. Dabei handelt es sich um Polter, die bereits während einer laufenden Holzerntemaßnahme freigegeben werden und somit in ihrer Endmenge nicht abschätzbar sind. Der betreffende Polter wuchs bis zur letzten Anfahrt auf das doppelte der ursprünglich gemeldeten Menge an.

Da an die Dispositionsoftware keine Polterverwaltung angedockt werden konnte, musste die Restmengenverwaltung mit großem Aufwand händisch erfolgen. Nur so konnte eine vollständige Abfuhr der Polter gewährleistet werden.

5.4.3 Statusmeldungen

Neben der Auftragsübermittlung an die LKW-OBU war der Informationsfluss in entgegen gesetzter Richtung ebenso wichtig. Im Rahmen des Abarbeitens einer Tour wurden von der Kommunikationssoftware automatisch Statusmeldungen an das Dispositionssystem abgegeben. Im Laufe einer vollständig abgefahrenen Tour wurden folgende Statusmeldungen angezeigt:

1. Auftrag angenommen
2. vom Startort abgefahren
3. am Beladeort angekommen
4. Ladung aufgenommen
5. vom Beladeort abgefahren
6. am Entladeort angekommen
7. Ladung abgeladen

Die wichtigste Statusmeldung war die Restmengenmeldung. So wurde mit den Fahrern vereinbart, dass bei der vorletzten Anfahrt an einen Polter die verbleibende Menge an das Dispositionssystem rückgemeldet wurde. So konnte bei Bedarf die Anzahl an noch notwendigen Fahren im Dispositionssystem korrigiert werden.

Neben diesen Statusmeldungen konnte vom Dispositionssystem aus die aktuelle Position für die einzelnen Fahrzeuge abgefragt werden. Neben der visuellen Abschätzung wann das Fahrzeug am nächsten Be- oder Entladepunkt eintraf, berechnete das System auch selbstständig die erwartete Ankunftszeit.

5.5 Ergebnisse

5.5.1 Kommunikation zwischen Disponent und Fahrer

Die Kommunikation erfolgte über das GPRS-Netz der T-Mobile GmbH (D1-Netz). Jedoch war auch hier noch keine flächendeckende Versorgung vorhanden, so dass vor allem in Regionen mit großen zusammenhängenden Wäldern die Kommunikation bisweilen zusammenbrach. Die Übermittlung der Aufträge an das Fahrzeug und der Empfang der Status- und Positionsmeldungen vom Fahrzeug funktionierte, GPRS-Netz vorausgesetzt, einwandfrei.

Ankommende Aufträge auf den Geräten wurden auf verschiedene Weise dargestellt. Zum einen erschien ein Pop-up-Fenster, zum anderen wurde am oberen Bildrand ein kleiner blinkender Briefumschlag angezeigt.

Die Anzeige der Statusmeldungen im Dispositionssystem erfolgte unter einem eigenen Menüpunkt. Dort wurden alle Touren gelistet, die im aktuellen Planungszeitraum zu fahren waren. Der jeweilige Status wurde in zwei Stufen angezeigt. In der Gesamttourliste war zu sehen, ob der Auftrag angenommen wurde, er gerade abgefahren wird oder bereits abgefahren wurde. In einer detaillierten Darstellung der Tour wurden dann die Statusmeldungen der verschiedenen Ladestellen der Tour dargestellt.

Sowohl die Hinweise auf neue Aufträge auf der OBU, als auch die Darstellung der Statusmeldungen im Dispositionssystem waren nicht zu beanstanden.

5.5.2 Funktionalität der Waldnavigation

Die Navigation der Firma LOGIBALL funktionierte auf öffentlichen Straßen ohne Probleme. Bei der Navigation im Wald kam es gelegentlich zu Aussetzern, wenn kein Satellitensignal vorhanden war. Dies ist jedoch nicht der Software anzulasten, sondern der Empfangsstärke der verbauten GPS-Antenne und den Einbaubedingungen für die OBU in den LKW. Für die Befestigung in den LKW wurde eine Saugnapfhalterung zur Befestigung an der Frontscheibe mitgeliefert. Auf Grund der steilen Frontscheiben konnte jedoch nicht immer ein freier Blick nach oben gewährleistet werden. Des Weiteren schirmen und/oder lenken sämtliche Metalle in der Umgebung das Satellitensignal deutlich ab.

Die Routenführung abseits des öffentlichen Wegenetzes war nicht immer korrekt. Dies ist auf die Kartengrundlage der Firma LOGIBALL zurückzuführen, die der Navigationssoftware zu Grunde liegend. Die dem öffentlichen Wegenetz hinzugefügten zusätzlichen Feld- und Waldwege werden von bereits bestehenden Kartenwerken abdigitalisiert und die dort zugeordneten Wegekategorien übernommen. Da eine Überprüfung der Wegekategorien in der Praxis nur schwer zu realisieren ist, werden bei der Digitalisierung auch falsche Wegekategorien mit übernommen. Des Weiteren sind die Wegekategorien der normalen Kartenwerke nicht auf LKW-Befahrbarkeit ausgerichtet, sondern orientieren sich in erster Linie an der Wichtigkeit der Straße für den Verkehr auf öffentlichen Straßen. Der Waldnavigation der Firma LOGIBALL fehlt somit eine Klassifikation nach GeoDat-Standard. Dieser Standard beschreibt die Eignung von Waldwegen für die Holzabfuhr und berücksichtigt z. B. Steigungen, Kurvenradien und Wendemöglichkeiten. Diese Klassifikation wird derzeit von der NavLog GmbH immer noch erhoben und nach einigen Verzögerungen wohl erst Ende 2009 auf den Markt kommen.

Ein weiteres Problem der Waldnavigation liegt in der Neuanlage von Waldwegen, bzw. einer Änderung der Befahrbarkeit. Die Bereitstellung dieser Informationen geschieht häufig nur mit langer Verzögerung. Dies führt dazu, dass die Navigation der Firma LOGIBALL zwar einen guten Überblick gibt, wo man sich gerade befindet, man sich allerdings nicht zu 100% auf die Anweisungen der Software verlassen kann.

5.5.3 Benutzerfreundlichkeit von Gerät und Software

Die LKW-OBU wurde von den Fahrern als grundsätzlich tauglich beurteilt. Da die installierte Software über den Touchscreen der OBU bedient wurde, störten die zusätzlichen, nicht benötigten Bedienelemente nicht. Jedoch sollte darauf geachtet werden, die OBU so übersichtlich wie möglich zu gestalten, da jedes unbenötigte Bedienelement gesperrt werden muss, um mögliche Fehlerquellen bei der Bedienung auszuschließen.

Auch wenn die Bildschirmgröße des Versuchsgeräts (3,5“) nicht unbedingt als zu klein beurteilt worden ist, so würden die Fahrer doch einen größeren Bildschirm begrüßen. Dies ist vor allem bei der Navigation im Wald ein entscheidender Faktor. Zwar konnte mit der eingesetzten Navigationssoftware bis zu dem jeweiligen Polter navigiert werden, jedoch fehlte in unbekanntem und unübersichtlichen Wäldern bisweilen die Orientierung. Mit einem größeren Bildschirm könnte sich der Fahrer einen besseren Überblick verschaffen, wo er sich im Moment aufhält, wo das Ziel liegt und wo sich eine geeignete Wendemöglichkeit oder die Waldausfahrt befindet.

Des Weiteren ist bei der OBU darauf zu achten, dass die GPS-Antenne äußerst leistungsstark ist, da es im Wald zu ungünstigen Empfangsbedingungen kommen kann. Alternativ kann bei einer fest verbauten OBU (was bei einem dauerhaften Einsatz sinnvoll wäre) eine externe GPS-Maus verwendet werden, die auf dem Kabinendach installiert wird. Hier ist mit einem deutlich verbesserten Empfang zu rechnen.

Die Software „tourassistant“ wurde nicht speziell für den Praxistest entwickelt oder angepasst. Lediglich die Standard-Navigation wurde durch die Navigationssoftware der Firma LOGIBALL ersetzt.

Von Seiten der Fahrer kamen keine größeren Beanstandungen bzgl. der Software. Insgesamt war die Symbolisierung der Software sehr anschaulich, so dass diese beinahe intuitiv bedient werden konnte. Die Auswahlmöglichkeiten waren stets auf zwei oder drei beschränkt, um einer Fehlbedienung vorzubeugen. An einer Stelle konnte jedoch nicht direkt weiter gesprungen werden, so dass es gelegentlich zu Problemen bei den Fahrern kam, die dann telefonisch geklärt werden mussten. Hier wäre eine Vereinfachung der Vorgänge wünschenswert, um die Bedienung weiter zu erleichtern.

Auch wenn die verwendete Software ihre Dienste erfüllte, wäre es bei einer dauerhaften Einführung eines Kommunikationssystems zwischen Disposition und LKW zielführender, eine neue Software zu entwickeln, die rein auf den Rundholztransport abgestellt ist. Vor allem sollten zusätzliche Möglichkeiten geschaffen werden, Informationen wie Telefonnummer des Verkäufers/Försters, Anfahrtsbeschränkungen oder weitere Polterangaben auf die OBU zu übermitteln. Auch ein Übersichtsplan über den gesamten Transportauftrag (incl. aller Polter) sollte übermittelt werden.

5.5.4 Funktionalität des Gesamtsystems

Um ein rundum funktionierendes System zu erhalten, ist es unabdingbar, eine Polterverwaltung vorneweg zu schalten. Nur so ist es möglich, die unweigerlich entstehenden Restmengen bei überschaubarem Aufwand im Auge zu behalten. Während des Praxistests war dies neben der Anlage von Neuaufträgen die zeitintensivste Aufgabe. Die Polterverwaltung muss dabei eng mit dem Dispositionssystem verbunden sein, um auf alle planungsrelevanten Informationen der zuständigen Fahrzeuge Zugriff zu haben. Nur so kann schon im Vorfeld der Planung abgeschätzt werden, wie viele Fahren bis zur endgültigen Abfuhr noch nötig sind.

Zwingend erforderliche Informationen für die Polterverwaltung sind:

- Koordinaten des Polters und Name/PLZ der nächstgelegenen Ortschaft (als Kontrolle bei etwaigen Zahlendrehern in den Koordinaten)
- Anfangsmenge bzw. aktuelle Menge
- Holzart und Sortiment
- Zeitraum der Abfuhr
- Name und Lieferanschrift des Käufers
- Kontaktdaten des zuständigen Verkäufers
- Hinweise auf Einschränkungen der Erreichbarkeit bei Schlechtwetter

Die Anlage der Transportaufträge sollte einfacher gestaltet werden. Zwar konnten bei der im Test verwendeten Software (intertour/dispatch) über eine Importfunktion Aufträge eingelesen werden, aber die Eingabemaske im System selber war für die

zahlreichen Einzelaufträge, wie sie im Rundholztransport an einen einzigen Abfuhr-Auftrag gekoppelt sind, nicht tauglich. Abhilfe kann hier eine automatisierte Anlage in der Polterverwaltung oder ein Andocken einer ERP-Komponente an das Dispositionssystem schaffen.

Nach Anlage der Transportaufträge mussten diese in einer zweistufigen Planung zu Touren disponiert werden. In einer ersten Stufe wurden aus den Aufträgen Fahrten. Hier wurden zum Einen Transportaufträge mit mehreren Ladepunkten zu so genannten Sammeltouren zusammengefasst. Zum Anderen fand eine erste Plausibilitätskontrolle statt. So wurde vom System z. B. überprüft, ob der Auftrag im Rahmen des mitgegebenen Zeitfensters überhaupt fahrbar ist. Im zweiten Schritt wurden die geplanten Fahrten dann den verschiedenen LKW zugeteilt. Hierbei wurden fahrzeugspezifische Restriktionen überprüft und berücksichtigt. Wichtigste Restriktion war dabei die Einschränkung einzelner LKW auf bestimmte Sortimente. Zusätzlich fand eine Überprüfung der Fahrzeiten der LKW statt.

Auch wenn dieses zweistufige Vorgehen mit einem gewissen Mehraufwand verbunden war, so hatte es Vorteile. Waren bei Aufträgen fehlerhafte Daten hinterlegt, so konnten diese schnell lokalisiert werden, da in der ersten Stufe nur Fehler in den Auftragsdaten selber, in der zweiten Stufe nur Fehler in Kombination mit fahrzeugspezifischen Belangen auftraten. Allerdings sollten Fehlermeldungen klar formuliert sein. Durch die zweistufige Planung wusste man zwar, an welcher Stelle der Fehler zu suchen ist, jedoch wurde keine Handlungsempfehlung zur Fehlerbehebung gegeben. Die Fehlermeldungen selbst waren bisweilen lediglich eine Meldung über einen nicht korrekten Planungsverlauf.

Nach Fertigstellung der Planung, mussten die Touren zur Übermittlung an die Fahrzeuge freigegeben werden. Dieser Schritt diente einer zusätzlichen Qualitätssicherung. So musste jede Tour nochmals angesehen werden, bevor sie an einen LKW geschickt wurde. Das Übermitteln an die LKW funktionierte vollautomatisch.

Es fehlte jedoch eine Möglichkeit, bei unvorhergesehenen Ereignissen eine bereits übermittelte Tour vom Dispositionssystem aus von der OBU des LKW wieder zu entfernen. In diesem Fall musste der LKW-Fahrer die Auftragsannahme verweigern, um andere Touren fahren zu können.

Das Dispositionssystem muss hinsichtlich des Holztransports angepasst sein, bzw. für den Holztransport neu entwickelt werden. Die verwendete Dispositionssoftware bot umfangreiche Funktionen. Im Laufe des Praxistests wurden davon aber nur wenige verwendet. Es kann also davon ausgegangen werden, dass eine Neuentwicklung mit nur für den Holztransport benötigten Anwendungen zielführender ist. Dabei muss vor allem das Vorladen abgebildet werden können, da im Praxistest fast zwei Drittel aller Arbeitstage mit einem Vorladen für den nächsten Tag beendet wurden. Zudem sollte als Planungsgrundlage ein Kartensatz hinterlegt sein, der Feld- und Waldwege beinhaltet, um zeitlich realistische Tourlängen berechnen zu können. Das Hinterlegen von Anlieferprofilen der Holzabnehmer, sowie die Möglichkeit einer Alternativplanung (z. B. bei widrigen Witterungsverhältnissen) müssen ebenso gegeben sein. Das Anlegen von Fahrzeugen mit allen planungsrelevanten Informationen (wie z. B. Ladekapazität, Sortimente, Heimatstandort, Verfügbarkeiten etc.) ist ein weiterer zwingend erforderlicher Baustein der Planungssoftware. Diese Stammdatenverwaltung war in dem getesteten Dispositionssystem weitestgehend gut umgesetzt. Lediglich die Anlage der Verfügbarkeiten der LKW war zu aufwändig. So musste für jede einzelne Verfügbarkeit immer wieder derselbe Ablauf durchgegangen werden. Hier wäre eine Importfunktion oder eine Art Kalendersystem, bei dem die einzelnen Tage angeklickt werden können, wünschenswert. Zusätzlich müssen die aktuellen Lenk-, Ruhe- und Arbeitszeitverordnungen berücksichtigt werden.

5.5.5 Akzeptanz bei Fahrern und Speditionen

Nach Ende des Praxistests wurden mit den beteiligten Spediteuren und deren Fahrern strukturierte Telefon-Interviews durchgeführt. Hierbei wurden zum Einen hard- und softwarespezifische Fragen gestellt, zum Anderen die generelle Bereitschaft überprüft, mit einem solchen System zu arbeiten.

Grundsätzlich wären alle Teilnehmer bereit mit einem System, wie dem getesteten zu arbeiten. Jedoch gaben alle Fahrer an, zusätzlich die in der Branche derzeit üblichen Papieraufschriebe zu nutzen. Damit habe man auf einen Blick sämtliche relevanten Informationen zur Hand, ohne sich durch die Software klicken zu müssen.

Von Seiten der Speditionen wäre ein solches System absolut wünschenswert, da ein Großteil der Büroarbeiten minimiert werden könnte. Dabei geht es jedoch weniger um die zentrale Disposition mehrerer Unternehmen, sondern vielmehr um die papierlose Auftragsübermittlung an die Fahrer und die Rückmeldung der Fahrer an die Disposition, welche Polter wie weit abgefahren sind. Derzeit wird in den meisten Speditionen eine Wochenarbeitsmappe zusammengestellt, deren Aufträge der Fahrer der Reihe nach abarbeitet und die erhaltenen Lieferscheine wieder im Büro abgibt, wo dann mühsam die Abfuhr der einzelnen Polter überwacht wird.

Die Erfahrungen aus dem Praxistest zeigten, dass nur wenige Holzfahrer Erfahrungen mit komplexeren IT-Anwendungen haben. Von daher ist es notwendig, dass das System von Anfang an technisch einwandfrei funktioniert. Es war mitunter nicht einfach, die Fahrer am Telefon durch die Software zu führen oder gar hardwarespezifische Problemstellungen per Ferndiagnose zu lösen. So sorgt das einwandfreie Funktionieren auch für eine höhere Bereitschaft, ein solches System anzuwenden. Ständige Rückschläge in der Bedienung führen zu einer Rückkehr zur bisherigen Papierwirtschaft.

6 Innovative Transporttechnologien

Die Rationalisierungswelle im Bereich der Holzernte und der nach wie vor andauernde Konzentrationsprozess in der Holzindustrie stellen die Transporttechnik und die gesamte Rundholzlogistik vor neue Herausforderungen. Einsparungseffekte erhofft man sich von der hoch gepriesenen Nutzung moderner Informations- und Kommunikationssysteme, aber auch von neuen Entwicklungen in der Fahrzeugtechnologie und von der Kombination verschiedener Verkehrsträger. Im Hinblick auf den zunehmenden Konkurrenzdruck aus Nord- und Osteuropa wird die Logistik immer mehr als Kerngeschäft und wettbewerbsentscheidender Faktor betrachtet. Am Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft wurden zuletzt mehrere Fallstudien über den Rundholztransport durchgeführt. Darin sind Angaben zu über 260 LKW von 93 Fuhrunternehmen dokumentiert. Zwei Drittel der Transportunternehmen sind typische Familienbetriebe, die lediglich ein bis drei Fahrzeuge einsetzen. Trotz einfacher Transportentfernungen von durchschnittlich 140 km und Maxima von über 300 km wird laut den Studien derzeit ein Leerfahrtenanteil von 43 % in Kauf genommen. Die Organisation von Rückfrachten in Verbindung mit einem überbetrieblichen Flottenmanagement könnte hier die Auslastung verbessern.

Die Situation der Holztransporteure hängt aber nicht nur vom Markt ab, sondern auch von den politischen Rahmenbedingungen. So verzerren etwa die in Europa zum Teil sehr unterschiedlichen Beschränkungen der Transportgewichte den Wettbewerb. Anfang 2005 ist in der Schweiz das zulässige Gesamtgewicht für LKW von 36 t auf 40 t angehoben und damit an die Regelung in Deutschland angeglichen worden. In Österreich dagegen sind bis zu 44 t gestattet. Schweden und Finnland erlauben gar ein zulässiges Gesamtgewicht der LKW von 60 t, wodurch sich in etwa eine Verdoppelung der Nutzlast gegenüber hiesigen Verhältnissen einstellt. Berücksichtigt man, dass die Dieselposten etwa 70 bis 80 % der Gesamtkosten eines LKW ausmachen, so muss auch der gegenwärtigen Entwicklung der Energiekosten eine besondere Rolle zugesprochen werden. So ist der Dieselpreis allein im letzten Jahr um fast 25 % gestiegen. Daneben haben politisch gesteuerte Entwicklungen wie die Einführung der LKW-Maut, oder zuletzt die neuen Anforderungen an die Ladungssicherung zu weiteren Belastungen für die Transportunternehmen geführt. Um den geschilderten Kostentreibern

entgegenzuwirken, lassen sich derzeit einige interessante Ansatzpunkte im Fahrzeugbau und in der logistischen Transportorganisation beobachten.

6.1 Systeme und Lösungen

Nutzlast und Anschaffungskosten eines Fahrzeuges wirken sich stark auf die Transportkosten aus. Obwohl Kurzholzzüge in Leichtbauweise mit einem Leergewicht zwischen 13 und 15 t inklusive (sehr leichtem) Kran auf dem Markt angeboten werden, wiegen laut den Fallstudien die meisten in der Praxis eingesetzten Fahrzeuge zwischen 18 und 22 t. Bei Trailerzügen wird sowohl auf einen eigenen Kran als auch auf Allradantrieb verzichtet, was das Eigengewicht um 3 bis 5 t verringert. Bei Leergewichten der Zugmaschinen zwischen 7 und 8 t und zusätzlichen 5 bis 7,5 t für einen Trailer ergibt sich je nach Fahrzeugkonfiguration im Vergleich zu Kurzholzzügen eine um 4 bis 5 t höhere Nutzlast. Das spiegelt sich in den Transportkosten wider: In der Praxis werden derzeit in Deutschland für eine Zugmaschine inklusive Trailer Kosten zwischen 45 und 50 €/h kalkuliert, für einen Kurzholzzug dagegen 65 bis 70 €/h. Die Direktverladung auf Trailer durch den Forwarder ist nicht neu; einige Betriebe arbeiten bereits seit längerer Zeit so und haben gute Erfahrungen gemacht. Das Holz wird auf einen parallel zum Forwarder stehenden Trailer verladen und nicht mehr an der Waldstrasse zwischengelagert. Das integrierte Ernteverfahren trägt dazu bei, den Materialfluss bis zur Anlieferung im Werk zu beschleunigen. Trailersysteme setzen allerdings gute Wege und ausreichend große, befestigte Umschlagplätze voraus, an denen die Trailer beladen und vom LKW gegen leere ausgetauscht werden können. Dagegen bietet ein Kurzholzfahrzeug im Vergleich zum Trailerzug eine deutlich höhere Flexibilität. Denn durch den eigenen Ladekran sind Be- und Entladung ohne fremde Hilfe möglich. Zudem können dank der besseren Lastverteilung und dem Allradantrieb auch schlechtere Wege, engere Kurven und größere Steigungen befahren werden. Bei Bedarf kann der Anhänger abgehängt werden, um einzelne Polter lediglich mit dem Maschinenwagen anzufahren.

Andere Transportkonzepte zielen ebenfalls auf eine höhere Flexibilität der Fahrzeuge. So ermöglichen Containeraufbauten oder neue Rungen- bzw. Palettensysteme nicht nur den Transport verschiedener Güter und damit verbesserte

Rückfrachtmöglichkeiten, sondern auch den Einsatz im kombinierten Verkehr. Im Folgenden soll ein kurzer Überblick über die aktuellen Entwicklungen gegeben werden.

Mit dem Wechselaufbau «LogRac» wurde von Ahrenkiel Consulting bereits 2004 eine intermodale Transporteinheit vorgestellt, welche im Straßen- und Schienen-, besonders aber im Schiffsverkehr eingesetzt werden kann. Mittels einer standardisierten Container-Wechselbrücke transportiert ein Sattelzug vier der faltbaren LogRacs zu geeigneten Umschlagplätzen in der Nähe des Einschlagsortes und setzt sie dort ab. Da die Container klappbare Standbeine haben, können sie ohne ein spezielles Umschlagsgerät abgestellt werden. Die leeren Container werden vor Ort direkt vom Forwarder oder von einem Rundholz-LKW beladen. Anschließend erfolgt der Abtransport der beladenen LogRacs durch einen Container-LKW zu den Umschlagterminals oder direkt zum Abnehmer. Das Leergewicht eines LogRacs beträgt 4,5 t. Für die gesamte Transporteinheit ist eine maximale Nutzlast von 22,5 t erreichbar, was im Vergleich zu den üblichen Kurzholzzügen ein Plus von bis zu 20 % bedeutet. Studien der BOKU Wien zeigten allerdings, dass das Eigengewicht der LogRacs noch weiter reduziert werden muss, um auch bei kürzeren Transportdistanzen gegenüber den gängigen Transportsystemen wettbewerbsfähig zu sein.

Dies wurde beim Nachfolgemodell «HolzWab» mit einem Leergewicht von 3,8 t umgesetzt. Es befindet sich derzeit noch in der Erprobungsphase und wurde speziell auf die Bedürfnisse des Bahntransportes hin entwickelt. Fünf HolzWabs können gleichzeitig in den Wald transportiert werden, und die maximale Zuladung wurde merklich erhöht. Im kombinierten Verkehr können mit einem HolzWab bis zu 27 t Rundholz transportiert werden.

Das steirische Unternehmen Innofreight Logistics GmbH stellt LKW-Aufbauten und Rundholzwaggons her, mit denen höhere Transporterlöse erzielt werden sollen. Die „Rundholzpaletten“ sind in zwei Varianten für den reinen Bahntransport und den kombinierten Verkehr verfügbar. Das System ermöglicht es, auf einem Basiswagon Container und Rundholz gleichzeitig zu transportieren. Abhängig von den jeweiligen Holzlängen lassen sich vier oder fünf Rundholzpaletten auf einen 60 t-Universaltragwagen aufsetzen. Ebenso kann mit dem umklappbaren Rungensystem für den kombinierten Verkehr Rundholz und Schnittware mit einem LKW transportiert

werden, wodurch sich ein weites Einsatzspektrum und vielseitige Rückfrachtmöglichkeiten ergeben. Ein zusätzlicher Vorteil ist, dass sich die einzelnen, faltbaren Rungenpaare stapeln und im beladenen Zustand umschlagen lassen. Die Transportkette funktioniert je nach den infrastrukturellen Rahmenbedingungen ähnlich wie beim LogRac bzw. HolzWab.

Eine weitere, alternative Transportlösung wurde bereits vor 10 Jahren auf der internationalen Automobilausstellung in Hannover von der Firma Kraemer KG präsentiert. Beim Wechselsystem «Euroflat» werden Abrollcontainer zum Beladen an der Forststraße bereitgestellt. Die Container werden entweder vom Forwarder direkt beladen und mit einem walddauglichen Hakenlift-LKW aus dem Bestand an einen Sammelplatz befördert, oder die Beladung und der Shuttletransport erfolgen durch einen Kurzholz-LKW. Am Umschlagsplatz werden die Container auf ausklappbare Stützenbeine abgestellt. Die Container können nun von einem konventionellen Wechselcontainerfahrzeug zu den Rohholzabnehmern transportiert werden. Sowohl die Abrollkipper als auch die Wechselcontainerfahrzeuge entsprechen den gängigen LKW-Normen, so dass auch hier die Vorteile der Kostensenkung und Nutzlastoptimierung wie beim Trailersystem aufgrund geringeren Eigengewichts entstehen. Beim Rückweg vom Kunden zum Container-Sammelplatz können darüber hinaus verschiedene Rückfrachten realisiert werden. So sind einige Containersysteme der Firma Kraemer für den Transport von Waldholz, Sägeholz, Hackschnitzel und anderen Schüttgütern geeignet. Damit das Waldholz beim Kunden entladen werden kann, sind die Container in der Mitte offen. Beim Transport von Hackschnitzel oder anderen Schüttmaterialien kann der Container mit Planen oder Metallklappen geschlossen werden.

Eine weitere Transportlösung in Containerbauweise stellt das so genannte „Innofold F20“ der Firma Innofreight dar. Dabei handelt es sich um einen Faltbehälter für den Schüttguttransport. Die Behälter sind zusammenklappbar und benötigen dadurch nur ein Drittel des Transportraums beim Rücktransport. Die „Container“ werden mit Hilfe von Drehentladestaplern entleert und zusammengefaltet.

Studien zeigen, dass im Bereich der Rundholzlogistik noch deutliches Rationalisierungspotenzial vorhanden ist. Die hier vorgestellten Lösungen sind gute Beispiele, bedingen jedoch eine erhöhte Innovations- und Kooperationsbereitschaft aller beteiligten Akteure. Mit Ausnahme der Trailerverladung haben sich die hier

gezeigten Systeme bisher kaum in der forstlichen Praxis etabliert. Im Hinblick auf wohl zunehmende Straßentransportgebühren und weiter ansteigende Energiekosten scheint eine intensivere, überbetriebliche Auseinandersetzung mit dieser Thematik angebracht. Die besten Gesamtergebnisse dürften durch eine Kombination von organisatorischen Maßnahmen, moderner Informationstechnologie und dem Einsatz innovativer und flexibler Transportsysteme zu erreichen sein.

6.2 Schnittholzrückfrachten

Zielsetzung dieses Teilprojektes war es, den aktuellen Stand sowie die technischen und organisatorischen Hindernisse, die bei Schnittholz-Rücktransporten mit Rundholz-LKW auftreten, durch eine Befragung mittels Fragebogen zu analysieren.

Auf dem europäischen und nordamerikanischen Markt werden derzeit keine speziell für den Transport von Schnittholz ausgelegte Rundholz-LKW angeboten. Durch eine Befragung mittels Fragebogen und Telefoninterviews stellte sich jedoch heraus, dass mit den üblichen Rundholz-LKW ein Transport von Schnittholz technisch realisierbar ist. Als größte technische Hindernisse bei Schnittholz-Transporten stellten sich dabei folgende Punkte heraus, die sich teils gegenseitig bedingen:

- Rungen
- Ladekapazität
- Schutz vor Spritz- und Regenwasser
- Be- und Entladung,
- Ladeplattform
- Ladungssicherung

Den durch die Rungen entstehenden Problemen bei Be- und Entladung (Höhe der Rungen) sowie für das Ladevolumen (Rungeninnenmaße) kann durch Demontage der Rungen oder durch Spezial-Rungen mit einem angemessenen Aufwand entgegengetreten werden. Bei ausreichendem Informationsangebot können diese Probleme auch schlichtweg umgangen werden, indem nur passende Aufträge angenommen werden.

Die Ladekapazität ist, wie eben erwähnt in ihrem Volumen durch Rungen und Länge der Ladefläche/n eingeschränkt und in der Nutzlast durch das Eigengewicht des

verwendeten Transportmittels beeinflusst. Gliederzug und Sattelzug sind geeignete Transportmedien. Bei den Gliederzügen spielt jedoch die Pakettlänge des Schnittholzes eine entscheidende Rolle für die Auslastung der möglichen Zuladung. Schutz vor Spritz und Regenwasser kann durch aufwändiges Anbringen von Planen erfolgen. Bei eingepackten und ungetrockneten Waren ist eine Ladeplattform ausreichend. Diese hat zusätzlich den Vorteil, dass lückenlos verladen werden kann und ein Schutz der Ware vor den Keil- und Zahnleisten unterbleiben kann. Problematisch ist jedoch das zusätzliche Gewicht.

Die Ladungssicherung kann entweder durch formschlüssige Ladungssicherung durch geeignete Stirnwand und Rungen geschehen, oder durch kraftschlüssige Ladungssicherung. Voraussetzung für einen tragbaren Ladungssicherungsaufwand ist bei letztgenannter Version das Bündeln der einzelnen Schnittholzpakete zu einem formschlüssigen Ganzen. In diesem Fall sind zudem Antirutschmatten empfehlenswert. Diese senken im besten Falle den Sicherungsaufwand auf das Niveau der Rundholz-Sicherung.

Über 40 % der Befragten führen vereinzelt Schnittholz-Rückfrachten durch. Der geographische Arbeitsschwerpunkt sowie die Größe des Transportunternehmens gaben hierbei keinen Aufschluss auf das Profil einer speziell anzusprechenden Zielgruppe. Lediglich ein Drittel dieser Rückfrachten werden von den Sägewerken organisiert. Für die Organisation bieten sich feste Relationen an, da hier ohne viel Planungsaufwand passende Kombinationen gefunden werden können. Da lediglich 40% der gefahrenen Routen als feste Relationen angegeben werden, ist eine Steigerung der vom Sägewerk organisierten Rückfrachten um 60 % möglich, wenn davon ausgegangen wird, dass bis jetzt nur feste Relationen in die Planung einbezogen wurden. Da auch die Wartezeiten überwiegend als positiv angesehen werden, ist eine deutliche Bereitschaft der Rundholz-Spediteure vorhanden, vom Werk angebotene Schnittholz-Rückfrachten anzunehmen.

Die Akzeptanz von Schnittholz-Transporten mit Rundholz-LKW ist bei dem Großteil der Rundholzfrächter gegeben. Es gilt, technische und organisatorische Probleme aus dem Weg zu schaffen, um dieses Konzept durchsetzen zu können.

Folgend werden deshalb zum einen technische Möglichkeiten aufgezeigt, die einen reibungslosen Transport von Schnittholz mit Rundholz-LKW ermöglichen. Denn nur wenn im Verlauf des Schnittholz-Transportzyklus keine Probleme auftreten, wird

sich dieses Verfahren auch dauerhaft durchsetzen können. Zum anderen werden Möglichkeiten für die Organisation von Schnittholz-Rückfrachten mit Rundholz-LKW aufgezeigt, die es ermöglichen, die angesprochenen technischen Varianten auch effektiv zum Einsatz zu bringen.

6.2.1 Technische Lösungsmöglichkeiten

6.2.1.1 *Rungensysteme*

Rungen stellen ein erhebliches Hindernis für die Be- und Entladung dar. Andererseits sind sie die Garanten einer einfachen Ladungssicherung. Auf unterschiedliche Weise wird von Herstellern auf diese Eigenschaften eingegangen.

Rungensysteme, die speziell für die Anforderungen des Transportes alternativer Güter angepasst sind, existieren auf dem Markt. Ein Problem der Rungen ist die sich noch oben hin verjüngende Form der Rungenpaare, die eine gewisse Vorspannung der Rungen bietet und garantieren soll, dass die Ladungsbreite den zulässigen Wert nicht überschreitet. EXTE bietet mit seinem System 144 stählerne Rungenpaare an, die weniger nach innen geneigt sind. Dadurch wird die Beladung erleichtert und einer Beschädigung der Fracht durch Scheuern vorgebeugt. Der positive Effekt einfacher und zuverlässiger Ladungssicherung bleibt erhalten.

Eine andere Möglichkeit zur Lösung des Be- und Entlade-Problems ist es, die Rungen entweder abzumontieren, was mit einem Zeitaufwand von ca. 15 Minuten bei 8 bis 12 Rungen verbunden ist, oder ein Klapprungensystem zu installieren. Dazu sind verschiedene Modelle auf dem Markt vorhanden, die sich in Klapprichtung und Platzverbrauch unterscheiden.

Von der Firma Kern wird ein Klapprungensystem angeboten, das für die Verladung von Anhängern auf der Zugmaschine konzipiert ist und nicht für die Zwecke eines Schnittholz-Transportes geeignet ist, da die Rungen so in die Ladefläche geklappt werden, dass eine plane Auflage zur Beladung mit Schnittholz nicht mehr vorhanden ist.

Bei dem System der Firma GOSDAM Fahrzeugbau kann jeweils ein komplettes Rungenpaar mit Keilleiste auf die Ladefläche abgeklappt werden. Als nachteilig erweist sich bei diesem Modell jedoch die Tatsache, dass durch den Platzverbrauch

von Rungen und Keilleisten ein planes Verladen von Schnittholz oder palettierbarer Ware nicht möglich ist.

Das Modell der Firma Innofreight ist in der Klapprichtung dem Modell der Firma GOSDAM ähnlich. Als vorteilhaft erweist sich hier jedoch, dass jede Runge einzeln ohne Schemel gedreht werden kann. Durch das Abklappen der Rungen kann in Kürze die Basis für eine einfache Beladung geschaffen werden, bei der die Rungen weder seitlich, noch auf der Ladefläche im Weg sind. Für den Fall, dass die Ladung schmaler ist als die Ladefläche, können die Rungen nach der Verladung wieder aufgeklappt werden und bieten so die Grundlage für eine formschlüssige Ladungssicherung.

6.2.1.2 Ladeplattform

Eine Ladeplattform birgt den Vorteil, dass sich palettierbare Güter aller Art damit transportieren lassen. Die Ware ist dadurch wie bei jedem herkömmlichen LKW verladbar. Schutz der Ware vor den Keil- und Zahnleisten, sowie vor Spritzwasser wird dadurch überflüssig. In den offen gestellten Fragen des Fragebogens wurden auch mehrfach die Abmessungen der Schnittholz-Pakete als Problem für die Beladung genannt. Zum einen ist damit die Breite angesprochen, zum anderen ist aber auch die Länge entscheidend. Denn im Sägewerk können die ca. 13 m langen Ladeflächen der handelsüblichen Planen-LKW in Längsrichtung lückenlos verladen werden. Bei den Rundholz-LKW ist eine lückenlose Verladung und somit eine Auslastung des Ladevolumen nur unter bestimmten Umständen (Trailer oder passende Paketlängen bei Gliederzügen) möglich.

6.2.1.3 Schutz vor Spritz und Regenwasser

Für den Schutz gegen Spritzwasser ist eine Ladeplattform geeignet, wie sie oberhalb vorgestellt wurde. So ist in Groß-Sägewerken der Transport eines Großteils der getrockneten Ware möglich, wenn eine Ladeplattform genutzt wird und das Schnittholz in Folie verpackt ist. Zudem kann ungetrocknete Ware auch bei schlechtem Wetter transportiert werden, ohne aufwändig mit Planen gegen Verschmutzung durch Spritzwasser geschützt werden zu müssen.

Bei der Nutzung einer Ladefläche werden demnach zwei Fliegen mit einer Klappe geschlagen. Zum einen wird dem als wichtig erachteten Schutz vor Spritz und Regenwasser Rechnung getragen, zum anderen wird die, immerhin als mäßig wichtig betrachtete Ladeplattform bereitgestellt und so eine Auslastung des Ladevolumens unabhängig von der Paketgröße gewährleistet.

6.2.1.4 Ladekapazität, geeigneter Fahrzeugtyp

Die Ladekapazität ist bei Gliederzügen in Leichtbauweise und bei Trailern ausreichend. Wenn Trailer-Systeme genutzt werden, ist bei einem Eigengewicht von ca. 12 t noch genug Spielraum für eine Ladeplattform. Mit ca. 1 bis 2 t erhöhen sie das Gesamtgewicht auf ca. 13 bis 14 t. So ergibt sich immer noch eine Ladekapazität von ca. 26 t. Eine durchschnittliche Schnittholz-Fuhre kann demnach problemlos geladen werden und zudem ist ein Puffer von ca. 10 % des Ladegewichtes vorhanden.

6.2.1.5 Ladungssicherung

Um den Aufwand bei der Ladungssicherung auf ein akzeptables Maß zu reduzieren, sind die Pakete formstabil miteinander zu verbinden. Dies kann durch Zurrgurte geschehen, deren Zurrkraft höher ist als der Wankfaktor. Anders als bei der kraftschlüssigen Ladungssicherung durch Niederzurren ist hier nicht der Anpressdruck sondern die Vorspannkraft (die meist wesentlich höher ist) zu nutzen. Durch diese Maßnahme gegen Kippen gesichert, können im Folgenden aufgezählte, auf dem Markt gängige Mittel die Ladungssicherung auf ein erträgliches Maß reduzieren.

6.2.1.6 Stirnwand

Bei der Nutzung einer Stirnwand kann das geladene Holz formschlüssig an diese verladen werden. Da die Massenkräfte in Längsrichtung (die Kräfte, die beim Bremsen in Fahrtrichtung wirken) durch eine Stirnwand mit entsprechender Belastbarkeit aufgefangen werden, muss nur noch gegen die Kräfte in Querrichtung

(die Kräfte, die bei der Kurvenfahrt quer zur Fahrtrichtung wirken) gesichert werden. Bei der Verladung von Holz auf Holz oder der Verwendung von Antirutschmatten (siehe Kapitel 6.2.1.7) wird eine zusätzliche, kraftschlüssige Ladungssicherung durch Zurrgurte so rechnerisch überflüssig. Aus Sicherheitsgründen wird jedoch empfohlen trotzdem durch jeweils zwei Zurrgurte pro Stapel zu sichern.

6.2.1.7 Antirutschmatten

Der Reibbeiwert von Antirutschmatten wird je nach Herstellern mit $\mu_D = 0,6$ bis $0,95$ angegeben. Der Sicherungsaufwand gegen Verrutschen reduziert sich somit bei kraftschlüssiger Ladungssicherung durch Niederzurren auf max. zehn Zurrmittel bei 23 t Ladung. Wird in Längsrichtung zusätzlich durch eine Stirnwand kraftschlüssig gesichert, ist eine weitere Ladungssicherung überflüssig. Mit Preisen ab 16 €/qm ist die Anschaffung keine große Investition. Als problematisch könnte sich lediglich der Platzverbrauch während des Rundholz-Transports gestalten. Bei der Anschaffung ist daher schon vorab zu klären, wo die Matten verstaut werden, wenn sie nicht in Gebrauch sind.

6.2.1.8 Zurrgurte

Durch die Nutzung von Spanngurten mit einer höheren Vorspannkraft entstehen zwar für den einzelnen Gurt höhere Kosten. Da die für die Ladungssicherung benötigte Anzahl dadurch gesenkt wird und sich die Zeit zum Anlegen der Gurte dementsprechend verkürzt, ist der höhere Anschaffungswert bei Gesamtbetrachtung der Ladungssicherung effektiv eine Reduktion der Kosten.

Die zusätzlich benötigten Zurrgurte zur Ladungssicherung verursachen insofern nur minimale Kosten, als das die Haltbarkeit der Gurte bei Rundholz zwischen einem halben bis einem Jahr liegt. Im Vergleich dazu kann bei der Beförderung anderer Frachtgüter unter Zuhilfenahme von Kantenschonern die Nutzungsdauer bis zu fünf Jahren betragen. Der Verschleiß der Zurrmittel beim Schnittholztransport mit Rundholz-LKW ist dementsprechend nahezu vernachlässigbar gering.

6.2.2 Organisatorische Lösungsmöglichkeiten

6.2.2.1 Erhöhen des Informationsgrades

Die einfachste, gleichzeitig jedoch auch die ineffektivste Methode ist das **Einbinden der Rundholzfrächter in die Auftragsvergabe der Schnittholz-Distribution**. Dies kann zum Beispiel durch eine Vergabe von Zugangsdaten für die Internetportale geschehen, auf denen die Schnittholz-Frachten versteigert werden. Der Kostenaufwand dafür ist gering und ein nachteiliger Effekt für das Sägewerk ist nicht zu erwarten. Interessierten Rundholz-Spediteuren wird so die Möglichkeit gegeben Schnittholz zu transportieren, sie müssen jedoch, wie die Schnittholz-Spediteure auch, darum bieten. Eine Kosteneinsparung entsteht dem Sägewerk demnach immer dann, wenn ein Rundholz-Spediteur das günstigste Gebot abgibt, oder bei einer öffentlichen Versteigerung das Gebot nach unten treibt. Die Tourenplanung erfolgt durch den Rundholz-Spediteur, der durch eine Kosten-Nutzen-Rechnung abschätzen muss, ob ein Gebot wirtschaftlich sinnvoll ist. Problematisch daran ist das Informationsdefizit, das in zwei Punkte gegliedert werden kann. Zum einen laufen beim Rundholz-Spediteur nicht alle Rundholz- und alle Schnittholzrelationen zusammen. Dementsprechend werden zwangsläufig auch nicht alle rentablen Kombinationen entdeckt. Zum anderen kann es durch Probleme bei Schnittholz-Transporten mit Rundholz-LKW zu kostspieligen Verzögerungen des Transportes kommen, die dem gewünschten Effekt der Kosteneinsparung entgegenwirken. Die zu erwartende Beteiligung wird daher eher niedrig sein.

Eine weitere Möglichkeit ist das **Einbeziehen der Rundholzfrächter in die Schnittholz-Distribution mit Bereitstellung von Zusatzinformationen**. Um mögliche Probleme im Vorfeld kalkulieren zu können, die durch die Nutzung der Spezialfahrzeuge entstehen können, sollen hier jedoch Zusatzinformationen zu den Frachten angegeben werden. Wichtig für die Rundholz-Spediteure sind Informationen zu:

- Stapelgröße (um die Möglichkeit der Beladung abschätzen zu können. Breite und Länge der Stapel sind hier ausschlaggebend),
- Verpackungsart (um den Aufwand für den Schutz gegen Spritz- und Regenwasser abschätzen zu können),
- Gewicht (um eine Überladung ausschließen zu können),

- Entladung (ist ein Gabelstapler mit ausreichendem Hub vorhanden),
- Wartezeiten (wie hoch sind die durchschnittlichen Wartezeiten beim Schnittholz-Abnehmer),
- Sammelladungen (um den Zeitaufwand für die wiederholten Wartezeiten einplanen zu können).

Wenn durch geschickte Filterfunktionen die Ausschlusskriterien für Fahrten selbst gewählt werden können, ist es möglich, Touren zu planen, bei denen böse Überraschungen ausbleiben. Die Beteiligung der Rundholzfrächter und somit auch die Kosteneinsparung werden dementsprechend erhöht. Je nach Vergabeplattform ist jedoch auch ein unterschiedlich hoher Anstieg der Kosten zur Bereitstellung der Informationen zu erwarten.

Eine dritte Möglichkeit ist das **Anbieten von kompletten Rundläufen durch das Sägewerk**. Die Lösung für eine größtmögliche Einsparung der Transportkosten ist das zentrale Bearbeiten der Daten von Einkauf und Verkauf. Wenn alle Informationen durch das Sägewerk nach passenden Relationen durchsucht werden, können auch alle kombinierbaren Relationen gefunden werden. Die Umfrage hat gezeigt, dass Rückfrachten von nahezu allen Rundholzfrächtern angenommen würden (vorausgesetzt es werden realistische Frachtpreise vereinbart). Im Sinne der Reduktion von Leerfahrten, der Minimierung von Transportmitteln und der Auslastung der Transportmittel wäre durch diese Methode das maximal Mögliche erreicht. Ungeklärt ist jedoch, wie kostenintensiv die Bereitstellung dieser hochgradigen Informationen durch die Datenzusammenführung und -verarbeitung sein wird.

6.2.2.2 Reduktion der Aufenthaltskosten der Rundholzfrächter

Da die Rundholzfrächter teure Spezialanfertigungen benötigen sind auch die Kosten entsprechend hoch. Sowohl beim Rundholztransport, im Besonderen aber auch beim Schnittholztransport werden die Wartezeiten deshalb von den Frächtern kritisch beurteilt werden. Durch die Einführung des elektronischen Fahrtenschreibers werden auch die Wartezeiten im Werk als Fahrzeit verbucht, da ein ständiges Nachrollen der LKW in der Warteschlange erforderlich ist.

Bei Warteschlangentheoretischen Überlegungen zur Berechnung der optimalen Anzahl an Bedienungskanälen spielen zwei Kosteneinflussgrößen eine Rolle:

1. Die Kosten der Bedienungssysteme, also die Kosten, die dem Sägewerk für Be- und Entladung entstehen
2. Die Aufenthaltskosten der Kunden (in diesem Fall Dienstleister), also die Kosten, die den Frächtern während des Wartens auf die Bedienung entstehen.

Die Kosten für den Aufenthalt werden zwar im ersten Augenblick nicht vom Sägewerk getragen. Doch bei einer branchenübergreifenden Betrachtung müssen die Frächter die ihnen anfallenden Kosten an den Verbraucher, also das Sägewerk, weitergeben. Somit entsteht zwangsläufig eine Wechselwirkung, die einen Kostenschluss zurück zu den Sägewerken findet. Denn nur wenn für die Frächter finanzielle Spielräume vorhanden sind, können diese im Rahmen des Wettbewerbs günstigere Frachttarife bieten oder annehmen.

Da sich die Aufenthaltskosten der Kunden durch die oben genannten Gründe gesteigert haben, ist das bis dahin gewählte Modell zu überprüfen. Da LKW im stehenden Zustand nur Kosten verursachen, ist die Einrichtung von **Parkplätzen mit Abruffunktion** denkbar, um Pausen der Fahrer zu gewährleisten. Wenn es den Schnittholzfrächtern möglich gemacht wird, die Zeit, oder auch nur einen Teil davon, auf dem Sägewerksgelände als Ruhezeit zu nutzen, entfallen auch die Kosten für diese Wartezeit. Im Sinne eines dynamischen Modells könnte ein Parkplatz als Warteraum zur Verfügung gestellt werden. Wenn die Wartezeit voraussichtlich 15 Minuten übersteigt, könnten die Rundholz-LKW nach der Anmeldung dort abgestellt und durch ein Aufrufsystem zum Bedienungssystem gerufen werden. Das Prinzip gleicht dem Nummern Ziehen in Meldeämtern etc. und ist bekannt und bewährt.

Die technischen Möglichkeiten zur Einrichtung einer Aufruffunktion sind dabei vielfältig und reichen von Funkgeräten über Pager bis hin zu großen Nummerntafeln und Lautsprecherdurchsagen. Die Kosten dafür sind überschaubar. Die Wartezeiten, die sich im Mittel auf 34 Minuten pro LKW belaufen verursachen hingegen einen wirtschaftlichen Schaden von 43,54 €/h. Pro LKW-Ladung fallen demnach im durchschnitt 24,67 € an. Auch wenn Sägewerke diese Tatsache oftmals leichthin herunterspielen können diese Kosten real und exakt festgestellt werden und fallen in

einer Gesamtbetrachtung auch auf das einzelne Sägewerk zurück. Ein Teil der Aufenthaltskosten der Dienstleister kann durch diese Maßnahme vermieden werden. Eine **Reduktion der Wartezeiten für Schnittholz-Rückfrachten** ist ebenfalls denkbar. Wenn durch ein Sägewerk Bestrebungen bestehen, Schnittholz-Rückfrachten durchzuführen, kann die Summe der eingesparten Kosten zusätzlich gesteigert werden. Im Zuge eines partnerschaftlichen Arbeitsverhältnisses können die Rundholz-LKW bei der Schnittholz-Beladung den Planen-LKW vorgezogen werden, so dass eine effektive Verladung mit geringen Wartezeiten gewährleistet wird. Solche Kooperationen werden beim Schnittholztransport mit Schnittholzfrächtern bereits erfolgreich eingegangen und führen insbesondere in Stoßzeiten zu einer deutlichen Reduktion der Standzeit im Werk. Durch diese Maßnahme können pro reduzierter Stunde Wartezeit ca. 10 € gespart werden.

6.2.3 Potenzial von Schnittholz-Rückfrachten

Nachfolgend werden die Transportkosten zweier Transportmodelle gegeneinander aufrechnet. So kann in der Praxis grob eingeschätzt werden, ob mögliche Relationen durch Schnittholz-Rücktransport wirtschaftlich sind.

6.2.3.1 *Grundannahmen für die Kostengegenüberstellung*

Da für die Entscheidung über die Durchführung einer Transportart nicht die theoretische Machbarkeit, sondern die entstehenden Kosten relevant sind, wird in diesem Kapitel eine Kostengegenüberstellung durchgeführt. Verglichen werden die Kosten des traditionellen Transportzyklus, mit dem Zyklus von Schnittholz-Rückfrachten durch Rundholz-LKW. Die vorangehenden Kapitel haben gezeigt, dass ein Schnittholztransport unter bestimmten Bedingungen mit Rundholz-LKW ohne Beschädigung der Ware und ohne Einschränkung in der Zuladung möglich ist. Bei denjenigen Transporten, die eine Schnittholz-Fracht mit Rundholz-LKW technisch zulassen, sollten demnach die Kosten als Entscheidungsmerkmal für die Vergabe herangezogen werden.

Zur Berechnung der Kosten werden die Zeiten ermittelt, die beim Gütertransport entstehen. Dazu gehören sowohl die Fahrtzeiten (Lastfahrt und Leerfahrt), als auch die Verweilzeiten am Be- bzw. Entladeort. Im Anschluss werden die Zeiten mit den

jeweiligen Kosten pro Maschinenarbeitsstunde (MAS) verrechnet und die anfallende Autobahnmaut addiert. Kosten, die in beiden Transportmodellen identisch auftreten werden nicht berücksichtigt, da sie sich auf die Kostendifferenz nicht auswirken.

6.2.3.2 Konventioneller Transportzyklus

Der Transportzyklus für den Rundholz-LKW besteht, wie in Abbildung 22 links dargestellt, aus Last- und Leerfahrt, sowie den Verweilzeiten im Wald und im Sägewerk.

Der Transportzyklus für das Schnittholz ist ähnlich aufgebaut (vgl. Abbildung 22 rechts). Es besteht eine Verweilzeit im Sägewerk, bei der im Gegensatz zum Rundholz-Kreislauf beladen wird. Einer Lastfahrt hin zum Schnittholz-Abnehmer folgt erneut eine Wartezeit, diesmal für die Entladung. Und letztendlich wird wieder eine Leerfahrt zum nächsten Kunden, oder zurück zum Sägewerk nötig.

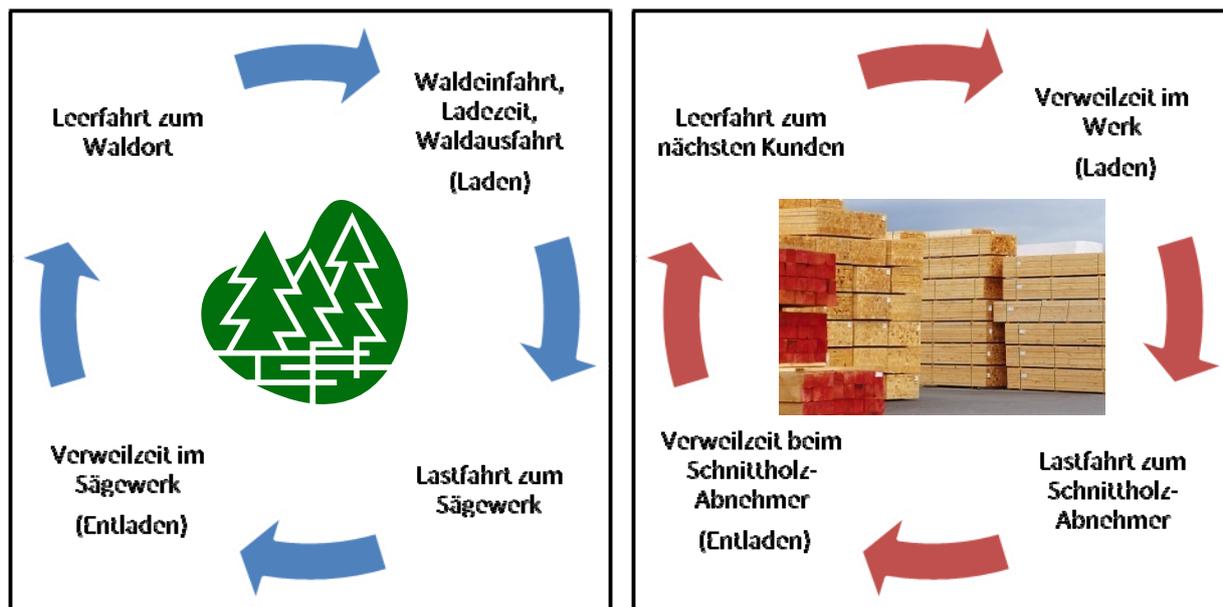


Abbildung 22: konventionelle Transportzyklen (links Rundholz, rechts Schnittholz)

6.2.3.3 Transportzyklus Schnittholz-Rücktransport mit Rundholz-LKW

Durch die Kombination zweier Relationen zu einem Ringschluss können die zwei getrennten Transportzyklen aus Abbildung 22 zusammengeführt werden.

Der Vorteil, der sich aus dieser Methode ergibt ist die Reduktion um eine Leerfahrt, da der Rundholz-LKW das Sägerundholz auf demselben Werksgelände entlädt, auf dem er auch Schnittholz laden kann. In Abbildung 23 ist dies mit einem grünen Pfeil dargestellt. Zudem erfolgt eine Reduktion der Leerfahrten, indem Relationen kombiniert werden, bei denen Rundholz-Lager und Schnittholz-Konsument nahe zusammen und in etwa in der gleichen Fahrtrichtung liegen. Die Leerfahrt des Rundholz-LKW wird somit auf die Strecke zwischen Schnittholz-Abnehmer und Waldort reduziert.

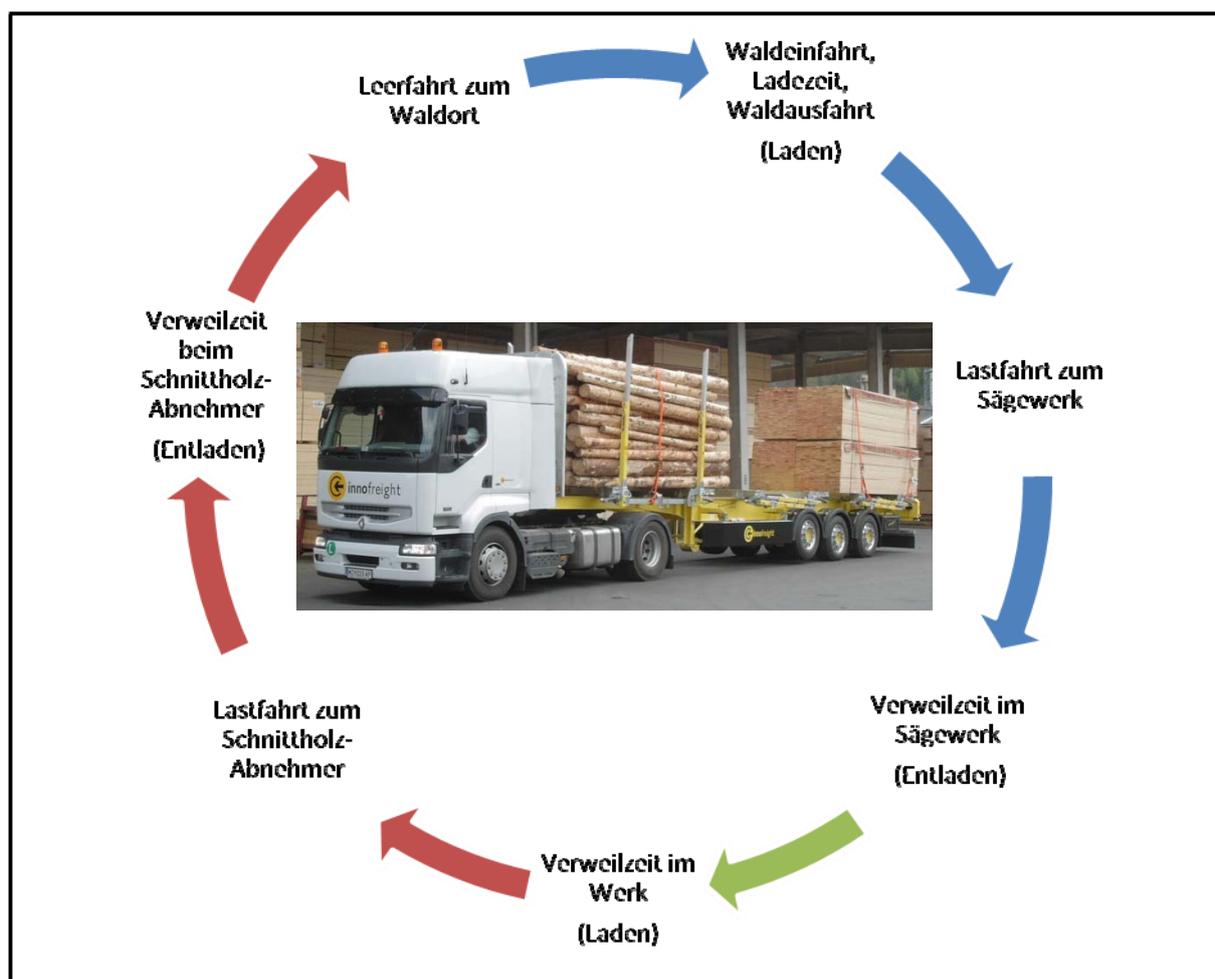


Abbildung 23: Transportzyklus für den Schnittholz-Rücktransport mit Rundholz-LKW
(Rundholztransport blau, Schnittholztransport rot, entfallende Leerfahrt grün)

6.2.3.4 Kostengegenüberstellung

Die Berechnung der Kosten pro Maschinenarbeitsstunde (MAS) erfolgte in Anlehnung an bestehende Berechnungen, allerdings angepasst an veränderte

Rahmenbedingungen und Preise. Sie ist im Detail im Anhang der Arbeit von LOIBL (2009) aufgeführt und geht von 100 % Fremdfinanzierung aus.

Abbildung 24 zeigt auf der Abszisse die Transportentfernungen vom Schnittholz-Abnehmer zum Rundholz-Lagerplatz, auf der Ordinate die Entfernungen vom Sägewerk zum Schnittholz-Abnehmer. Die eingezeichneten Linien markieren die Entfernungen, bei denen Schnittholz-Rückfrachten genauso kostenintensiv sind wie der konventionelle Transportzyklus. Für alle Kombinationen von Transportentfernungen, die auf dem Koordinatensystem links über der jeweiligen Datenreihe bzw. der dazugehörigen Trendlinie liegen, ist durch Schnittholz-Rückfrachten eine Kosteneinsparung zu erzielen.

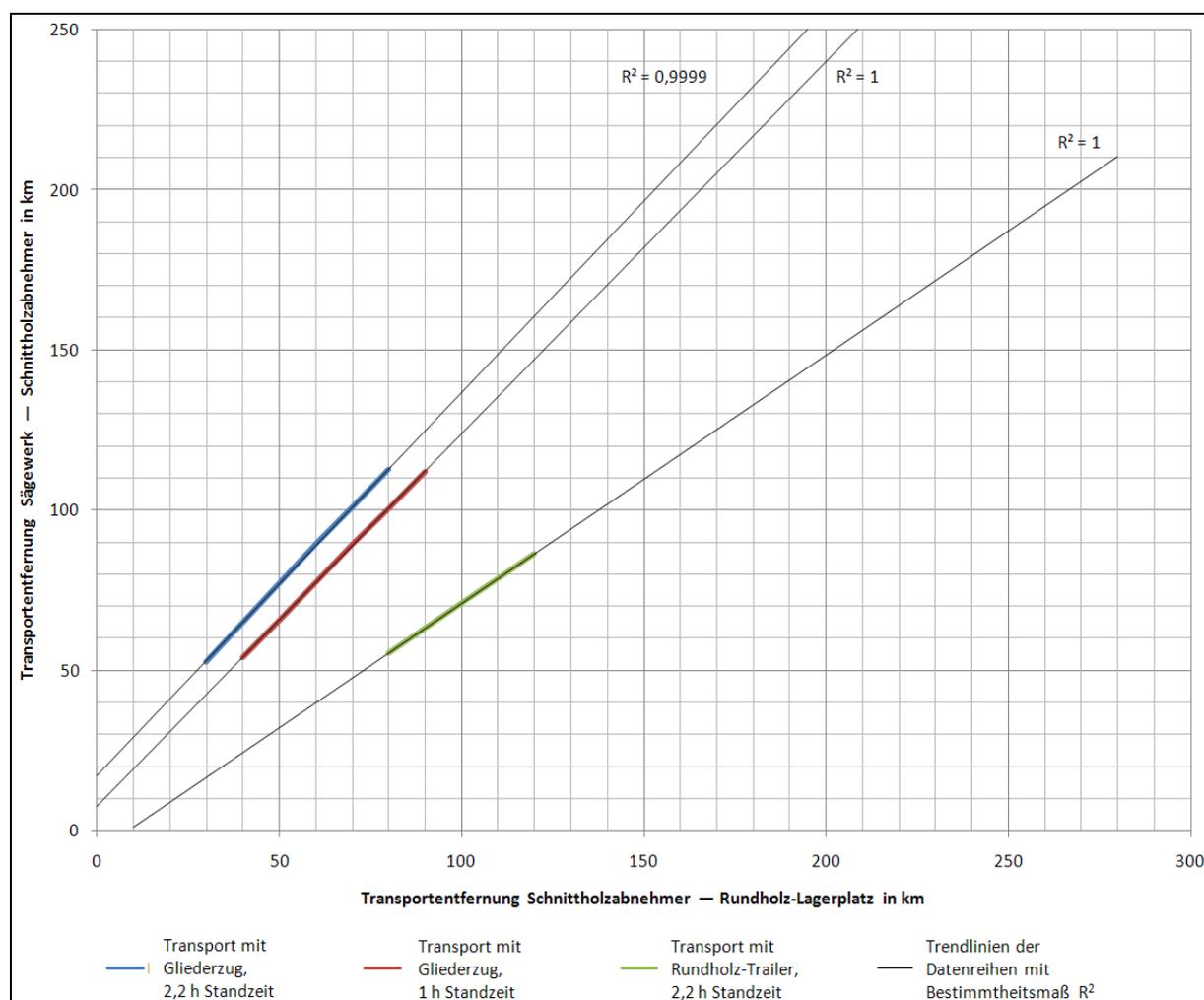


Abbildung 24: Transportentfernungen ohne Kostendifferenzen zwischen dem Transport mit Rundholz-LKW und mit Straßen-LKW

Deutlich ist bei Schnittholz-Rückfrachten mit Gliederzügen die Abhängigkeit von der Wartezeit zu beobachten. Durch eine schnelle Abwicklung der Beladung im Sägewerk (z. B. eine Reduktion der Standzeit auf 1 h) kann bei sonst gleichbleibenden Parametern (Kosten und Transportentfernung) wahlweise die Transportstrecke zwischen Sägewerk und Schnittholz-Abnehmer um durchschnittlich 11,5 km gesteigert, oder eine Kostenreduktion von 12,10 € erzielt werden.

Bei der Betrachtung des Rundholz-Trailers ist der Kostenunterschied zum Planen-LKW nicht wesentlich durch die Wartezeiten beeinflusst (0,62 € Differenz bei einer Reduktion der Standzeit von 2,2 h auf 1 h), da die Fixkosten (Kosten im Stand) nahezu identisch sind. Im Vergleich zum Gliederzug fällt jedoch die flacher verlaufende Datenreihe auf, die noch bei längeren Leerfahrten vom Schnittholz-Abnehmer zum Rundholz-Lagerplatz eine Kosteneinsparung bewirkt und bei gleichen Entfernungen eine höhere Kostenersparnis realisiert.

6.2.4 Fazit Schnittholz-Rückfrachten

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass Schnittholz-Rückfrachten sowohl technisch, als auch organisatorisch möglich sind. Die Frage nach der zukünftigen Ausprägung des Einsatzes wird von den Kraftstoffkosten dominiert und mit steigenden Dieselpreisen zunehmen. Eine regelrechte Einführung der Rückfrachten wird jedoch von der Experimentierfreudigkeit Einzelner abhängen. Wie groß diese sind muss in weiteren Arbeiten geklärt werden. Einen Anfang dafür könnte durch die Erfassung der Kosten zur Bereitstellung von kompletten Rundläufen durch die Sägewerke darstellen.

Weitere Ausführungen zu diesem Teilprojekt finden sich bei LOIBL (2009).

7 Kooperationen im Rundholztransport

Bedingt durch die aktuelle wirtschaftliche Situation des Rundholztransportgewerbes (hohe Transportkosten, sinkende Transportpreise, rückläufige Transportauftragszahlen, hoher Konkurrenzdruck) sind viele Spediteure in einer wirtschaftlichen Notsituation, die durch die Effekte der aktuellen Weltwirtschafts- und Finanzkrise noch verstärkt wird. Zahlreiche Speditionen sind nicht in der Lage, diese Situation alleine zu überwinden und stehen vor der Insolvenz. Teilziel des Projektes war daher die Entwicklung von Kooperationsmodellen, die es den Speditionen ermöglichen sollen, ihren Transport gemeinsam zu optimieren. Der Fokus lag dabei auf einer Reduktion der Transportkosten durch eine Zusammenarbeit hinsichtlich einer effizienteren Transportplanung.

7.1 *Vorgehensweise*

Die methodische Herangehensweise bei der Bearbeitung des Themas beinhaltete drei Elemente: Literaturrecherche, Modellentwicklung sowie Experteninterviews (siehe Abbildung 25).

Ziel der Literaturrecherche war es, den „Status Quo“ bezüglich Kooperationen im Rundholztransport zu erarbeiten. Die Literaturstudie umfasste wissenschaftliche Veröffentlichungen, Fachartikel und Lehrbücher zu den Grundlagen von Kooperationen, Optimierungspotenzialen im Rundholztransport sowie Kooperationsbeispiele aus der Forst- und Holzbranche. Die Ergebnisse der Literaturstudie bildeten die Grundlage für die Entwicklung der Kooperationsmodelle. Dabei standen folgende Fragestellungen im Vordergrund:

- Was ist die Zielsetzung der Kooperation?
- Welche Einsparungspotenziale hinsichtlich der Transportkosten ergeben sich durch die Kooperation?
- Welche Organisationsstruktur besitzt die Kooperation?
- Wie wird die Kooperation durchgeführt und welche Voraussetzungen müssen dafür gegeben sein?
- Wie sollen die anfallende Kosten innerhalb der Kooperation aufgeteilt werden, und welche Finanzierungsmöglichkeiten gibt es?

- Welche rechtlichen Grundlagen müssen im Rahmen der Kooperation beachtet werden?

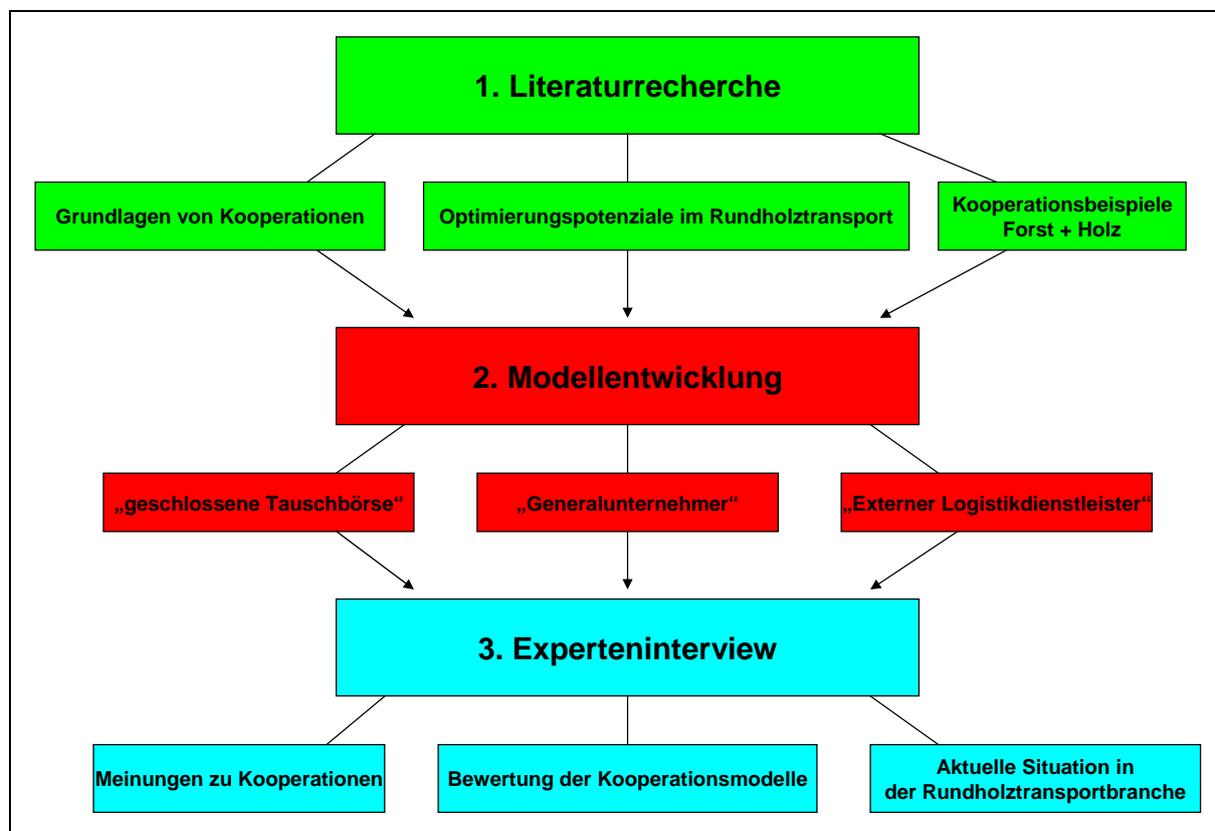


Abbildung 25: Vorgehensweise im Teilprojekt Kooperationen

Ziel der Experteninterviews war es, Praxismeinungen zu den entwickelten Kooperationsmodellen zu erhalten. Im Vordergrund der Befragung stand die Umsetzbarkeit der einzelnen Kooperationsmodelle. Die Experteninterviews wurden im März 2009 durchgeführt. Interviewpartner waren die Geschäftsführer von sieben Rundholzspeditionen. Die Speditionen besitzen zwischen drei und acht LKW und sind im Kurzholztransportgeschäft tätig. Die Unternehmen sind alle im südbayerischen Raum angesiedelt. Grundlage der Interviews war eine vorhergehende Information der Spediteure über die entwickelten Kooperationsmodelle. Die Interviews wurden nach einem strukturierten Leitfaden geführt, der in vier Frageblöcke unterteilt war. Themenschwerpunkte der Frageblöcke waren die Struktur und die wirtschaftliche Situation im Rundholztransportgewerbe sowie im eigenen Unternehmen, Kooperationen im Allgemeinen, die einzelnen Kooperationsmodelle und ihre praktische Umsetzung.

7.2 *Kooperationsmodelle*

Das Hauptziel von Kooperationen im Bereich des Rundholztransportes ist die Reduzierung der Transportkosten durch eine Optimierung der Tourenplanung. Um die Transportplanung effizienter zu gestalten, sind die Bündelung von Ressourcen und die Schaffung von zentralen Strukturen (zentrale Disposition) von großer Bedeutung. Werkzeuge der Tourenoptimierung sind die Bildung von Rückfrachten, die Organisation von Rundläufen und allgemein die Reduzierung des Leerfahrtenanteils. Durch das Einbeziehen dieser Möglichkeiten in die Transportplanung können Fahrstrecken verringert und damit Transportkosten gesenkt werden. Aufgabe von Kooperationen ist es, diese Potenziale zu realisieren und so durch gemeinsame Anstrengungen eine Verbesserung der wirtschaftlichen Situation für die jeweiligen Partner zu erreichen.

Für eine funktionierende, dauerhaft stabile und langfristig erfolgreiche Kooperation ist eine Reihe von Faktoren entscheidend. In erster Linie ist von den Spediteuren Eigeninitiative gefordert. Dies schließt das Vertrauen in die möglichen Partner, den Willen zu einer langfristigen Zusammenarbeit, das Erarbeiten gemeinsamer Zielsetzungen (Kooperationsvereinbarung) und auch die Motivation zur Investition mit ein. Vertrauen bildet das Fundament einer Kooperation, da ohne dieses jegliche Form der Zusammenarbeit zum Scheitern verurteilt ist. Eine weitere Voraussetzung ist die Beachtung der rechtlichen Vorschriften (EU-Kartellrecht, GWB, Arbeitsrecht).

7.2.1 **Kooperationsmodell „geschlossene Tauschbörse“**

Beim Kooperationsmodell „geschlossene Tauschbörse“, an dem eine begrenzte Anzahl von Spediteuren teilnehmen kann, geht es um die Möglichkeit, Transportaufträge untereinander Tauschen zu können. Sinnvoll wäre eine Zusammenarbeit von Spediteuren, die in derselben Region tätig sind und so mehrheitlich dieselben Kunden (Abnehmer) haben. Die teilnehmenden Spediteure sollten im Vorfeld der Kooperation eine Tauschbörsenordnung festlegen, welche die Tauschprinzipien, Arbeitsqualität-, Mitglieder- und Haftungsregelungen bestimmt. Die Tauschbörse basiert auf den Prinzipien von Internetfrachtbörsen (vgl. z. B. TimoCom), bei denen die Vermittlung von Ladung und Laderaum im Vordergrund steht. Der Unterschied zu den Internetfrachtbörsen besteht darin, dass es bei diesem Modell zu

Auftragstauschgeschäften zwischen den beteiligten Spediteuren kommen soll. Jeder Spediteur kann Transportaufträge per Internet auf der gemeinsamen Plattform der „geschlossenen Tauschbörse“ (Internetserver mit entsprechender Software als Schnittstelle zwischen den Spediteuren) platzieren und zum Tausch anbieten (siehe Abbildung 26).

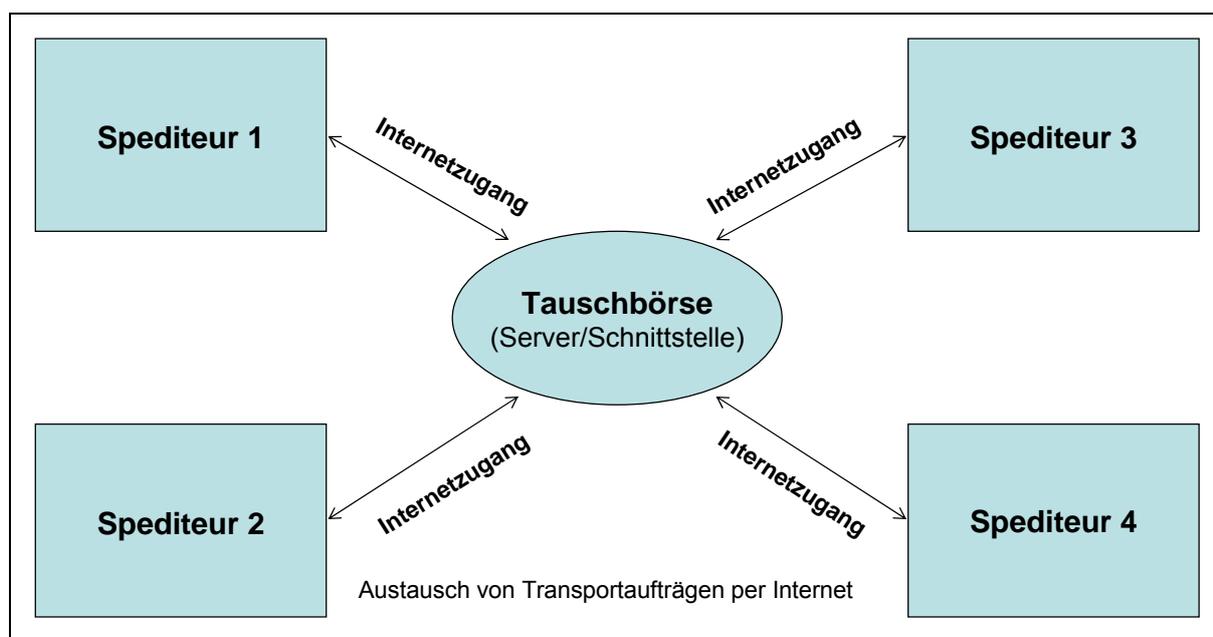


Abbildung 26: Kooperationsmodell „geschlossene Tauschbörse“

Es besteht auch die Möglichkeit, einzelne Ladungen zum Tausch anzubieten. Dabei sollen grundsätzlich zwei Arten von Tauschgeschäften möglich sein:

1. Volumen gegen Volumen (Ladung gegen Ladung)
2. Volumen gegen Provision (zwischen Spediteuren frei verhandelbar)

Die Auftragstauschgeschäfte werden persönlich zwischen den Spediteuren vereinbart. Bei Tauschgeschäften nach dem ersten Prinzip findet keine finanzielle Verrechnung statt. Das Prinzip beruht auf einem gegenseitigen „Geben und Nehmen“. Bei einem Tauschgeschäft nach dem zweiten Prinzip wird vorher die Provision zwischen den Spediteuren frei verhandelt. Eine weitere Möglichkeit, die sich über die gemeinsame Plattform der Tauschbörse bietet, ist das Anbieten von Frachtbeteiligungen bei Kapazitätsmangel eines Spediteurs zur Erfüllung eines Transportauftrages. Diese Auftragsbeteiligungen können im Rahmen eines Auktionsmodells angeboten und vergeben werden.

Durch Tauschgeschäfte innerhalb der „geschlossenen Tauschbörse“ soll es den beteiligten Spediteuren möglich sein, bezüglich der Transportkosten ihre Tourenplanung eigenständig zu verbessern. Die Reduktion des Leerfahrtenanteils steht dabei im Mittelpunkt des Interesses. Durch einen geschickten Tausch von Transportaufträgen oder Ladungen können Rückfrachten gebildet und damit effizientere Rundläufe geplant werden.

7.2.2 Kooperationsmodell „Generalunternehmer“

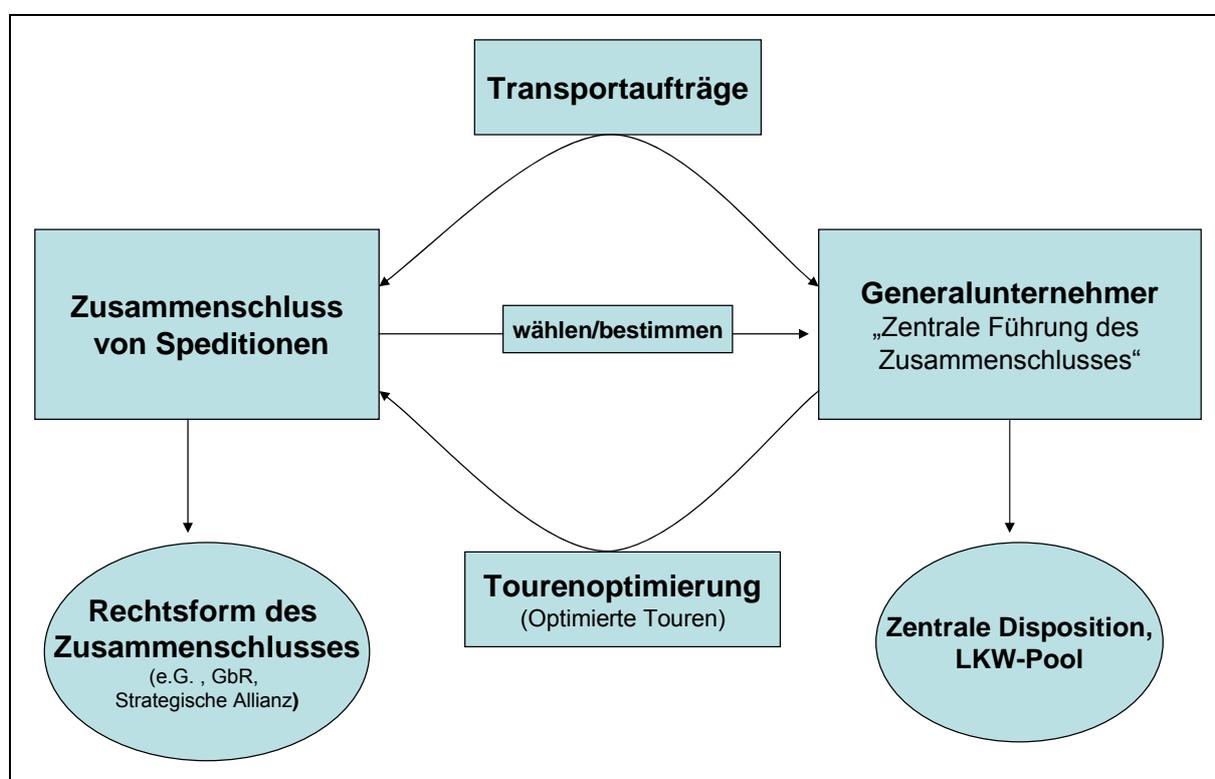


Abbildung 27: Kooperationsmodell „Generalunternehmer“

Das Kooperationsmodell sieht vor, dass sich eine Anzahl von Spediteuren, die möglichst in derselben Region tätig sind, zusammenschließen. Der Zusammenschluss kann verschiedene Formen haben. Möglich wäre z. B. die Gründung einer Genossenschaft. Der Frächterzusammenschluss wählt zunächst einen an der Kooperation beteiligten Spediteur als Vertreter, der als Generalunternehmer für den Zusammenschluss auftritt und folgende Kernaufgaben, die in

der gemeinsam beschlossenen Kooperationsvereinbarung festgelegt sind, übernehmen soll:

- zentrale Disposition
- Organisation und Optimierung der Tourenplanung
- Koordination und Kontrolle

Das Kooperationsmodell lässt sich in zwei mögliche Varianten bezüglich der Funktionsweise und des Aufgabenspektrums des Generalunternehmers weiter unterteilen.

Variante A

Die Spediteure des Zusammenschlusses geben einen Teil oder ihre gesamten Transportaufträge an den Generalunternehmer weiter. Dieser kann nun aus den vorhandenen Auftragsdaten die optimalen Transportrouten mit Hilfe einer Tourenoptimierungssoftware erarbeiten. Diese optimierten Transportpläne werden anschließend vom Generalunternehmer an die jeweiligen Spediteure übermittelt, so dass diese die Transportaufträge ausführen können. Die Kernaufgabe bei dieser Variante für den Generalunternehmer ist die zentrale Tourenplanung für den Zusammenschluss der Spediteure.

Variante B

Bei dieser Variante stellen die beteiligten Spediteure dem Generalunternehmer einen Teil ihrer LKW zur freien Verfügung. Dadurch kommt es zu einer Bündelung von Ressourcen, mit denen der Generalunternehmer im Sinne des Zusammenschlusses frei agieren kann. Zusätzlich überlassen die Spediteure dem Generalunternehmer einen Teil ihrer Transportaufträge. Zudem kann der Generalunternehmer, im Gegensatz zu Variante A, im Namen des Zusammenschlusses selbstständig über neue Transportaufträge für die gebündelten LKW-Kapazitäten verhandeln und diese abschließen. Der Generalunternehmer steuert also zentral und selbstständig einen Teil der Kapazitäten (LKW), organisiert und erstellt auf Grundlage der vorhandenen Transportdaten mit Hilfe einer Tourenoptimierungssoftware die optimalen Routen und führt die Transportaufträge aus. Der Generalunternehmer hat somit die

Kernaufgaben der zentralen Disposition und der Akquise (Auftragsbeschaffung) für den LKW-Pool im Auftrag des Zusammenschlusses.

7.2.3 Kooperationsmodell „externer Logistikdienstleister“

Das Kooperationsmodell „externer Logistikdienstleister“ sieht vor, dass sich eine beliebige Anzahl von Speditionen zu einer Transportgenossenschaft zusammenschließt und sämtliche Aufgabenbereiche, die die Transportplanung betreffen, an einen externen und unabhängigen Logistikdienstleister übertragen (siehe Abbildung 28). Die Transportgenossenschaft legt in einer Kooperationsvereinbarung (Genossenschaftsvertrag) ihre Zielsetzung fest. Sie wählt einen Genossenschaftsvorsitzenden, der im Namen der Genossenschaft Verhandlungen mit dem ausgewählten Logistikdienstleister führt, dessen Aufgaben festlegt und vertraglich fixiert.

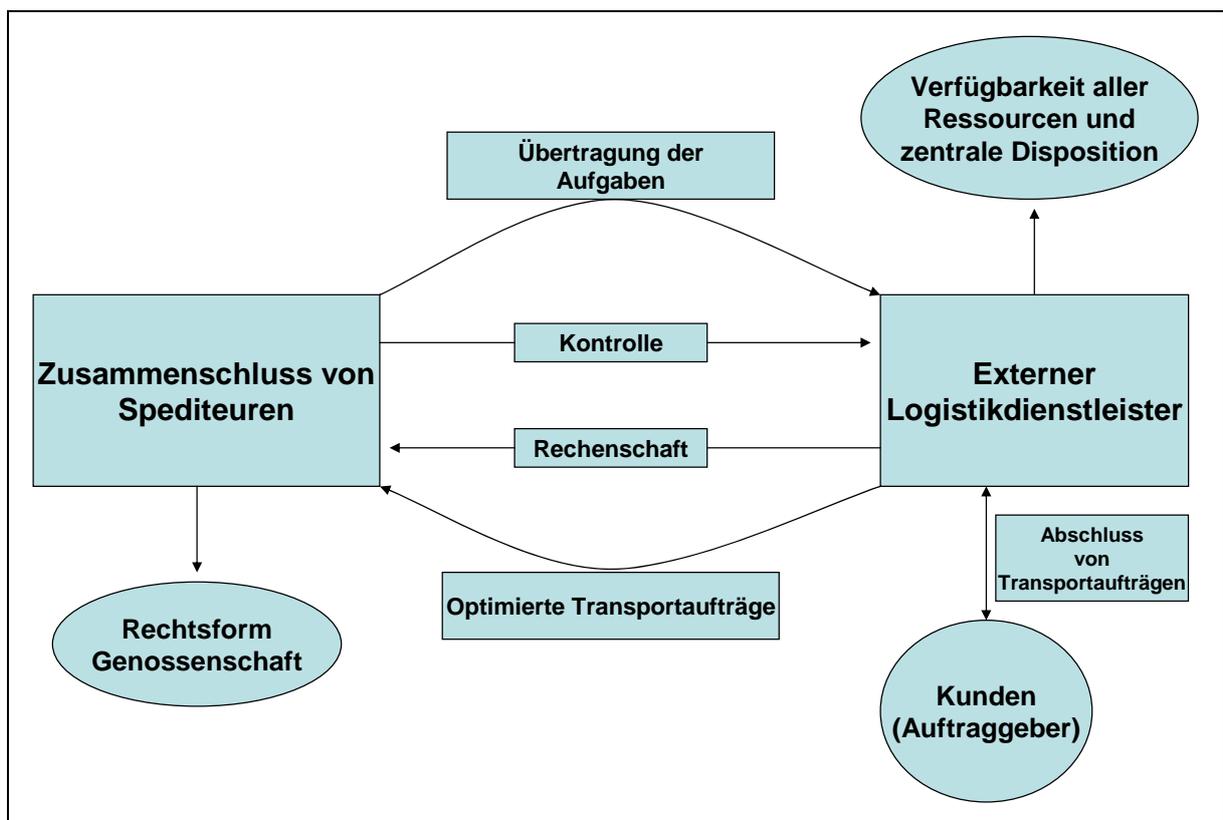


Abbildung 28: Kooperationsmodell „externer Logistikdienstleister“

Kern des Modells ist das Outsourcing der Geschäftsbereiche Kundenakquise, Transportplanung, Organisation, Kontrolle und Durchführung an einen externen

Logistikdienstleister. Dieser soll das Transportgeschäft der Transportgenossenschaft in allen Bereichen optimieren und damit effizienter sowie kostengünstiger gestalten (zentrale Strukturen bzw. Disposition). Die Genossenschaft muss dafür dem ausgewählten Logistikdienstleister die Unternehmensdaten eines jeden Spediteurs zur Verfügung stellen (Transportaufträge, Kundendaten, Interna/Preise etc.). Diese Daten werden in einer Datenbank dokumentiert und gespeichert. Der Logistikdienstleister übernimmt die von der Genossenschaft übertragenen Aufgaben und führt diese entsprechend der Zielsetzung aus. Zu seinen Aufgaben gehören folglich Auftragsbeschaffung, Tourenoptimierung und Planung, die Organisation von Rückfrachten, die Organisation und Kontrolle der Transportdurchführung, sowie die Vergabe der Transportaufträge bzw. einzelner Touren an die jeweiligen Spediteure der Genossenschaft. Sämtliche Vorgänge und Tätigkeiten, die der Logistikdienstleister im Namen der Genossenschaft ausübt und organisiert, werden in der Datenbank gespeichert und dokumentiert. Der Logistikdienstleister hat die Pflicht, der Genossenschaft zu bestimmten Zeitpunkten einen Rechenschaftsbericht vorzulegen.

7.2.4 Technische Voraussetzungen

Grundlage aller Kooperationsmodelle ist ein verfügbarer Internetzugang (Internetanschluss/PC), da die Kommunikation sowie der Austausch von Daten über das Internet stattfinden soll. Für die Kommunikation und den Datenaustausch sind eine einheitliche, den Bedürfnissen der entsprechenden Modelle angepasste Software sowie die Einrichtung einer Datenbank ebenfalls notwendig. Die Modelle „Generalunternehmer“ sowie „externer Logistikdienstleister“ sehen zudem den Einsatz einer für den Rundholztransport tauglichen Tourenoptimierungssoftware sowie von GPS-Navigationsgeräten vor. Für eine direkte Kommunikation und Datenübermittlung zwischen dem Disponenten und den jeweiligen Fahrern sollten zusätzlich mobile Bordcomputer mit einer einheitlichen Software zum Einsatz kommen.

7.2.5 Finanzierungsmöglichkeiten

Bei der Umsetzung der Kooperationsmodelle fallen Kosten an, die von den beteiligten Spediteuren zu zahlen sind. Je nach Kooperationsmodell ist die finanzielle Belastung unterschiedlich hoch. Generell fallen Kosten für die erforderliche technische Ausstattung (Hard- und Software) an. Beim Kooperationsmodell „geschlossene Tauschbörse“ sollen die anfallenden Kosten durch eine einmalige Anmeldegebühr sowie durch eine monatliche Grundgebühr finanziert werden. Bei den Modellen „Generalunternehmer“ und „externer Logistikdienstleister“ kommen neben den Kosten für die technische Ausstattung auch die Aufwandsentschädigung bzw. eine feste Dienstleistungsgebühr (Logistikdienstleister) hinzu. Diese Kosten sollen, gemäß einem vorher vereinbarten Verteilungsschlüssel, prozentual an die jeweiligen Spediteure verteilt werden. Die Kosten für die technische Ausstattung haben im Rahmen dieser beiden Modelle die beteiligten Spediteure selber zu tragen.

7.2.6 Ergebnisse der Experteninterviews

Die aktuelle wirtschaftliche Situation im Rundholztransport wird von allen Befragten als „sehr schlecht“ bis „ruinös“ eingeschätzt. Die Weltwirtschaftskrise bestimmt auch den Alltag in der Rundholztransportbranche. Verantwortlich für die schlechte Situation ist eine Vielzahl von Problemen, von denen einige „hausgemacht“ sind. Die Hauptprobleme bestehen in der aktuell schlechten Auftragslage im Rundholztransport, verbunden mit niedrigen Transportpreisen und hohen Transportkosten. Verstärkt werden diese Effekte durch vorhandene Überkapazitäten auf dem Markt, einen hohen Konkurrenzdruck und einen dadurch hohen Preisdruck. Hinzu kommen die auf hohem Niveau stagnierenden Treibstoffpreise, steigende Mautgebühren, die gesetzlichen Regelungen hinsichtlich der Beschränkung des zulässigen Gesamtgewichts auf 40 t sowie die neue Lenkzeitenverordnung (56 Stunden pro Woche), die für weitere Probleme sorgen.

Die aktuellen Probleme des Rundholztransportgewerbes beeinflussen maßgeblich die wirtschaftliche Situation der befragten Unternehmen. Alle Speditionen bezeichnen ihre eigene wirtschaftliche Lage und Zukunft als sehr schlecht bis „verheerend“. Unter den momentanen Bedingungen sei es nicht möglich,

gewinnbringend, geschweige denn kostendeckend zu wirtschaften. Einige Unternehmen stellen sich die Frage, wie lange man noch auf diese Weise existieren könne und haben Angst vor der drohenden Insolvenz.

Der Einsatz von moderner Technik bei der Tourenplanung spielt momentan bei den befragten Unternehmen nur eine untergeordnete Rolle. Einige Unternehmen nutzen GPS-Navigation im Rahmen der Transportdurchführung. Nur ein Unternehmen nutzt eine Speditionssoftware mit Map&Guide-Funktionen im Bereich der Tourenplanung. Eine Dispositions- oder Tourenoptimierungssoftware wird von keinem Unternehmen genutzt. Die Unternehmen bemängeln in diesem Zusammenhang das Fehlen einer funktionierenden Waldnavigation, die eine große Hilfe bei Planung und Durchführung der Transporte wäre.

Interessant war die Frage, ob die Unternehmen an einer Kooperation im Bereich des Rundholztransportes aktuell teilnehmen oder in der Vergangenheit teilgenommen haben sowie nach der Art und Form einer etwaigen Zusammenarbeit. Von den sieben Unternehmen waren drei Unternehmen nie an einer Kooperation beteiligt. Zwei Unternehmen haben in der Vergangenheit mit anderen Speditionen im Bereich des Ladungstausches zusammengearbeitet. Die Zusammenarbeit ist allerdings aus verschiedenen Gründen gescheitert. Vor allem mangelndes Vertrauen in die Kooperationspartner sowie unterschiedliche Auffassungen von Arbeitsqualität waren die Gründe für das Ende der Zusammenarbeit.

Im Rahmen der Interviews wurden die Unternehmen gebeten, eine Bewertung der einzelnen Kooperationsmodelle im Hinblick auf die praktische Umsetzung zu geben. Dabei sollten die Unternehmen Vor- und Nachteile, Verbesserungsmöglichkeiten und mögliche Probleme benennen. Die erste Einschätzung der befragten Unternehmen zu den entwickelten Kooperationsmodellen fiel sehr positiv aus. Alle Spediteure bezeichneten die Modelle als sinnvoll und vom Ablauf her schlüssig. Zugleich können sich die Speditionen eine praktische Umsetzung der Modelle vorstellen. Zwei Unternehmen bezeichneten die Kooperationsmodelle als Mittel der Wahl, um die Probleme im Rundholztransport in Zukunft lösen zu können. Alle Unternehmen sind jedoch der Meinung, dass in der aktuellen Situation, in der sich die Rundholztransportbranche befinde, keine große Bereitschaft zur Zusammenarbeit vorhanden sei. Gründe dafür seien das eher schlechte Verhältnis

der Speditionen untereinander, welches von Misstrauen und „Einzelkämpfer-Mentalität“ geprägt sei.

Die Kooperationsmodelle bieten nach Meinung der befragten Unternehmen eine Reihe von Vorteilen, die zu einer effizienteren Transportlogistik im Rahmen des Rundholztransportes führen könnten. Die positiven Elemente, die von allen Unternehmen genannt wurden, sind die Schaffung von zentralen Strukturen, eine verbesserte Organisation und die möglichen Einsparungspotenziale durch eine optimierte Transportplanung. Ein weiterer Vorteil wäre die Möglichkeit, innerhalb eines Zusammenschlusses ein gewisses Preisniveau durch gemeinsame Preisverhandlungen halten zu können. Des Weiteren könnten alle Abläufe und Prozesse, die die Transportplanung betreffen, verbessert und effizienter gestaltet werden. Die Kooperationsmodelle „Generalunternehmer“ und „externer Logistikdienstleister“ wurden von den Speditionen als die „zukunftsfähigsten“ Modelle bezeichnet. Durch die Bündelung von Kapazitäten, zentrale Strukturen und eine zentrale Disposition könnten die Marktposition gestärkt und die Transportkosten reduziert werden. Besonders das Modell „externer Logistikdienstleister“ wird von den Unternehmen sehr positiv bewertet, da die Leitung und Steuerung der Kooperation durch einen außen stehenden Dritten eine gewisse Neutralität gewährleiste. Dadurch sei die praktische Umsetzung des Modells (Faktor „Vertrauen“) wahrscheinlicher.

Hinsichtlich der möglichen Probleme bei der Umsetzung der Kooperationsmodelle sind sich alle befragten Spediteure einig. Das Kernproblem sei momentan die Vertrauensbildung. Bedingt durch die derzeitige Situation in der Rundholztransportbranche, bei der jedes Unternehmen ausschließlich auf sich selbst fixiert sei und jeder Spediteur eine „Einzelkämpfer-Mentalität“ an den Tag lege, scheine es unmöglich, eine Vertrauensbasis zu anderen Spediteuren aufzubauen. Ohne das erforderliche Vertrauen in die Partner und die damit verbundene Bereitschaft zur Zusammenarbeit sind alle Modelle in der Praxis zum Scheitern verurteilt. Auch im Bereich der Technik sehen die Spediteure Probleme bei der Umsetzung. Eine einheitliche Software für Organisation, Planung und Durchführung ist Grundvoraussetzung. Ohne eine zuverlässig funktionsfähige Tourenoptimierungssoftware, die alle notwendigen Variablen im Rundholztransport berücksichtigt (Auftragsabwicklung, Restmengenverwaltung, Aktionsradien der verschiedenen

Spediteure etc.), werden die Modelle in der Praxis, mit Ausnahme des Modells „geschlossene Tauschbörse“, nicht durchführbar sein. Ein weiteres Problem ist das Fehlen einer funktionsfähigen Waldnavigation. Auch das Verhältnis der Kooperationskosten (EDV, IT, Personal etc.) zu den erwarteten Einsparungspotenzialen muss darstellbar sein.

Prinzipiell sind aber alle Unternehmen zur Kooperation mit anderen Speditionen bereit. Als Gründe für eine mögliche Zusammenarbeit nennen die Spediteure die Reduktion der Transportkosten sowie eine nachhaltige Sicherung und Stärkung der eigenen wirtschaftlichen Zukunft. Als Zielsetzung nennen alle Unternehmen die Lösung der aktuellen Probleme (Frachtpreissituation, Mautgebühren, Transportkosten, Auftragslage etc.) durch eine langfristige, vertrauensvolle und kollegiale Zusammenarbeit.

7.2.7 Fazit Kooperationen

Hinsichtlich künftiger Kooperationen zwischen Speditionen im Rundholztransport müssen die aktuellen Hindernisse (siehe Abbildung 29), die eine Zusammenarbeit derzeit noch verhindern, beseitigt werden.

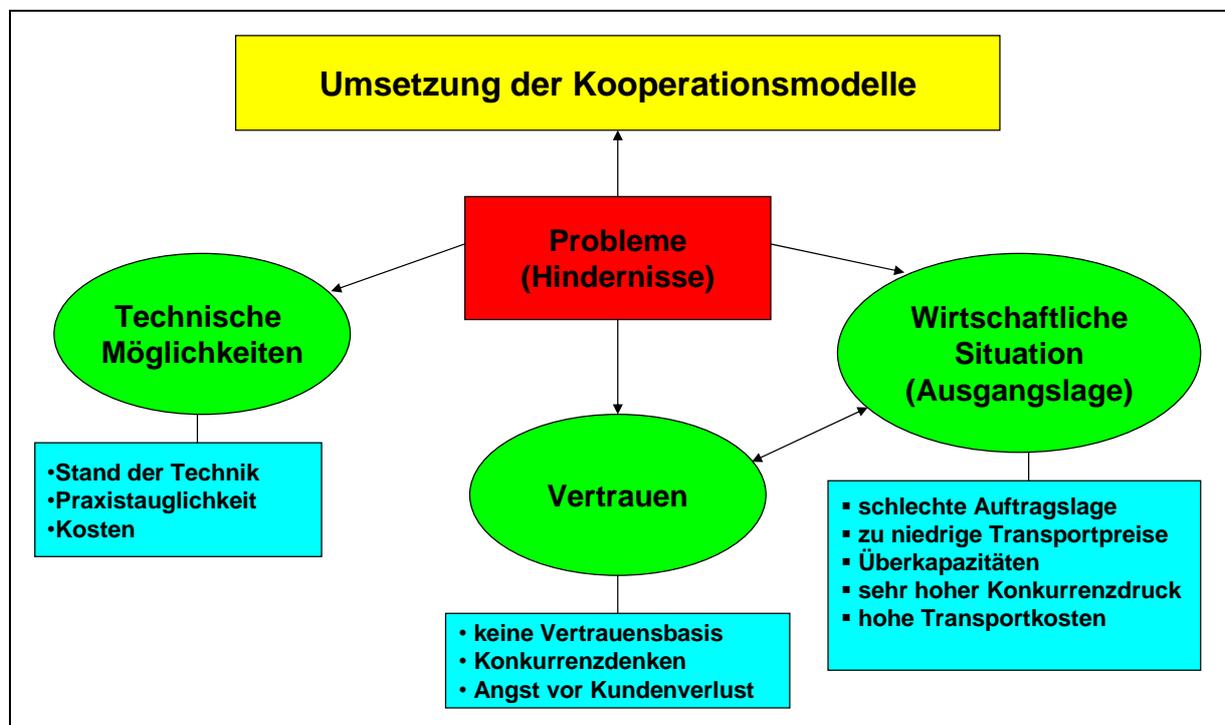


Abbildung 29: Umsetzung der Kooperationsmodelle

Die Vorteile, die sich durch eine gemeinsame Transportplanung für die Speditionen ergeben, liegen auf der Hand und können durch die entwickelten Kooperationsmodelle umgesetzt werden. Die Ergebnisse des Experteninterviews unterstreichen die Bereitschaft der Spediteure zur Kooperation. Wenn der technische Standard hinsichtlich der Tourenoptimierung und der Waldnavigation weiterentwickelt und durch weitere wissenschaftliche Studien die Praxistauglichkeit bewiesen werden kann, sind ausnahmslos alle der befragten Speditionen bereit, langfristig mit anderen Speditionen zusammenzuarbeiten. Die Erkenntnis, dass die aktuellen Probleme nicht alleine gelöst werden können, sondern nur durch gemeinsames Handeln, ist ein erster Schritt in die richtige Richtung.

Genauere Ausführungen zum Teilprojekt „Kooperationen“ finden sich bei METZ (2009).

8 Bewertung des Projektes

8.1 *Gegenüberstellung Ergebnisse – Ziele Antrag*

Die Ziele des Projektantrages konnten erreicht werden. Kleinere Schwierigkeiten traten lediglich beim Praxistest auf, der dennoch durchgeführt werden konnte und zahlreiche wertvolle Ergebnisse lieferte. Daneben konnte das innovative Transportsystem „HolzWab“ nicht wie geplant untersucht werden, da es zu unerwarteten Verzögerungen auf Seiten des Herstellers (Fa. Ahrenkiel) kam. Ein Versuchseinsatz innerhalb des Projektzeitraums war daher nicht möglich.

8.2 *Nutzen für KMU*

Die intensive Einbeziehung von kleinen und mittleren Unternehmen der Branche ermöglichte einen frühzeitigen Wissenstransfer und die Erarbeitung praxisgerechter Lösungen bei der Durchführung des Projektes.

Aufgrund der angespannten wirtschaftlichen Situation der Branche ist angesichts der deutlichen Vorteile einer betriebsübergreifenden Tourenplanung von einem Einsatz in der Praxis in naher Zukunft auszugehen. Die Branche der Rundholzspediteure profitiert durch eine bessere Maschinenauslastung und geringere Kosten, wodurch die Wettbewerbsfähigkeit der kmU gegenüber der Konkurrenz v. a. aus Osteuropa deutlich erhöht wird.

Ungelöste Probleme bei der Umsetzung sind allerdings die bisher unbefriedigende Waldnavigation, das Fehlen eines speziellen Rundholz-Tourenoptimierungstools sowie das mangelnde Vertrauen der Spediteure untereinander.

8.3 *Verwendung der Mittel*

8.3.1 **Wissenschaftliches Personal**

Das wissenschaftliche Personal wurde antragsgemäß beschäftigt, allerdings wurde aufgrund der Verzögerungen beim Praxistest die zweite Stelle um knapp drei Monate verlängert

8.3.2 Geräte

Die Projektmittel für Gerätebeschaffungen wurden antragsgemäß verwendet. Neben dem Tourenplanungssystem „intertour/dispatch“ der Fa. PTV wurden zehn mobile Navigationsgeräte incl. Navigationskarte für die Verwendung im Praxistest von der Fa. Logiball erworben.

8.3.3 Leistungen Dritter

Die Projektmittel für Leistungen Dritter wurden antragsgemäß verwendet. Die Softwareanpassungen für die Tourenoptimierung wurden von der Fa. PTV wie geplant vorgenommen.

9 Vorträge, Veröffentlichungen und Diplomarbeiten

9.1 *Veröffentlichungen*

Während der Projektlaufzeit wurden folgende Publikationen veröffentlicht:

1. Korten, S.; Heindl, U. (2008). Betriebsübergreifende Tourenplanung im Holztransport. *Forst & Technik* 20(4): 16-19.
2. Korten, S.; Heindl, U. (2008). Mehr Effizienz im Rundholztransport. *LWF aktuell* (65): 12-13.
3. Korten, S. (2008). Reduktion von Leerfahrten durch betriebsübergreifende Tourenplanung. Tagungsunterlagen "Forstwissenschaftliche Tagung 2008", Freiburg, 24.-27.09.2008, Berichte Freiburger Forstliche Forschung, Heft 76. Albert-Ludwigs-Universität. 56.
4. Korten, S.; Eberhardinger, A. (2008). Entwicklungen für den Rundholztransport. *LWF aktuell* (65): 16-18.
5. Korten, S.; Eberhardinger, A. (2009). So kommt das Holz in Fahrt. *Wald und Holz* 89(5): 32-34.

Weitere Veröffentlichungen mit vertieften Datenauswertungen folgen.

9.2 *Diplomarbeiten*

Im Rahmen des Projektes wurden verschiedene Teilfragestellungen von Diplomanden bearbeitet. Folgende Arbeiten stehen inhaltlich dem Projekt am nächsten:

1. Loibl, B. (2009). Schnittholz-Transporte mit Rundholz-LKW. Diplomarbeit am Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik der TU München. 98 S.
2. Fries, E. (2009). Analyse von Rundholztransporten per LKW mittels Echtzeitortung. Diplomarbeit am Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik der TU München.
3. Metz, S. (2009). Horizontale Kooperationen im Rundholztransport. Diplomarbeit FH Weihenstephan.

9.3 Vorträge

Neben den Sitzungen des projektbegleitenden Ausschusses wurden während der Projektlaufzeit weitere Vorträge gehalten:

1. Korten, S. (2008). Optimierung des Rundholztransportes durch betriebsübergreifende Tourenplanung. Seminarreihe des Lehrstuhls für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik der TU München, 30.01.2008, Freising.
2. Korten, S. (2009). Weniger Leerfahrten durch betriebsübergreifende Tourenplanung. 13. Forstlicher Unternehmertag, "Forum Wissenschaft & Praxis", 19.03.2009, Freising.

Weitere Vorträge im Rahmen des Ergebnistransfers sollen nach Abschluss der weiterführenden Auswertungen folgen.

10 Literaturverzeichnis

Becker, G. (2002): Vortrag bei der Tagung „Rundholzlogistik im Forstwirtschaftlichen Zusammenschluss“. Hösseringen. 18.04.2002.

Bergdahl, A.; Örtendahl, A.; Fjeld, D. (2003). The economic potential for optimal destination of roundwood in north Sweden - effects of planning horizon and delivery precision. J. Forest Eng. 14(1): 81-88.

BGL (2005). www.bgl-ev.de: Bundesverband Güterkraftverkehr Logistik und Entsorgung e.V. Daten & Fakten.

Bodenschwingh, E. von (2001). Rundholztransport-Logistik - Situationsanalyse und Einsparpotentiale. Diplomarbeit am Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik der TU München. 94 S.

Bodenschwingh, E. von (2004). Das System VALMETrailer. Forst & Technik 16(6): 14-18

Bodenschwingh, E. von (2005). Analyse der Rundholz-Logistik in der Deutschen Forst- und Holzwirtschaft – Ansätze für ein übergreifendes Supply Chain Management entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Dissertation am Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik der TU München. 214 S.

Bodenschwingh, E. von; Bauer, J.; Longo, M. (2003). Management von Informations- und Materialflüssen mit der Logistiksoftware GeoMail. AFZ – Der Wald 58(17): 855-857.

Borchert, H. (2005). Holzaufkommensprognose für Bayern. LWF Wissen - Berichte aus der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft Nr. 50, LWF. 72 S.

- Buscholl, F. (2005). Telematikanwendungen im Güterkraftverkehr: Anbieter-Marktübersicht, Ergebnisse der 2. Marktstudie. IHL-Projektstudien, 26. S.
- Dreeke, R. (2001). Optimierte Logistik – Reduzierung der Kosten vom Wald zum Werk. Vortrag beim 5. Forstlichen Unternehmertag. Freising. 15.02.2001.
- Eberhardinger, A.; Bodelschwingh, E. von (2005). Kombinierte Verfahren und flexible Fahrzeugtechnik - Neue Entwicklungen im Holztransport. Wald und Holz 85(2): 52-54.
- Epstein, R.; Morales, R.; Seron, J. ; Weintraub, A. (1999). Use of OR Systems in the Chilean Forest Industries, Institute for Operations Research and the Management Sciences. Januar 1999.
- Fries, E. (2009). Analyse von Rundholztransporten per LKW mittels Echtzeitortung. Diplomarbeit am Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik der TU München.
- Frisk, M. (2003). (Haulage web - a useful Internet-based tool for transport planning). Resultat 13, Skogforsk. 4 S. Schwedisch (Englische Zusammenfassung).
- Frisk, M.; Rönnqvist, M. (2005). (FlowOpt - a means of optimizing wood-flow logistics). Resultat 8, Skogforsk. 4 S. Schwedisch (Englische Zusammenfassung).
- Funk, M. (1999). Strategien des Forstbetriebes zur wertschöpfungssteigernden Prozeßoptimierung in der Holzbereitstellung. Vortrag zum Winterkolloquium Forst und Holz der Universität Freiburg.
- Haak, L.; Tönjes, M. (2002). Konsistente Informationsbasis durch Telematiksysteme. Industrie Management 18(5): 67-77.

Kleinort, P. (2005). Mittelständisches Transportgewerbe rutscht in Insolvenzfall.
Financial Times Deutschland 08/2005.

Korten, S.; Kaul, C. (2005). Vorstudie zum Projekt Tourenoptimierung; Interner
Bericht des Lehrstuhls für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte
Informatik der TU München. 20 S.

Loibl, B. (2009). Schnittholz-Transporte mit Rundholz-LKW. Diplomarbeit am
Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik der
TU München. 98 S.

Metz, S. (2009). Horizontale Kooperationen im Rundholztransport. Diplomarbeit
FH Weihenstephan.

Michaelsen, J. (2005). Virtual Transportation Manager. Vortragsunterlagen, FERIC's
Winning Solutions, 2005 Conference in Moncton, New Brunswick.

Palmgren, M.; Rönnqvist, M.; Värbrand, P. (2003). A solution approach for log truck
scheduling based on composite pricing and branch and bound. Intl. Trans. in
Op. Res. 10: 433-447.

Palmgren, M.; Rönnqvist, M.; Värbrand, P. (2004). A near-exact method for solving
the log-truck scheduling problem. Intl. Trans. in Op. Res. 11: 447-464.

Röder, H. (2003). Entwicklungen in der Forst- und Holzwirtschaft. Vortrag beim 7.
Forstlichen Unternehmertag. Freising. 20.03.2003. Jaakko Pöyry Consulting.

Rönnqvist, M. (2003). Optimization in forestry. Math. Program., Ser. B 97(1-2):
267-284.

Rönnqvist, M. (2005). Vortragsunterlagen, FOR@C Summer School, Quebec,
Canada, 16-17.06.2005.

Rösler, S. (1999). Die optimale Logistikkette: Wie können Holztransport und Holzhandel besser in die Logistikkette integriert werden. FTI 51(10): 85-87.

Schnell, A.; Bauer, A. (2005). Die zweite Bundeswaldinventur 2002: Ergebnisse für Bayern. LWF Wissen - Berichte aus der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft Nr. 49, LWF. 102 S.

Siek, K.; Erkens, E.; Kopfer, H. (2003). Anforderungen an Systeme zur Fahrzeugkommunikation im Straßengüterverkehr. Logistik Management 5(2): 37-48.

Wegener, G.; Zimmer, B. (2004). Analyse von Transportketten von Holz, Holzwerkstoffen und Restholzsortimenten als Grundlage für produktbezogene Ökobilanzen. Bericht DGfH, 37 S.