



# Schadholzlogistik - Logistikleitfaden zur Katastrophenbewältigung (SKAT)

Abschlussbericht



# Schadholzlogistik - Logistikleitfaden zur Katastrophenbewältigung (SKAT)

Abschlussbericht



Wien, 2021

## **Impressum**

Universität für Bodenkultur Wien  
Institut für Produktionswirtschaft und Logistik

Feistmantelstrasse 4

1180 Wien

Projektleiter: Hon. Prof. Dr. Peter Rauch

Tel. 01 47654 73414

E-Mail: [peter.rauch@boku.ac.at](mailto:peter.rauch@boku.ac.at)

Ing. Dr. Christoph Kogler, MSc

Alexander Beiglböck

Kooperationspartner:

Österreichische Bundesforste AG

Finanzierungsstellen: PFEIL 20-25 – BM Nachhaltigkeit und Tourismus

Projektlaufzeit: 01.08.2020 – 31.7.2021

1. Auflage

Alle Rechte vorbehalten.

Wien, 2021. Stand: September 2021

# Inhalt

<b>1 Einleitung</b> .....	<b>7</b>
1.1 Zusammenfassung .....	7
1.2 Abstract .....	8
1.3 Schadholzdaten Österreich und Niederösterreich .....	9
<b>2 Stakeholder-Interviews zur Schadholzkatastrophe Waldviertel</b> .....	<b>13</b>
2.1 Einführungstext zum Interview .....	13
2.2 Fragenkategorien und Detailfragen .....	13
2.3 Erfahrungen zur Bewältigung der Schadholzkatastrophe im Waldviertel .....	16
<b>3 Online-Befragung Schadholzlogistik Österreich</b> .....	<b>18</b>
3.1 Studienbeschreibung .....	18
3.1.1 Studienablauf .....	18
3.1.2 Fragenkategorien .....	20
3.1.3 Studienteilnehmende .....	23
3.2 Ausgewählte Ergebnisse .....	25
3.2.1 Transportmodi .....	26
3.2.2 Erfüllungsort .....	27
3.2.3 Transportdistanz .....	28
3.2.4 Wartezeiten .....	30
3.2.5 Lagerhaltung .....	31
3.2.6 Bahntransport .....	34
3.2.7 Forstwirtschaft .....	36
3.2.8 Frachtunternehmen .....	37
3.2.9 Holzabnehmer .....	42
3.3 Verbesserungspotentiale im Schadholzfall .....	44

3.3.1	Getroffene Maßnahmen .....	44
3.3.2	Zusammenarbeit .....	45
3.3.2.1	Zusammenarbeit mit Forstbetrieben.....	47
3.3.2.2	Zusammenarbeit mit Frachtunternehmen .....	48
3.3.2.3	Zusammenarbeit mit Holzabnehmern.....	50
3.3.3	Logistikkonzepte .....	51
3.3.3.1	Einschätzung der Logistikkonzepte durch die Forstwirtschaft .....	53
3.3.3.2	Einschätzung der Logistikkonzepte durch Frachtunternehmen .....	54
3.3.3.3	Einschätzung der Logistikkonzepte durch Holzabnehmer .....	55
3.4	Herausforderungen und Erfahrungen zur Bewältigung einer Schadhholzkatastrophe ...	56
3.4.1	Transportmodi und Transportdistanzen .....	56
3.4.2	Wartezeiten beim Rundholztransport .....	57
3.4.3	Bahntransport .....	59
3.4.4	Kran-LKW FahrerInnen.....	59
3.4.5	Zusammenarbeit .....	60
3.4.6	Logistikkonzepte .....	62
<b>4</b>	<b>Evaluierung schadholzspezifischer Lagerhaltungskonzepte und Logistikstrategien .....</b>	<b>64</b>
4.1	Literaturübersicht.....	64
4.2	Holzverladeplattformen im Waldviertel.....	65
4.3	Parametrisierung und Validierung der Simulationsmodelle .....	68
4.4	Simulation schadholzspezifischer Lagerhaltungskonzepte und Logistikstrategien .....	72
4.5	Performance schadholzspezifischer Lagerhaltungskonzepte und Logistikstrategien....	74
<b>5</b>	<b>Schadholz-Logistikleitfaden zur Katastrophenbewältigung .....</b>	<b>76</b>
5.1	Allgemeine Handlungsempfehlungen .....	76
5.2	Schadhholzspezifische Lagerhaltungskonzepte und Logistikstrategien.....	77
	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>80</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>82</b>

<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>87</b>
<b>Quellenverzeichnis statistische Daten.....</b>	<b>90</b>
<b>Abkürzungen.....</b>	<b>93</b>

# 1 Einleitung

Der vorliegende Abschlussbericht des SKAT-Projektes zeigt auf, wie durch Literatur und Datenanalyse, Interviews mit Stakeholdern, einer in diesem Ausmaß noch nie durchgeführten umfassenden, branchenweiten Online-Befragung sowie den Einsatz digitaler Simulationsmodelle die Resilienz der Transportkette Holz nach Klimawandel induzierten Schadereignissen verbessert und somit die Versorgungssicherheit mit dem Rohstoff Holz erhöht werden kann. Für eine realitätsnahe Notfallplanung wurden basierend auf den Interviews mit lokalen Expertinnen und Experten aus der Praxis sowie einer Online-Befragung Branchenakteure aus den Bereichen Forstwirtschaft (Kleinwald und Großwald), Frächter, Industrie (Säge, Platte, Papier, Faser, Energie), Handel und Interessensvertretung vorhandene Maßnahmen zur logistischen Bewältigung von Forstkalamitäten (z.B. Borkenkäfer) und anderen Risiken evaluiert. Dies ermöglichte die Formulierung von konkreten Handlungsvorschlägen im Rahmen eines Leitfadens, der Praktikerinnen und Praktiker im Schadholzfall bei der Logistikplanung unterstützt und somit auch über die untersuchte Fallstudienregion, das niederösterreichische Waldviertel, hinaus von Relevanz ist. Auf Einschränkungen der Pandemie wurde agil reagiert, sodass wertvolle praktische Erfahrungen von Expertinnen und Experten im Rahmen von einer Online-Umfrage statt der ursprünglich geplanten Praxis-Workshops in die Entwicklung des Leitfadens einfließen.

## 1.1 Zusammenfassung

Das vorliegende Projekt liefert Entscheidungshilfen im Schadholzfall und unterstützt die forstliche Praxis maßgeblich bei der effizienten Bewältigung von Kalamitäten. Dafür wurden in einem Leitfaden praxistaugliche Logistik- und Holzlagerungskonzepte für die Bewältigung erhöhter Holz mengen in Folge von Kalamitäten abgeleitet. Neben höherer Umschlagkapazitäten der multimodalen Strategien führen diese auch zu weniger LKW-Fahrten, einem reduzierten CO<sub>2</sub> Ausstoß und einer insgesamt nachhaltigeren Holzlieferkette. Dadurch trägt das Forschungsprojekt insbesondere zum dringend benötigten Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und Praxis bei. Vorhandene wissenschaftliche Modelle konnten durch die detaillierte Parametrisierung, Validierung und Einbindung von Expertinnen und Experten aus der Praxis weiter verbessert und somit der aktuelle Forschungsstand vorangetrieben werden. Die Praxis profitiert von neuen fachlichen Erkenntnissen aus der Anwendung einer innovativen Forschungsmethode, die in der Branche bislang kaum zum Einsatz gekommen ist, und von einer damit ableitbaren, robusten Risikoplanung. Aus sozialer Sicht trägt das Projekt zur Erhaltung bzw. Verbesserung der Lebensqualität durch CO<sub>2</sub>- und Lärmreduktion infolge

weniger LKW-Fahrten, den Erhalt von Arbeitsplätzen und die Verbesserung von Arbeitsbedingungen sowie die Erhöhung des Qualifikationsniveaus bei. Wissenschaftliche Literatur zu Anwendungen von Operation-Research Methoden für die Holzlieferkette wurde umfassend aufgearbeitet, wobei diese Arbeit neben österreichischen Forschungsergebnissen vor allem auf finnische und kanadische Beiträge aufbaut. Zur Darstellung der aktuellen Schadholzproblematik wurden vorhandene statistische Daten für ganz Österreich analysiert, wobei speziell die Daten der Fallstudienregion Niederösterreich hervorstechen. Expertinnen und Experten der Fallstudienregion wurden in mehrstündigen Stakeholderinterviews persönlich, online oder schriftlich befragt und gaben wertvolle Einblicke in die Rundholzlogistik und Rundholztransport bei Schadholz sowie Logistikkonzepte zur Vorbereitung auf zukünftige Schadholzereignisse und Logistikkonzepte zur Bewältigung von akuten Schadholzereignissen. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurde eine in diesem Umfang entlang der Holzlieferkette noch nie durchgeführte Online-Studie aufgesetzt und in einem Pre-Test von Expertinnen und Experten der Universität für Bodenkultur Wien sowie aus der Praxis vorab getestet. Die Handlungsempfehlungen des Leitfadens basieren auf der Synthese der Analysen der Antworten von 161 Personen, die an der Studie teilgenommen haben, Analysen zu Logistikdaten, die in Kooperation mit den Österreichischen Bundesforsten sowie der RailCargo Austria erhoben wurden, sowie auf der simulationsmodellbasierten Evaluierung der Logistikstrategien.

## **1.2 Abstract**

This project provides decision support forestry practice in efficiently coping with calamities. Therefore, practical logistics and timber storage concepts for contingency planning with increased timber volumes as a result of calamities were described in a guideline. In addition to higher handling capacities of multimodal strategies, these also lead to fewer truck trips as well as reduced CO<sub>2</sub> emissions and a more sustainable timber supply chain. Thus, the research project significantly contributes to urgently needed knowledge transfer between science and practice. Existing scientific models were improved by detailed parameterization, validation and involvement of experts advancing the current state of research. The actors along the wood supply chain benefit from the application of an innovative research method, which has hardly been used so far as well as from robust risk planning derived from it. From a social point of view, the project contributes to improving quality of life through CO<sub>2</sub> and noise reduction as a result of fewer truck trips, preserving jobs and improving working conditions, and raising workers skill levels. Scientific literature on applications of operation research methods for the wood supply chain was comprehensively reviewed. Therefore, this work builds mainly on Austrian research results as well as on Finnish and Canadian contributions. To illustrate the current challenge of salvage wood, statistical data for Austria were analyzed

highlighting the concerning situation of the case study region Waldviertel in Lower Austria. Experts of the case study region were interviewed in person, online or in writing and provided valuable insights to timber logistics and transport in case of salvage wood as well as logistics concepts to prepare for acute as well as future salvage wood events. Based on these findings, an online survey of the timber supply chain, which has never been conducted in this scope before, was set up and tested in a pre-test involving numerous experts from the University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, as well as from the field. Recommendations of the guideline are based on the synthesis of analyses of the online-questionnaire including in total the answers of 161 participating persons, logistic data analyses of Austrian Federal Forests as well as RailCargo Austria data and the simulation based evaluation of logistics strategies.

### **1.3 Schadholzdaten Österreich und Niederösterreich**

Schadholz fällt durch biotische oder abiotische Schadfaktoren an, wobei biotische Schadereignisse sich wiederum insbesondere in Käfer- oder Pilzbefall aufteilen. Die wesentlichen abiotischen Schadfaktoren sind Wind-, sowie Schneebruch und Dürre. Steigende Schadholzmengen belasten die österreichische Holzwertschöpfungskette seit Jahren. Die hohen Werte sind die Folge einer Entwicklung, die sich aufgrund der klimatischen Veränderung in den letzten Jahren massiv zugespitzt hat. Zur Darstellung der gesamtösterreichischen Holzeinschlags- und Schadholzsituation wurden Daten für den Zeitraum 1990-2019 analysiert. 2019 wurde mit einem Schadholzanfall in Höhe von 11,7 Mio. Efm. der zweithöchste Wert im Zeitraum 1990-2019 verzeichnet (vgl. Abb. 1). Dieser Wert resultiert zu beinahe 75% aus den Schadfaktoren Käferbefall und Sturmbruch. Im Vergleich zu früheren Jahrzehnten lassen sich hohe Schadholzmengen somit nicht mehr vorrangig durch hohe Sturmholzmengen erklären. Bei einem Gesamteinschlag von knapp 19 Mio. Efm. ergibt sich für das Jahr 2019 ein Schadholzanteil von knapp 62%.

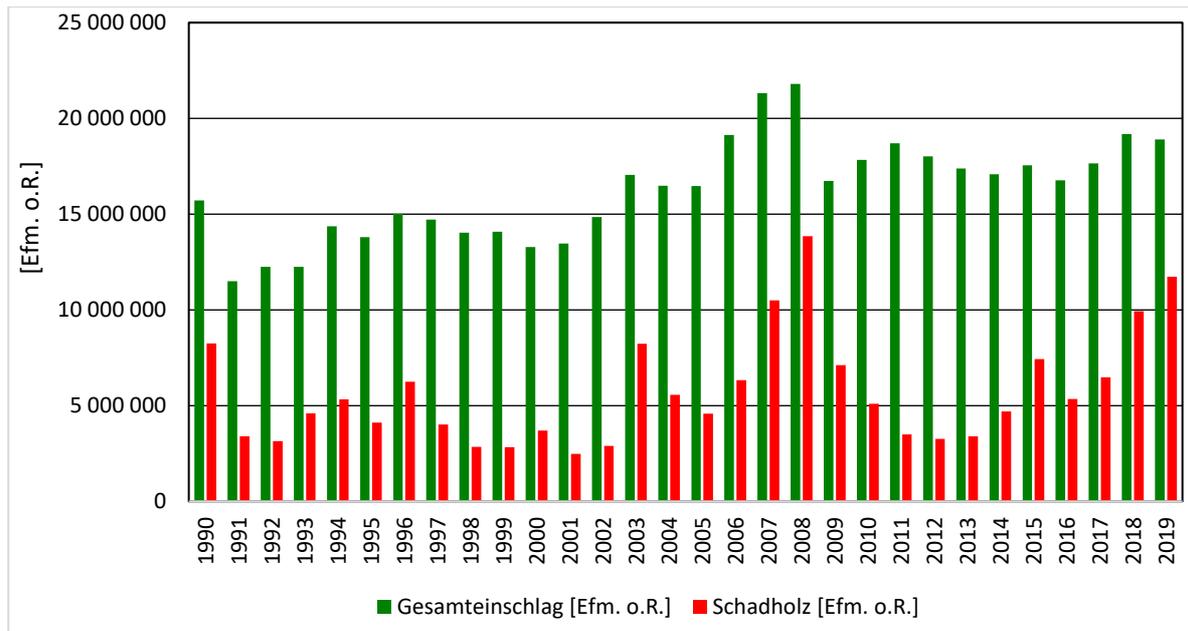


Abbildung 1: österreichische Holzeinschlags- und Schadholzmengen für den Zeitraum 1990-2019. Eigene Darstellung, Daten: Waldbericht 1990, S. 82; Waldbericht 1991, S. 95; Waldbericht 1992, S. 136; Waldbericht 1993, S. 185; Waldbericht 1994, S. 152; Waldbericht 1995, S. 134; Waldbericht 1996, S. 114; Grüner Bericht 1997, S. 103; Grüner Bericht 1998, S. 101; Grüner Bericht 1999, S. 226; Holzeinschlag 2000-2013; Holzeinschlagsmeldung 2014, S. 5; Holzeinschlagsmeldung 2015, S. 5; Holzeinschlagsmeldung 2016, S. 5; Holzeinschlagsmeldung 2017, S. 5; Holzeinschlagsmeldung 2018, S. 8f.; Holzeinschlagsmeldung 2019, S. 7f.

Der Rekordwert dieser Zeitreihe stammt aus dem Jahr 2008. In diesem Jahr fielen insbesondere aufgrund der damaligen Sturmserien knapp 13,9 Mio. Efm Schadholz (davon 87% Sturmholz) an. Auch der Rekordwert der 1990er Jahre ist in erster Linie auf Sturmserien zurückzuführen. 1990 sind 8,3 Mio. Efm Schadholz angefallen, davon 6,7 Mio. Efm Sturmholz. Steigende Schadholzmengen sind österreichweit im gleichen Zeitraum auch im 5-Jahresvergleich ersichtlich (vgl. Abb. 2). Der untere Ausreißer des Boxplots 2015-2019 liegt mit 5,3 Mio. Efm deutlich über jenen der anderen Boxplots. Die Mittelwerte der schadholzreichen 5-Jahreszeiträume 2005-2009 und 2015-2019 liegen bis um zu 4 Mio. Efm über den Mittelwerten der anderen Zeitintervalle.

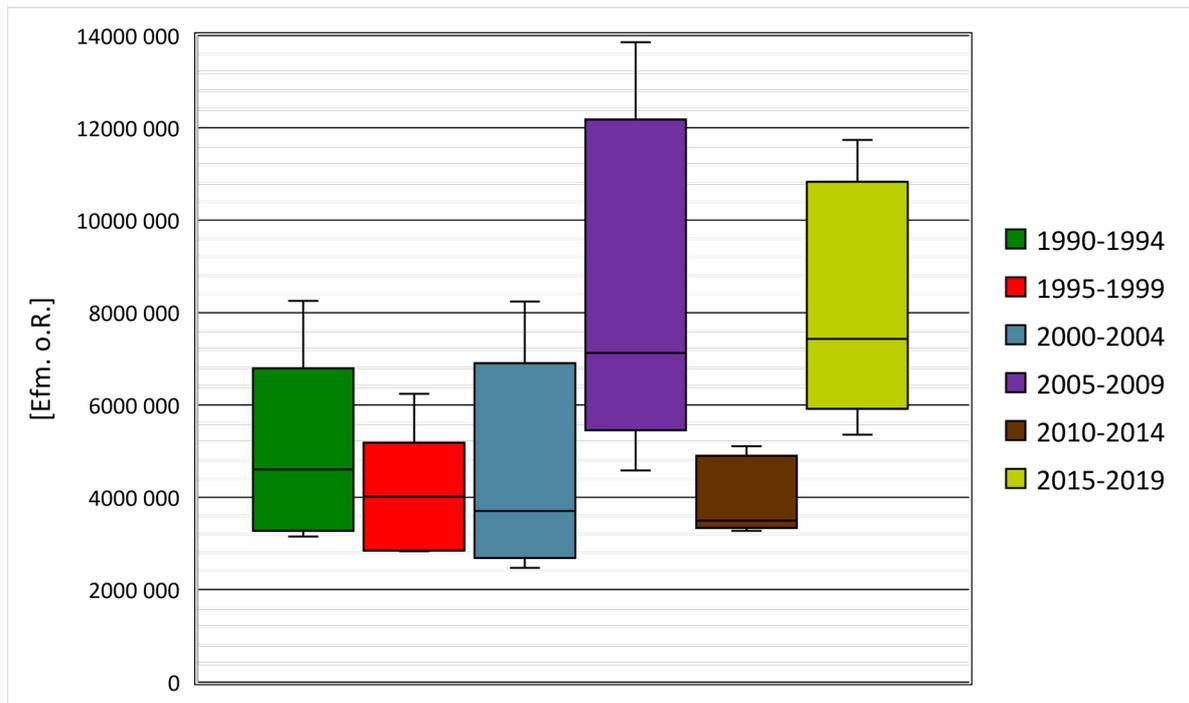


Abbildung 2: Österreichische Schadholzmengen im 5-Jahresvergleich für den Zeitraum 1990-2019. Eigene Darstellung, Daten: Waldbericht 1990, S. 82; Waldbericht 1991, S. 95; Waldbericht 1992, S. 136; Waldbericht 1993, S. 185; Waldbericht 1994, S. 152; Waldbericht 1995, S. 134; Waldbericht 1996, S. 114; Grüner Bericht 1997, S. 103; Grüner Bericht 1998, S. 101; Grüner Bericht 1999, S. 226; Holzeinschlag 2000-2013; Holzeinschlagsmeldung 2014, S. 5; Holzeinschlagsmeldung 2015, S. 5; Holzeinschlagsmeldung 2016, S. 5; (Holzeinschlagsmeldung 2017, S. 5; Holzeinschlagsmeldung 2018, S. 8f.; Holzeinschlagsmeldung 2019, S. 7f.

Speziell das Land Niederösterreich war in den letzten Jahren von steigenden Schadholzmengen betroffen. Der Schadholzanteil am niederösterreichischen Gesamteinschlag stieg im Zeitraum 2016-2019 von 37% auf rund 62% an. Diese hohen Werte sind v.a. mit einem drastischen Käferbefall der niederösterreichischen Wälder zu erklären. 2019 betrug der Schadholzanfall 3,2 Mio. Efm. (vgl. Abb. 3). Mit Ausnahme des Sturmjahres 2007 stellt dies den Höchstwert im Zeitraum 2003-2019 dar.

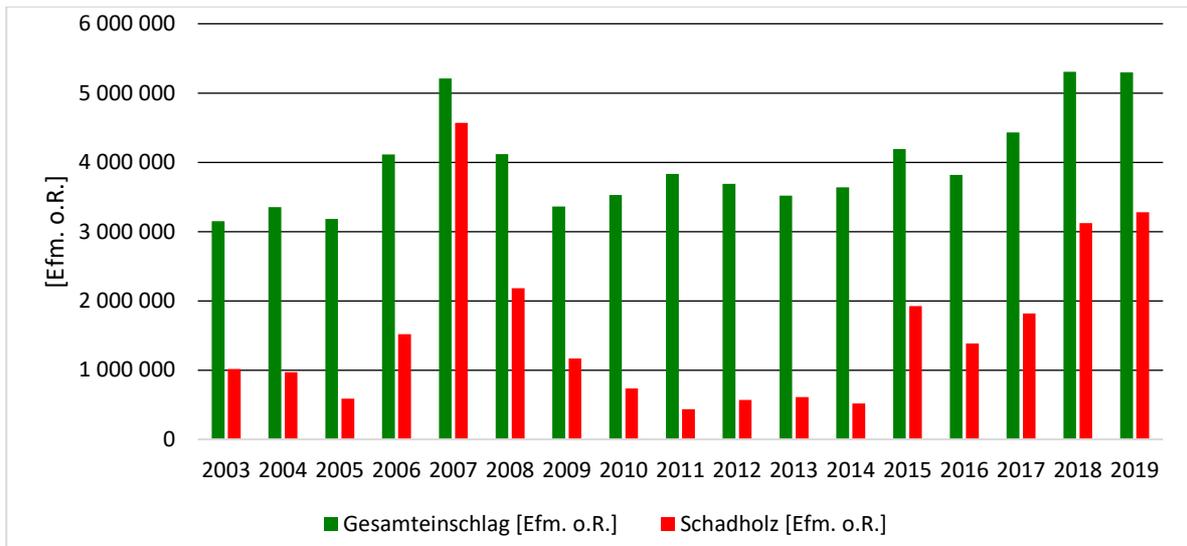


Abbildung 3: niederösterreichische Holzeinschlags- und Schadholzmengen 2003-2019. Eigene Darstellung, Daten: Grüner Bericht, 2004, S. 71; Datensammlung zum österreichischen Wald, 2015, S. 213ff.; Der Grüne Bericht 2010, S. 44; Der Grüne Bericht 2012, S. 45; Der Grüne Bericht 2014, S. 44; Der Grüne Bericht 2016, S. 80; Der Grüne Bericht 2018, S. 82; Güldner, S 7.

Milde Temperaturen in Kombination mit geringen Niederschlägen der letzten Jahre bieten ideale Brutbedingungen, der Borkenkäfer bildete zusätzliche Generationen und breitete sich rasch aus (BFW, S. 3ff.). Mit 3,2 Mio. Efm. Käferholz wurde 2017 ein Rekordwert verzeichnet (vgl. Abb. 2). Aufgrund der klimatischen Änderungen und den damit verbundenen steigenden Durchschnittstemperaturen ist davon auszugehen, dass der Käferbefall auch zukünftig zu erhöhten Schadholzmengen führen wird.

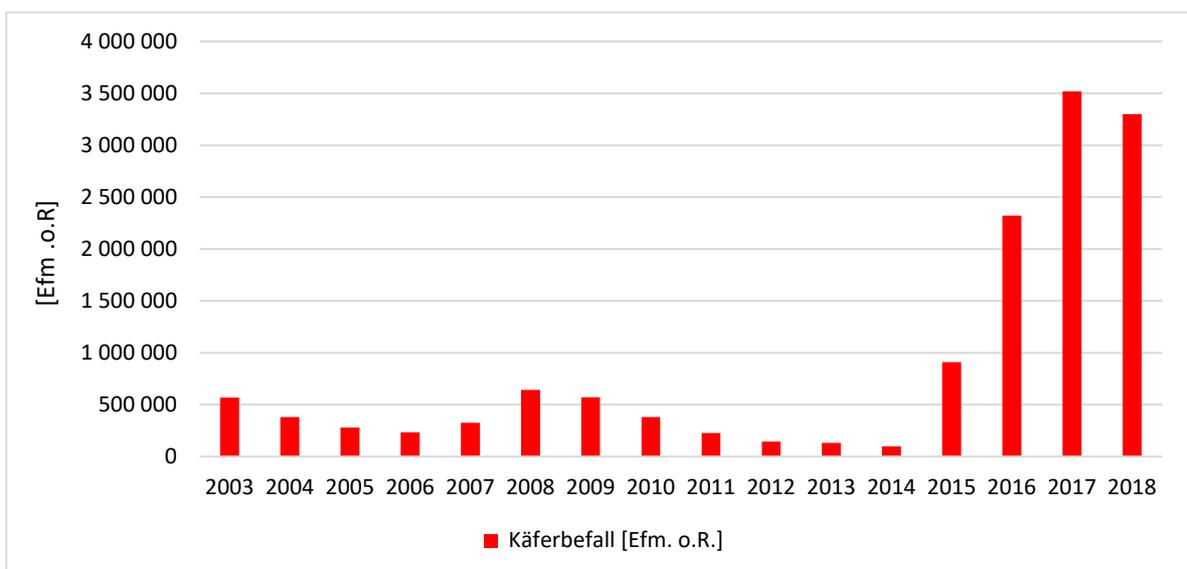


Abbildung 4: niederösterreichischer Schadholzanfall durch Käferbefall im Zeitraum 2003-2018. Eigene Darstellung, Daten: Datensammlung zum österreichischen Wald, 2015, S. 213ff.; Spannlang, 2018.

## 2 Stakeholder-Interviews zur Schadholzkatastrophe Waldviertel

Um aktuelle Herausforderungen und Erfahrungen zur Bewältigung einer Katastrophensituation im Forst zu dokumentieren, wurde die im Waldviertel lokal vorhandene Expertise von Förstern, Forstmeistern, Holzernteleitern, Spediteuren, Industrievertretern sowie Logistikmanagerinnen und Logistikmanagern standardisiert erhoben und analysiert. Der entwickelte Leitfaden für die Tiefeninterviews umfasst einen einführenden Teil zur Vorstellung des Projektes zu Beginn des Interviews sowie detaillierte Fragen zu fünf Fragenkategorien.

### 2.1 Einführungstext zum Interview

Folgender Einführungstext zum Interview diene zur knappen Vorstellung des Projektes SKAT und der Hintergründe zu Beginn des Interviews: Um die aktuellen Herausforderungen sowie die Erfahrungen bei der Bewältigung einer Katastrophensituation zu erfassen, werden strukturierte Tiefeninterviews mit den Hauptakteuren der Logistikkette, d.h. Forst (Logistik, Holzernteleitung, Disposition), Transport Schiene (Rail Cargo Austria), Transport Straße (Holzfrächter) und abnehmende Betriebe (Industrie, Säge, Handel) durchgeführt. Dies ermöglicht zusammen mit einer Datenerhebung unterstützt durch die ÖBf und Rail Cargo Austria, die Parametrisierung von Simulationsmodellen für die Fallstudienregion Waldviertel. Damit können spezifische Logistikstrategien entwickelt, getestet und adaptiert werden. Um robuste und praxistaugliche Strategien ableiten zu können und um sicherzustellen, dass die Strategien von der forstlichen Praxis akzeptiert und anschließend umgesetzt werden, ist es notwendig, die Praxis frühzeitig einzubeziehen. Aus diesem Grund werden Strategien für Notfallpläne für die Fallstudienregion Waldviertel zur Bewältigung von Schadholz und anderen Risiken partizipativ abgeleitet und bewertet.

### 2.2 Fragenkategorien und Detailfragen

Die fünf Fragekategorien (allgemeine Informationen, Rundholztransport bei Schadholz, Logistikkonzepte zur Vorbereitung auf zukünftige Schadholzereignisse, Logistikkonzepte zur Bewältigung von akuten Schadholzereignissen und Rundholzlogistik) werden nachfolgend anhand der Detailfragen im Überblick dargestellt. Für die Interviews wurden die Akteure in Forst (Holzernteteam, Holzernteleiter ÖBf AG, Revierleiter ÖBf AG, Disponentin ÖBf AG),

Frächter, Bahn (RCA-Verantwortliche für Holztransport, Leerwaggonbestellung, Falschbeladung) und Industrie eingeteilt. Die Interviews wurden entweder schriftlich, online oder direkt vor Ort durchgeführt.

Tabelle 1 Detailfragen zu allgemeinen Informationen

Allgemeine Informationen			
Datum		Branchenerfahrung in Jahren	
Interviewer		Betrieb (Standort)	
InterviewpartnerIn		Mitarbeitende	
Position		Jährlicher Holzumschlag	
Akteur	<input type="checkbox"/> Forstwirtschaft (Großwald) <input type="checkbox"/> Forstwirtschaft (Kleinwald) <input type="checkbox"/> Interessensvertretung Forst <input type="checkbox"/> LKW Frächter <input type="checkbox"/> Bahnfrächter <input type="checkbox"/> Interessensvertretung Frächter <input type="checkbox"/> Säge <input type="checkbox"/> Platte <input type="checkbox"/> Papier <input type="checkbox"/> Faser <input type="checkbox"/> Energie <input type="checkbox"/> Handel <input type="checkbox"/> Interessensvertretung Holzabnehmer <input type="checkbox"/> Sonstige		

Tabelle 2 Detailfragen Rundholztransport bei Schadholz

<p><b>Rundholztransport bei Schadholz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inwiefern ist die Organisation des Rundholztransportes nach einer Kalamität mit großem Schadholzanfall anders als im Normalbetrieb? Wie lange ist die Logistik nach Schadholzereignissen davon beeinflusst?</li> <li>• Gibt es ein Konzept für die Notfallplanung nach wiederkehrenden Risiken wie Schadholzanfall? Welche Erfahrungen haben Sie zur Bewältigung einer Katastrophensituation im Forst in der Vergangenheit gemacht? Besteht zwischen den Betrieben im Kalamitätsfall eine überregionale Zusammenarbeit? Wenn ja, wie gestaltet sich diese konkret? Wenn nein, besteht Verbesserungspotential?</li> <li>• Wie läuft der Informationsfluss nach dem Schadholzanfall und welche Schritte (Notfallsitzung) werden zur Bewältigung ergriffen? Welche Personen (Positionen, Kunden, Lieferanten) sind involviert?</li> <li>• Wo sehen Sie beim Rundholztransport nach einer Kalamität mit großem Schadholzanfall Verbesserungsmöglichkeiten?</li> <li>• Welche konkreten Maßnahmen sind für deren Realisierung zielführend?</li> </ul>
--

Tabelle 3 Detailfragen Logistikkonzepte zur Vorbereitung auf zukünftige Schadholvereignisse

<p><b>Logistikkonzepte zur Vorbereitung auf zukünftige Schadholvereignisse:</b>          Welche Vorteile/Nachteile, Chancen und Risiken sehen Sie in den folgenden Logistikkonzepten? Haben Sie diese bereits selbst eingesetzt?</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Entwicklung eines Notfallkonzeptes: Prozessabläufe, Personal (zusätzliches, Schulung), Transport (Transportmodi, eigene Sattelschlepper, eigene Kran-LKWs), Lagerung (mögliche Flächen, Ausrüstung für Folienlager, Nasslager), Interessensvertretung/Ansprechpartner in der Politik (Tonnageerhöhung, Genehmigung Lagerflächen), Verbesserung des Forststraßennetzen</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Forcierung der Digitalisierung: testen und anschaffen von Software-Tools zur Prozessorganisation, Optimierung von Abläufen, und Simulation von Risiken, automatischer Datenaustausch, Einsatz neuer Technologien/Sensoren zur Datenerhebung und Verarbeitung, Schulung MitarbeiterInnen</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Intensivere Kooperation: Langfristige Verträge mit Frachtunternehmen/Zulieferern/Abnehmern, intensiverte Zusammenarbeit, gemeinsame Planungen, gemeinsame Kennzahlen, Informations- und Datenweitergabe intensivieren, schnellere Reaktionsgeschwindigkeit</li> </ul>

Tabelle 4 Detailfragen Logistikkonzepte zur Bewältigung von akuten Schadholvereignissen

<p><b>Logistikkonzepte zur Bewältigung von akuten Schadholvereignissen:</b>          Welche Vorteile/Nachteile, Chancen und Risiken sehen Sie in den folgenden Logistikkonzepten? Haben Sie diese bereits selbst eingesetzt? Welche Rolle spielen FahrerInnenmangel, Transportkosten, Organisationsaufwand, Verlässlichkeit, CO<sub>2</sub> Bilanz, Resilienz (=Widerstandsfähigkeit der Lieferkette)</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Direkter Holztransport mit dem Kran-LKW vom Forst zum Abnehmer.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Transport mit dem Kran-LKW aus dem Wald, Umschlag auf Sattel-LKW und Sattel-Transport zum Abnehmer.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Transport mit dem Kran-LKW aus dem Wald, Umschlag auf Bahn-Waggon und Bahn-Transport zum Abnehmer.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Anlegen von Lagern (Nasslager oder Folienlager). Wie lange schätzen Sie die maximale Lagerdauer von Schadh Holz bis zu einer Qualitätsveränderung je Jahreszeit (mit Rinde/ohne Rinde/ Nasslager /Folienlager) in Wochen?</li> </ul>

Tabelle 5 Detailfragen Rundholzlogistik

<p><b>Rundholzlogistik:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Wie erfolgt die Organisation des Rundholztransportes und kommt SW hierbei zum Einsatz?</li> <li>Über welche Stärken/Schwächen verfügt der Logistikprozess</li> <li>Welche Chancen/Risiken sehen Sie in Zukunft? Welche Chancen ermöglichen bewährte Logistikkonzepte ihrem Unternehmen in Zukunft? Welche technologischen Neuerungen werden in Zukunft für die Logistik ihres Betriebes von Bedeutung sein? Welche Hindernisse gibt es bei der Einführung von Logistikkonzepten für ihren Betrieb?</li> <li>Wo sehen Sie beim Rundholztransport Verbesserungsmöglichkeiten? Welche konkreten Maßnahmen sind für deren Realisierung zielführend und warum wurden diese bisher noch nicht ergriffen?</li> </ul>
--

## 2.3 Erfahrungen zur Bewältigung der Schadholzkatastrophe im Waldviertel

Die Tiefeninterviews wurden inhaltlich ausgewertet, gegliedert sowie gleichlautende Aussagen mehrerer Interviewter komprimiert. Grundsätzlich zeigte sich eine hohe Übereinstimmung der unterschiedlichen Akteure der Wertschöpfungskette Holz in der Beurteilung der wichtigsten Herausforderungen und der schwerwiegendsten, auftretenden Probleme bei der Bewältigung eines Schadholzereignisses. Die wesentlichen Erfahrungen werden nachfolgend kurz umrissen.

Beim Auftreten eines Schadholzereignisses gilt der Grundsatz: Schadholz muss möglichst rasch aus dem Wald sowie im zweiten Schritt: Schadholz muss raus aus der Krisenregion. Dabei sollte so viel wie möglich direkt zum Kunden transportiert, der Rest auf ein Zwischenlager außerhalb des Waldes gelegt werden.

Im Schadholzfall müssen erhöhte Transportkapazitäten gesichert werden. Grundsätzlich ist es, auch aufgrund des Mangels an Kran-LKW FahrerInnen, schwierig, kurzfristig zusätzliche Kran-LKWs einzusetzen. Die proaktive Einbindung von Holzspediteuren aus nicht vom Schadereignis betroffenen Regionen, LKW-Fahrten am Samstag sowie längere Arbeitszeiten für Fahrer im Rahmen der gesetzlichen Grenzen haben sich als nützlich erwiesen.

Aufgrund des Kran-LKW-Engpasses sollte Schadholz möglichst rasch auch auf der Bahn bzw. auf Sattelaufliegern umgeschlagen werden. Wenn der Bahntransport aufgrund eines Mangels an Waggonverfügbarkeit oder einer zu weiten Entfernung zum nächsten Verladebahnhof nicht möglich bzw. wirtschaftlich sinnvoll ist, sollte Schadholz vermehrt auf Sattelaufleger umgeschlagen werden. Der Einsatz von Sattelaufliegern wird im Schadholzfall auch empfohlen, wenn längere Transportdistanzen zum Lagerplatz oder zu Käufern, die einen höheren Holzpreis zahlen, zurückgelegt werden müssen. Auch das Mitbeladen eines Sattelauflegerzugs durch einen Kran-LKW direkt am Polter hat sich bewährt.

Trockenlager, insbesondere für Industrieholz, werden als überaus wichtiges Konzept zur Bewältigung von Schadholzkrisen gesehen, da sie sowohl als Puffer bei fehlenden Liefermöglichkeiten als auch zur Sicherung der Versorgung bei mangelnder LKW-Befahrbarkeit von Forststraßen (z.B. Schnee, Regen) dienen und auch den Holzmarkt zwischenzeitlich entlasten.

Die Übernahmekapazität bei der Industrie stellt häufig einen Engpass dar, die Entladung von Waggons bzw. Sattelaufleger ist beschränkt und muss auf die Kapazitäten abgestimmt werden. Insbesondere wenn ein Industriestandort an die Kapazitätsgrenze des Rundholzlagers gelangt, entstehen sehr lange Wartezeiten. LKW-Fahrten erfolgen aufgrund der großen

Mengen und des Zeitdrucks meist im Pendelverkehr, d.h. es können meist keine Rückfrachten lukriert werden.

Die Abstimmung der Holzernte auf den nachfolgenden Transport ist im Schadholzfall im Hinblick auf Mengenplanung und Effizienz des Verladeprozesses wichtig. Da die Holzernte im Schadholzfall häufig auch am Samstag und am Sonntag durchgeführt wird, hinkt der Transport, teilweise eingebremst durch lange Wartezeiten bei der Übernahme im Werk, oftmals hinterher. Bei der Polteranlage empfiehlt es sich, fallweise eine längere Rückedistanzen in Kauf zu nehmen, wenn dadurch erreicht wird, dass der Polter für einen LKW mit Hänger erreichbar ist. Wenn beispielsweise der Kran-LKW einen Polter nur solo (i.e. ohne Hänger) erreichen kann, weil beim bzw. nach dem Polter keine Umkehrmöglichkeit für einen LKW mit Hänger besteht, dann ergibt sich ein erheblicher Mehraufwand.

Ein weiteres Problem für den Abtransport von Schadholz aus dem Wald ergibt sich, wenn nach einer längeren bzw. intensiveren Regenphase die Tragfähigkeit der Forststraße für einen voll beladenen LKW nicht mehr gegeben ist oder wenn die Forststraße im Zuge der Holzernte stark verschmutzt ist und nach einigen, wenigen LKW-Fuhren zu rutschig wird.

Hinsichtlich des Umschlages von Schadholz auf die Bahn halten die Interviewten einheitlich fest, dass es aufgrund der abnehmenden Anzahl von Verladebahnhöfen zu immer weiteren Zufuhrdistanzen kommt und dass die Waggonstellung unzuverlässig erfolgt. Da im Schadholzfall oft Kran-LKW-FahrerInnen zum ersten Mal Waggonverladen müssen, kommt es häufiger zu Verstößen hinsichtlich der Verladerichtlinien und in weiterer Folge zu Beanstandungen durch den Wagenmeister.

Als vordringliche Verbesserungsvorschläge für die Schadholzlogistik wurden übereinstimmend die Einführung von verlängerten Übernahmezeiten in den Werken (v.a. Samstag) sowie die Tonnageerhöhung für den LKW-Transport genannt.

Weiters stellte sich heraus, dass sowohl in der Branche und als auch auf Unternehmensebene Risikokonzepte bzw. standardisierte Notfallkonzepte für wiederkehrende Risiken fehlen sowie Erfahrungen zu Strategien und Vorgehensweise der vergangenen Schadereignisse nicht dokumentiert werden.

# 3 Online-Befragung Schadholzlogistik Österreich

## 3.1 Studienbeschreibung

Um praxistaugliche, robuste Strategien ableiten zu können, die seitens der forstlichen Praxis akzeptiert und in weiterer Folge auch umgesetzt werden, ist die intensive und frühzeitige Einbindung der Praxis unabdingbar. Aufgrund der Einschränkungen infolge der Corona-Maßnahmen wurde auf Workshops verzichtet und die geplante Partizipation von ExpertInnen aus der Praxis anhand einer Online-Umfrage ermöglicht.

### 3.1.1 Studienablauf

Da für die Schadholzlogistik der österreichischen Holzlieferkette bislang kaum empirische Daten vorliegen, wurde mit einem Online-Fragebogen eine erste Datengrundlage geschaffen. Die anonyme Datenerhebung durch die Universität für Bodenkultur Wien wurde bei den Akteuren Forst, Frächter, Holzabnehmer und Sonstige mit dem Online-Fragebogen Tool „Lime-Survey“ unter dem Titel: „Fragebogen zur Schadholzlogistik für Akteure der österreichischen Holzwertschöpfungskette“ durchgeführt.

Von Oktober bis Dezember 2020 wurden in mehreren Überarbeitungsphasen 108 Fragen formuliert und in die Fragegruppen Holztransport, Risikomanagement und Logistikkonzepte gegliedert. Bereits vor der Onlineumsetzung wurden erste Rückmeldungen von drei Experten für statistische Erhebungen verschiedener Institute der Universität für Bodenkultur Wien, Prof. Tintner-Olifiers, Prof. Vogel und Dr. Garaus, eingearbeitet. Nach der Online-Umsetzung wurde ein erster Testlauf mit zehn ExpertInnen für Holztransport des Institutes für Produktionswirtschaft und Logistik der Universität für Bodenkultur Wien durchgeführt und das erhaltene Feedback erneut eingearbeitet. Den Abschluss der Testphase bildete die Rückmeldung von ausgewählten ExpertInnen der einzelnen Akteursgruppen aus der Praxis, die letztes wertvolles Feedback für die verschiedenen Fragebogenvarianten beisteuerten, welches in eine abschließende Überarbeitung des Online-Fragebogens einfluss.

Die Zielgruppen der Befragung wurden durch branchenweite Ankündigungen zur Teilnahme an der Online-Umfrage animiert. Diese beinhaltet neben Kooperationen mit dem Holzkurier und der Forstzeitung auch die direkte Ansprache über das Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus sowie Interessensvertretungen wie

Wirtschaftskammer Österreich (FV Holzindustrie), Kooperationsplattform Forst Holz Papier, Austropapier und Waldverbände. Darüber hinaus wurden ExpertInnen der ÖBf und anderer Forstunternehmen, Holzfrachtunternehmen und Industriebetriebe direkt über das Netzwerk des Institutes für Produktionswirtschaft und Logistik der Universität für Bodenkultur Wien sowie über Absolventenverband der HolzwirtInnen-Newsletter informiert.

Im Untersuchungszeitraum von Anfang Jänner 2021 bis Ende März 2021 sind unter <https://survey.boku.ac.at/993763?lang=de> insgesamt 161 Fragebögen gültig ausgefüllt worden, die nach Prüfung auf Plausibilität und Vollständigkeit in die Auswertung miteinbezogen werden konnten. Diese große Anzahl von Rückmeldungen übertrifft vergleichbare Studien der österreichischen Holzlieferkette mit ähnlicher Vorgehensweise bei der Auswahl der TeilnehmerInnen (z.B. Hedeler et al. 2020 mit 89 gültigen Rückmeldungen) sowie vergleichbare Studien aus Deutschland (Gößwein et al. 2019 mit 97, Becker 2019 mit 34) bzw. Finnland (Palander et al. mit 76, Malinen et al. mit 86) deutlich, sowohl im Umfang aber mehr noch im Detaillierungsgrad der Befragung basierend auf vielen (108) Fragen verschiedenster Kategorien.

Der gesamte Antwortdatensatz wurde anschließend für die Auswertung in SPSS exportiert und in Tabellen, Boxplots, Netz-, Torten-, Säulen- und (gestapelten) Balkendiagrammen verdichtet. Innerhalb der einzelnen Grafiken wurde auf eine konsistente Farbgebung für die Akteure (lila: Gesamt, blau: Forst, orange: Fracht, braun Holzabnehmer) sowie Likert-Skala (grün: sehr, blau: eher, orange: eher nicht/schwach, rot: nicht/schwach) geachtet und durch Angabe des n-Wertes auf den jeweiligen Stichprobenumfang hingewiesen. In Abbildung 6 ist der Startbildschirm der Umfrage ersichtlich.

The image shows the start screen of an online survey. At the top, the title reads 'Fragebogen zur Schadholzlogistik für Akteure der österreichischen Holzwertschöpfungskette'. Below the title are the logos of the 'BOKU Universität für Bodenkultur Wien' and the 'Institut für Produktionswirtschaft und Logistik'. Further down, the logo of the 'Bundesministerium Landwirtschaft, Regionen und Tourismus' is displayed. The project name 'Projekt: Schadholzlogistikleitfaden zur Katastrophenbewältigung (SKAT)' and the funding reference '(Förderung: Pfeil20: 101544)' are listed. A short introductory text in German follows, explaining the purpose of the survey and the anonymity of the responses. At the bottom right, there is a green button labeled 'Weiter'.

Abbildung 5: Startbildschirm der Online-Umfrage (Quelle: eigene Darstellung)

### 3.1.2 Fragenkategorien

Die Grundstruktur des Fragebogens ist eine Mischung aus offenen Fragen, Matrixfragen, Einfach- sowie Mehrfachauswahlfragen und Zahleneingaben. Wie in der Literatur vorgeschlagen, wurde damit ein breites Spektrum an möglichen Antworten der Akteure sichergestellt. Die offenen Fragen dienen der explorativen Entdeckung von (neuen) Phänomenen, während die standardisierten Matrixfragen und Zahleneingaben aufgrund ihrer Vergleichbarkeit eine Datengrundlage für die statistische Auswertung liefern.

Dabei wurden jeweils drei Fragegruppen (Holztransport, Risikomanagement, Logistikkonzepte) für vier Akteure (Forstwirtschaft, Frachtunternehmen, Holzabnehmer, Sonstige) erstellt. Für die Endversion wurden 108 Fragen (inklusive Zuordnungsfragen zu Geschlecht, Branchenerfahrung und Tätigkeitsbereich) formuliert. Die Anzahl der Fragen der einzelnen Akteure Forstwirtschaft, Frachtunternehmen, Holzabnehmer und Sonstige beträgt 26, 32, 27 und 20. Die Fragenaufteilung auf die unterschiedlichen Fragetypen ist in Tabelle 6 ersichtlich.

Sowohl bei den Matrixfragen als auch bei der Liste (Optionsfelder) kamen vierstufige Likert-Skalen mit den Auswahlmöglichkeiten „Stimme sehr zu“, „Stimme eher zu“, „Stimme eher nicht zu“ und „Stimme nicht zu“ bzw. „Sehr hoch“, „Eher hoch“, „Eher gering“ und „Sehr gering“ zum Einsatz. Zur Vermeidung von zur Mitte tendierenden Antworten, wurde entsprechend den Empfehlungen in der Literatur eine gerade Antwortskala gewählt.

Tabelle 6: Anzahl der verschiedenen Fragetypen der Online-Befragung. (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

<b>Fragetypen der Online-Umfrage</b>	
Mehrfache numerische Eingabe	20
Zahleneingabe	19
Matrix	25
Liste (Optionsfelder)	10
Mehrfachauswahl	8
Ja/Nein	5
Offene Frage	21
<b>Gesamt</b>	<b>108</b>

Im Folgenden werden die unterschiedlichen Fragetypen anhand von ausgewählten Beispielfragen aus den einzelnen Fragebögen dargestellt:

**Forstwirtschaft Holztransport**

**\*1.1) Für welche Entfernungen zwischen Wald und Industrie setzen Sie folgende Transportmodi für den Rundholztransport ein (Schätzung in km)?**

• Nur Zahlen dürfen in diese Felder eingegeben werden.

Kran-LKW-Transport zum Abnehmer (Minimum)  km

Kran-LKW-Transport zum Abnehmer (Maximum)  km

Transport mit Kran-LKW aus dem Wald, Umschlag auf Sattelaufleger und Sattelzug-Transport zum Abnehmer (Minimum)  km

Transport mit Kran-LKW aus dem Wald, Umschlag auf Sattelaufleger und Sattelzug-Transport zum Abnehmer (Maximum)  km

Transport mit Kran-LKW aus dem Wald, Umschlag auf Bahn-Waggon und Bahn-Transport zum Abnehmer (Minimum)  km

Transport mit Kran-LKW aus dem Wald, Umschlag auf Bahn-Waggon und Bahn-Transport zum Abnehmer (Maximum)  km

• Für jedes der drei Transportmodi (Kran, Sattel, Bahn), das Sie einsetzen bitte sowohl für das Minimum als auch für das Maximum einen Wert größer 0 wählen. Sollten Sie ein Transportmodi nicht einsetzen dann sowohl bei Minimum als auch bei Maximum den Wert 0 eintragen.

Abbildung 6: Mehrfache numerische Eingabe (Quelle: eigene Darstellung)

**Forstwirtschaft Holztransport**

**\*1.5) Wie viele unterschiedliche Abnehmer beliefern Sie durchschnittlich mit Rundholz?**

• In dieses Feld dürfen nur Zahlen eingegeben werden.

Abnehmer

Abbildung 7: Zahleneingabe (Quelle: eigene Darstellung)

**Frachtunternehmen Risikomanagement**

**\*2.6) Wie stark stimmen Sie der Aussage zu: Es gibt Verbesserungspotential in der Zusammenarbeit mit den Forstbetrieben beim Transport von Schadholz bezüglich...**

	Stimme sehr zu	Stimme eher zu	Stimme eher nicht zu	Stimme nicht zu
Planung der Transportmengen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Informationsfluss	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reaktionsgeschwindigkeit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kommunikation, Interaktionshäufigkeit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Arbeitsklima	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Zuverlässigkeit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gemeinsames Datenmanagement	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Elektronische Datenübertragung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Prozesskosten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abbildung 8: Matrixfrage (Quelle: eigene Darstellung)

**Forstwirtschaft Risikomanagement**

**\*2.6) Wie stark stimmen Sie der Aussage zu: Es gibt Verbesserungspotential bei der Zusammenarbeit mit der Bahn während der Schadh Holzkrise ...**

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:

Stimme sehr zu     
 Stimme eher zu     
 Stimme eher nicht zu     
 Stimme nicht zu

Abbildung 9: Liste (Optionsfelder) (Quelle: eigene Darstellung)

**Frachtunternehmen Risikomanagement**

**\*2.5) Welche Maßnahmen hat Ihr Betrieb vorab zur Bewältigung von Kalamitätsmengen getroffen?**

Bitte wählen Sie die zutreffenden Antworten aus:

- Errichtung von (zusätzlichen) Lagerflächen für Nasslager
- Errichtung von (zusätzlichen) Lagerflächen für Folienlager
- Errichtung von (zusätzlichen) Lagerflächen für Trockenlager
- Erwerb von (zusätzlichen) Sattelschleppern
- Erwerb von (zusätzlichen) Kran-LKWs
- Zusätzliches Personal
- Schulung des Personals
- Entwicklung von Notfallplänen
- Computersimulationen, Software-Tools, Digitalisierung
- Langfristige Kooperation/Verträge mit Forstbetrieben
- Langfristige Kooperation/Verträge mit Abnehmern
- Sonstiges:

Abbildung 10: Mehrfachauswahl (Quelle: eigene Darstellung)

**Holzabnehmer Logistikkonzepte**

**\*3.4) Nutzen Sie im Rahmen des Rundholztransportes Holzverladebahnhöfe (=Bahnterminals)?**

Ja

Nein

Abbildung 11: Ja/Nein Frage (Quelle: eigene Darstellung)

## Sonstige Akteure Risikomanagement

\*2.8) Wie könnte die Bewältigung einer Kalamität mit großem Schadholzanfall bezüglich der Zusammenarbeit der Forstbetriebe mit den Abnehmern verbessert werden?

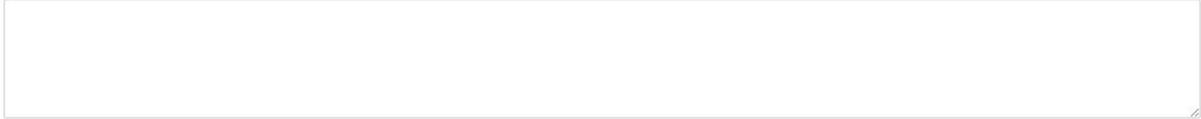


Abbildung 12: Offene Frage (Quelle: eigene Darstellung)

### 3.1.3 Studienteilnehmende

Die Tätigkeitsbereiche der Studienteilnehmenden basierend auf dem endgültigen Antwortdatensatz (n=161) sind in den Abbildungen 13 und 14 ersichtlich. Diese zeigt klar ein ausgewogenes Verhältnis der einzelnen Akteursgruppen der österreichischen Holzlieferkette, womit von einer repräsentativen Stichprobe auszugehen ist. Abbildung 14 zeigt, dass Groß-, und Kleinwaldbesitzer mit dieser Befragung in einem ähnlichen Ausmaß erreicht wurden. Bei den Holzabnehmern war die Rücklaufquote der Sägeindustrie (22%) besonders hoch.

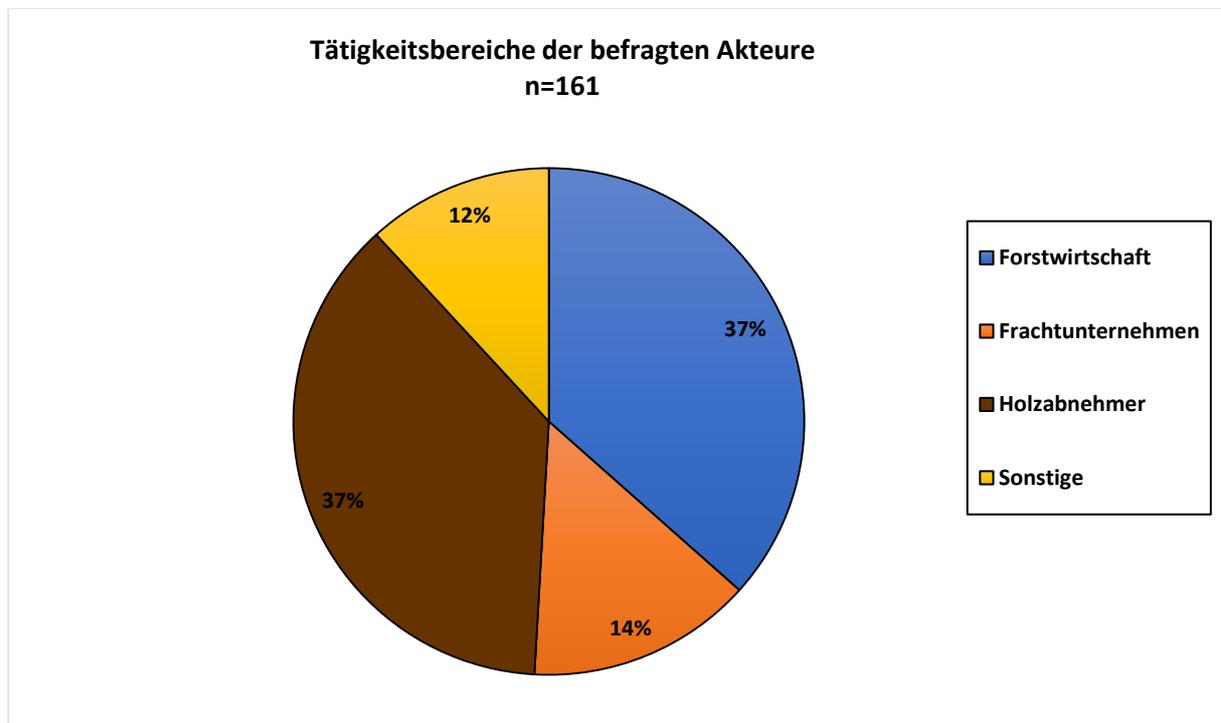


Abbildung 13: Tätigkeitsbereich der befragten Akteure (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

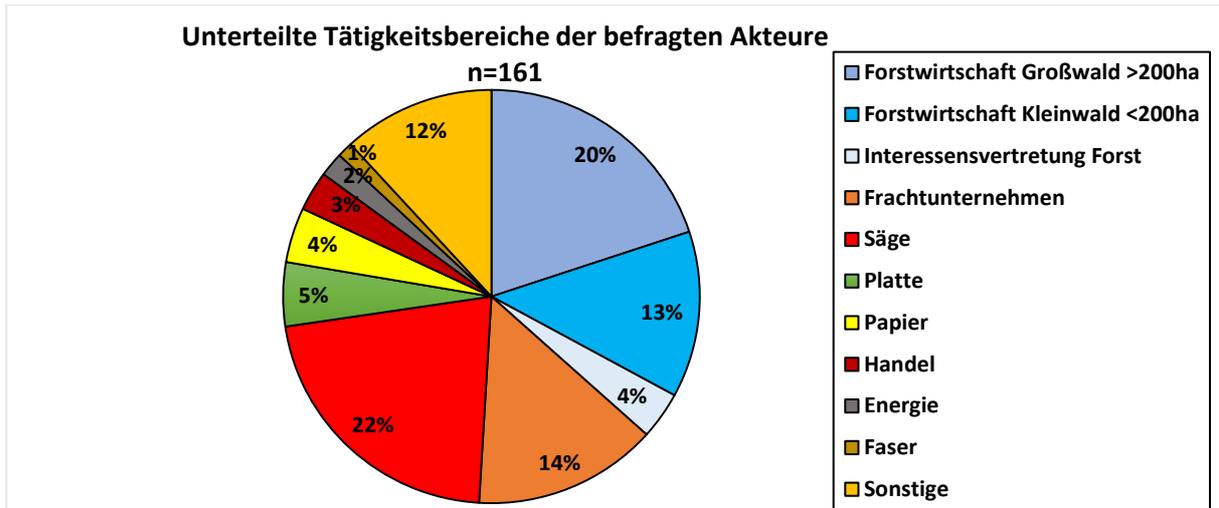


Abbildung 14: Unterteilter Tätigkeitsbereich der befragten Akteure (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

142 Studienteilnehmende gaben ihr Geschlecht an, von den Befragten sind neun weiblich, dies ergibt einen Anteil von 6,3%. Von diesen neun Frauen sind zwei in der Forstwirtschaft tätig (22%), vier in Frachtunternehmen (44%), zwei in der Industrie (22%) und eine ist dem Akteur Sonstige zuzurechnen.

Abbildung 15 zeigt die Verteilung der angegebenen Branchenerfahrung in Jahren gegliedert nach Akteursgruppen. Der Median der Akteure Kleinwald und Frachtunternehmen liegt mit 30 Jahren durchschnittlich fünf Jahre über dem Schnitt der Wertschöpfungskette.

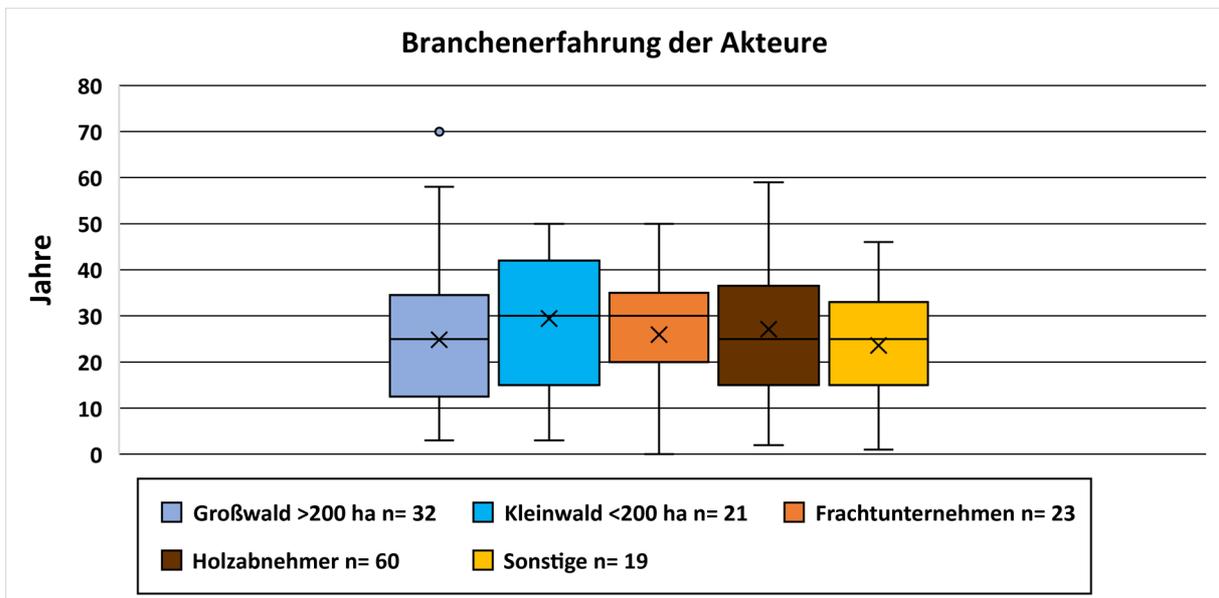


Abbildung 15: Unterteilte Branchenerfahrung der befragten Akteure (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

Die Interaktion der Akteure innerhalb der Wertschöpfungskette ist in Abbildung 16 durch Darstellung der Verteilung der Anzahl der Kooperationsbetriebe quantifiziert. Die vorwiegend regional agierenden Forstbetriebe und Frachtunternehmen arbeiten mit deutlich weniger Akteuren der Wertschöpfungskette zusammen als die vermehrt international ausgerichteten Holzabnehmer, die Rundholz auch aus anderen Ländern beziehen.

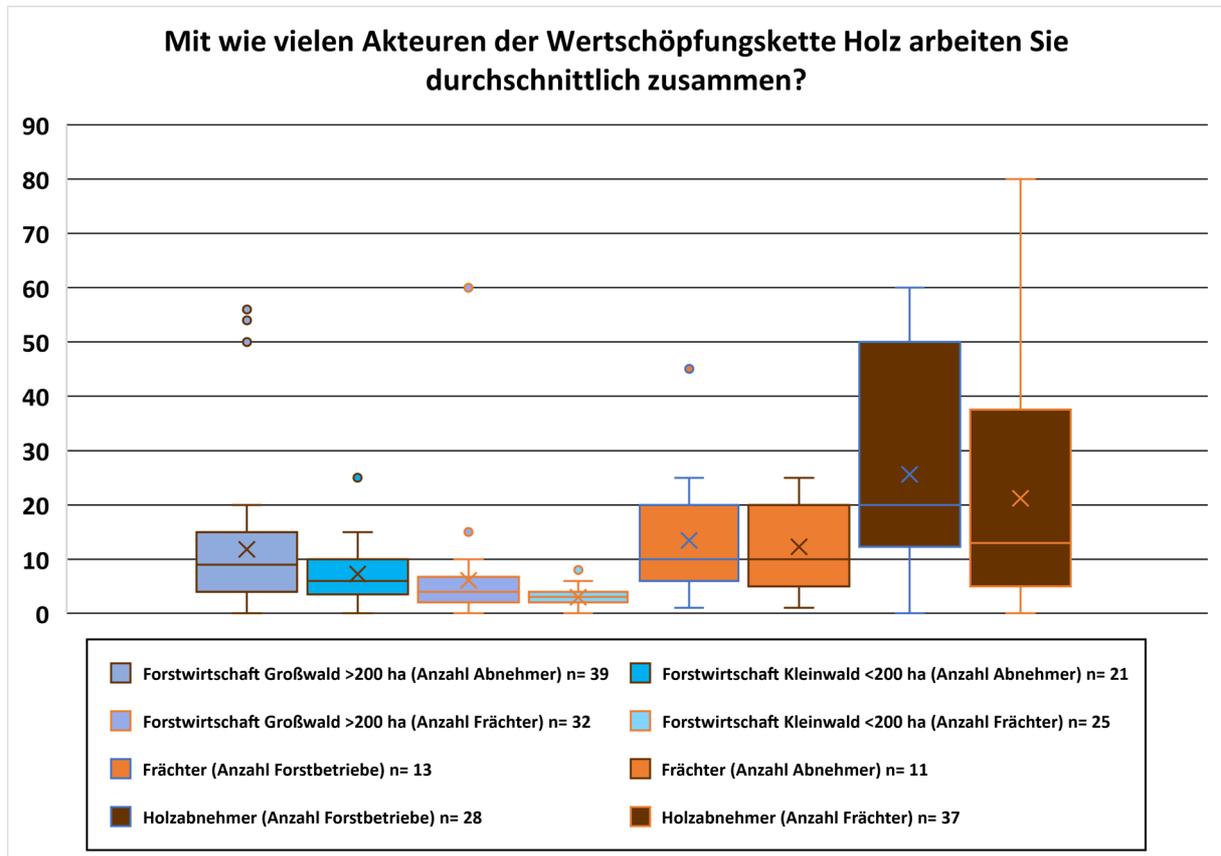


Abbildung 16: Zusammenarbeit der Wertschöpfungskette Holz. Die Farbgebung der Boxplot-Rahmen entspricht der jeweiligen Akteursgruppe mit der zusammengearbeitet wird (blau Forstwirtschaft, braun Holzabnehmer, orange Frächter) (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

### 3.2 Ausgewählte Ergebnisse

Auswertungen zu Transportmodi und Erfüllungsort geben einen ersten logistischen Überblick zur Einordnung der signifikanten Ergebnisse der folgenden Varianzanalysen (ANOVA) zu Transportdistanz und Wartezeiten. Daran anschließend werden Studienergebnisse zur Lagerhaltung und zum Bahntransport präsentiert. Den Abschluss bilden detaillierte Auswertungen zu den beteiligten Akteuren Forstwirtschaft, Frachtunternehmen und Holzabnehmer.

### 3.2.1 Transportmodi

Beim Rundholztransport setzen die befragten Akteure, über die gesamte Wertschöpfungskette betrachtet, bevorzugt den Transportmodus Kran-LKW ein (65%), wobei sich auch der Sattelzug stetig steigender Beliebtheit (16%) erfreut und überraschenderweise schon nahe an den Prozentwert des Bahntransports (19%) herankommt (siehe Abbildung 17).

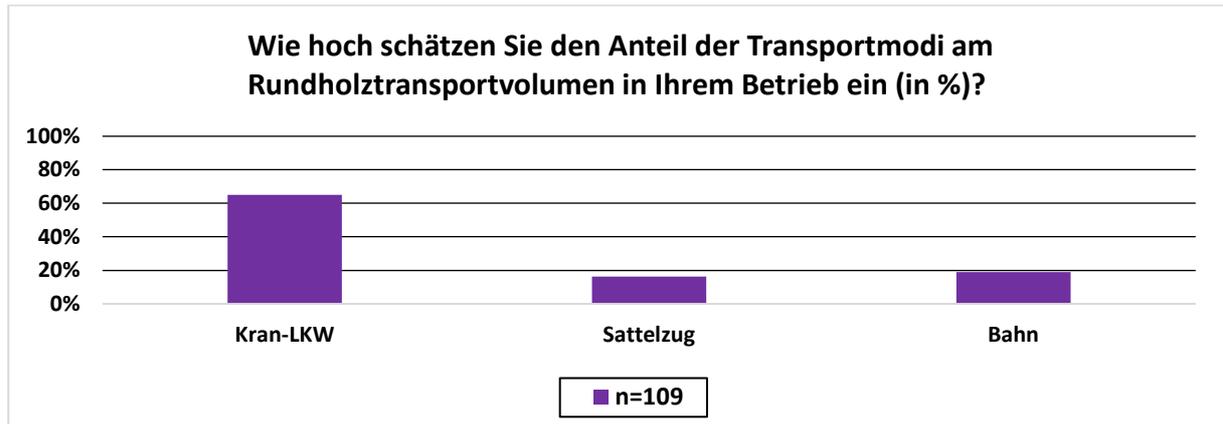


Abbildung 17: Anteil der Transportmodi am Rundholztransportvolumen der Wertschöpfungskette Holz (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

Wie in Abbildung 18 ersichtlich, gleichen sich die Prozentwerte der verwendeten Transportmodi für den Kran LKW-Transport der Akteure Großwald, Frachtunternehmen und Holzunternehmer. Während die Anteile beim Transportmodus Sattelzug ähnlich hoch sind, verwenden die befragten KleinwaldbesitzerInnen den Kran-LKW Transport häufiger als Großwaldbetriebe, die wiederum aufgrund der längeren durchschnittlichen Transportdistanzen mehr auf den Bahn Transport setzen.

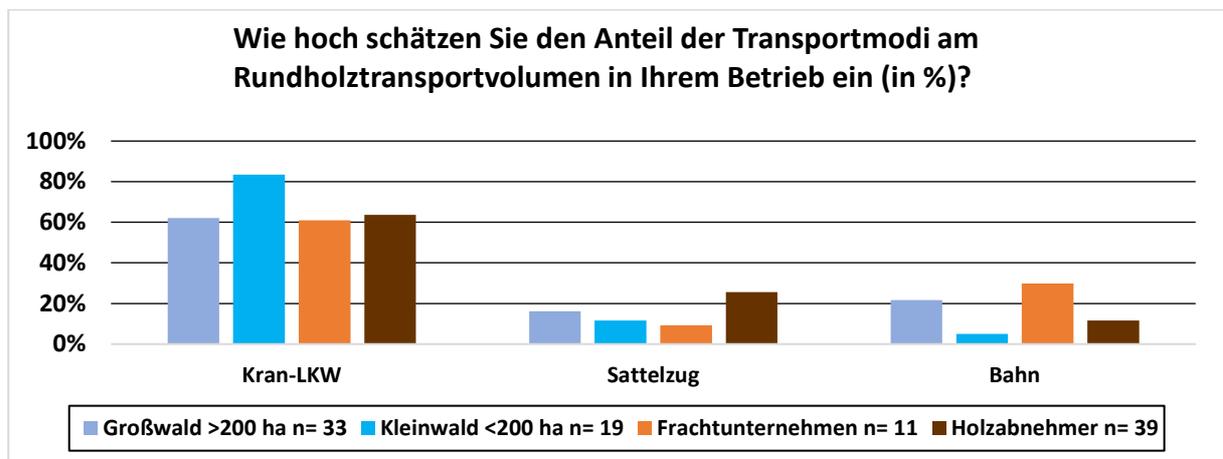


Abbildung 18: Anteil der Transportmodi am Rundholztransportvolumen der einzelnen Akteure (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

### 3.2.2 Erfüllungsort

Der bevorzugte Erfüllungsort bei der Holzbereitstellung der gesamten Forstbetriebe und Holzabnehmer ist in Abbildung 19 zu sehen. Mit 58% Anteil wird die Holzbereitstellung in erster Linie an der Forststraße durchgeführt, 34% macht der Erfüllungsort Frei Werk aus, während der Stockkauf mit 8% Anteil nur eine untergeordnete Rolle spielt.

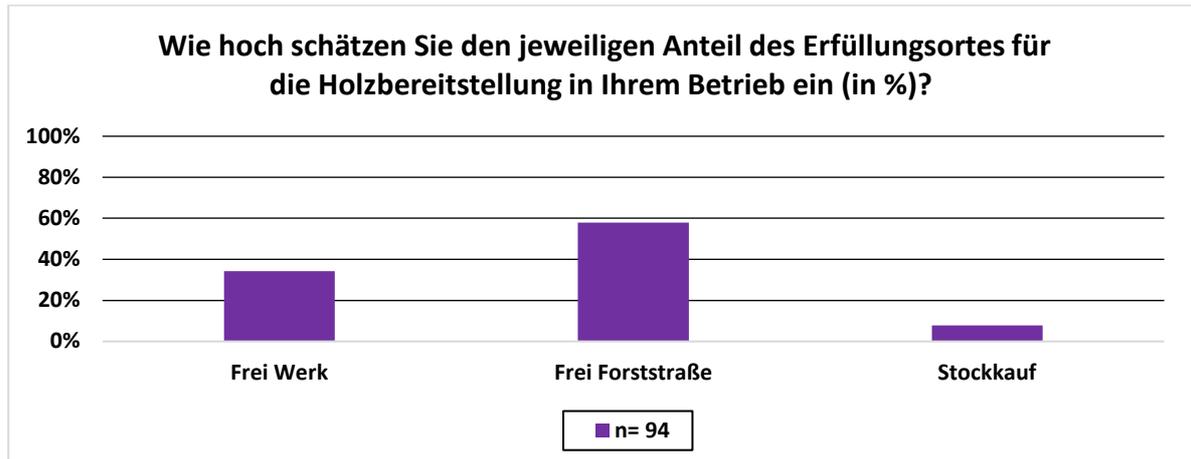


Abbildung 19: Akkumulierter Anteil des Erfüllungsortes für die Holzbereitstellung der befragten Forstbetriebe und Holzabnehmer (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

Aufgrund der kleineren Chargen und der geringeren durchschnittlichen Transportdistanz sind die Erfüllungsorte „Frei Forststraße“ und „Stockkauf“ beim Kleinwald deutlich höher eingestuft als bei dem Großwald und den Holzabnehmern (Abbildung 20). Auffallend ist die sehr ähnliche Einschätzung der Akteure Großwald und Holzabnehmer.

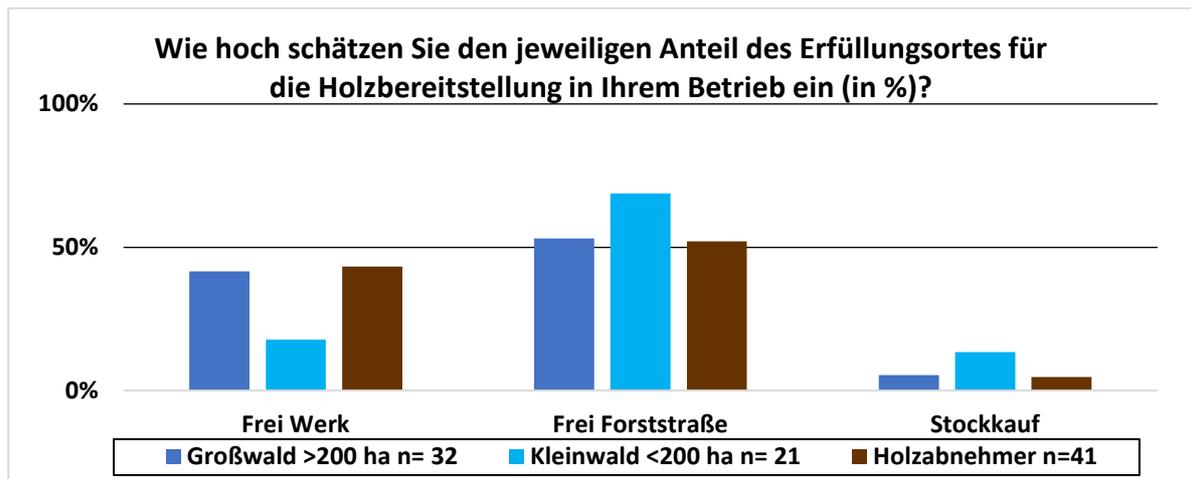


Abbildung 20: Anteil des Erfüllungsortes für die Holzbereitstellung der Forstbetriebe und Holzabnehmer (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

### 3.2.3 Transportdistanz

Im Rahmen der Online-Befragung wurde die minimale und maximale Transportdistanz beim Einsatz dreier unterschiedlicher Transportmodi (Kran-LKW-Transport zum Abnehmer; Transport mit Kran-LKW aus dem Wald, Umschlag auf Sattelaufleger und Sattelzug-Transport zum Abnehmer; Transport mit Kran-LKW aus dem Wald, Umschlag auf Bahn-Waggon und Bahn-Transport zum Abnehmer) abgefragt. Um auf signifikante Unterschiede zwischen den Transportdistanzen der Akteure zu testen, wurde für die Datensätze im Statistikprogramm SPSS eine Varianzanalyse (ANOVA) mit einem p-Wert von 0,05 durchgeführt. Zur Testung, ob der Tätigkeitsbereich der Akteure einen Einfluss auf die angegebene Transportdistanz beim Rundholztransport hat wurden vorab die Nullhypothese „Die Transportdistanz ist für die drei Akteursgruppen gleich“ ( $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu$ ) und die Alternativhypothese „Die Transportdistanz ist für mindestens zwei Akteursgruppen verschieden“ ( $H_A: \exists i, j \mu_i \neq \mu_j$ ) formuliert. In folgenden drei Fällen wird die Nullhypothese abgelehnt, womit sich die Entfernungsangaben bei den Transportmodi je nach Akteursgruppe signifikant unterscheiden:

- Kran-LKW-Transport zum Abnehmer (Maximum)= 0,017 <  $\alpha = 0,05$
- Transport mit Kran-LKW aus dem Wald, Umschlag auf Sattelaufleger und Sattelzug-Transport zum Abnehmer (Maximum)= 0,041 <  $\alpha = 0,05$
- Transport mit Kran-LKW aus dem Wald, Umschlag auf Bahn-Waggon und Bahn-Transport zum Abnehmer (Maximum)= 0,001 <  $\alpha = 0,05$

Abbildung 21 zeigt die durchschnittlichen Schätzungen zu minimalen und maximalen Einsatzdistanzen der Rundholztransportmodi der Akteure Forstwirtschaft, Frachtunternehmen und Holzabnehmer. Auffallend ist, dass sich die Maximalangaben der Gruppen jeweils signifikant voneinander unterscheiden (gelber Stern). Die durchschnittliche Maximaldistanz aller Akteure beträgt beim Kran-LKW Transport zum Abnehmer 130 km, beim Umschlag auf den Sattelzug und anschließendem Transport zum Abnehmer 140 km. Beim multimodalen Transportmodus mit Umschlag auf den Bahn Waggon wurde im Schnitt eine Maximaldistanz von 330 km ermittelt. Frachtunternehmen schätzen die Distanz bei ihrem bevorzugten Transportmodus, dem direkten Kran-LKW Transport, erwartungsgemäß am höchsten ein ( $\emptyset$  Maximaldistanz 160 km). Beim Kran-LKW Transport aus dem Wald und Umschlag auf Sattelaufleger erreichen die Holzabnehmer einen Wert von etwa 190 km Transportdistanz. Diese Angaben dürften noch einen hohen Anteil an innerösterreichischen sowie internationalen Rundholztransporten aus grenznahen Bereichen der Nachbarländer (z.B. Tschechien) zur Industrie enthalten. Der LKW-Transport mit Bahnumschlag ergibt für Forstbetriebe und Holzabnehmer die größten Transportdistanzen. Forstbetriebe setzen die Bahn bei bundesländerübergreifendem Transport ein. Die heimische Industrie verwendet den Bahnumschlag für die Abwicklung internationaler Rundholzimporte mit größeren Transportdistanzen.

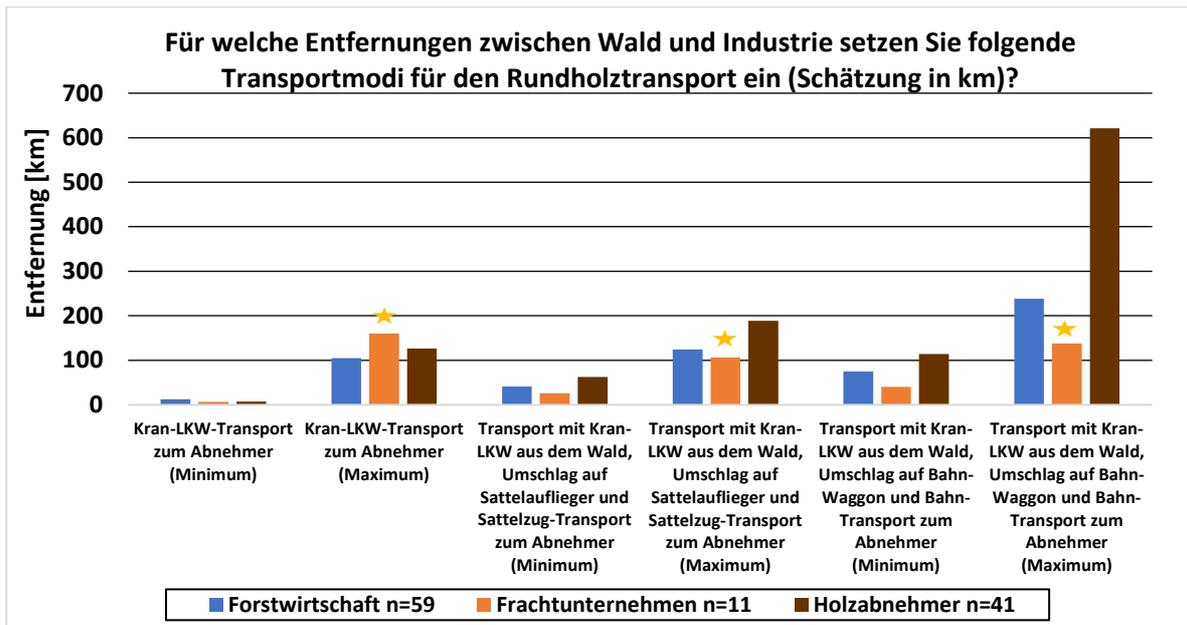


Abbildung 21: Durchschnittliche Minimal- und Maximalentfernungen bei Einsatz der Rundholz Transportmodi (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

Die Abbildungen 22 und 23 zeigen die Einflussfaktoren auf die Entfernungsangaben der Forstbetriebe und Frachtunternehmen. Mit knapp über 50% Zustimmung ist der Organisationsaufwand für die Forstbetriebe und Frachtunternehmen ein zu berücksichtigendes Kriterium beim Rundholztransport. Auffällig ist, dass die CO<sub>2</sub> Bilanz beim Rundholztransport für die Forstwirtschaft mit 32% nur eine untergeordnete Rolle spielt, wohingegen diese für Frachtunternehmen mit 63% wesentlich wichtiger ist. Im Zentrum stehen aber klar die Kriterien Transportkosten und Verlässlichkeit mit durchschnittlichen Zustimmungswerten von 79 und 77% für die 72 befragten Unternehmen.

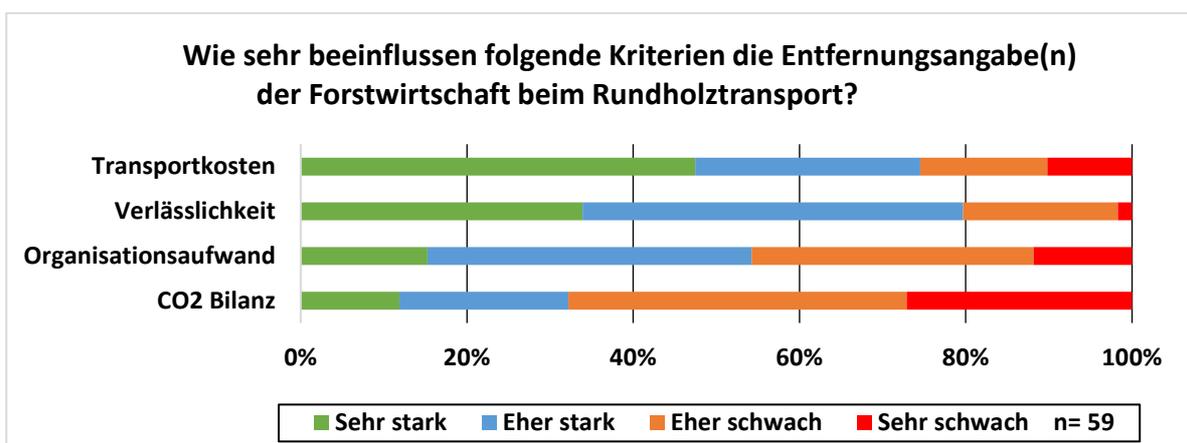


Abbildung 22: Einflussfaktoren auf die Entfernungsangaben der Forstbetriebe (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

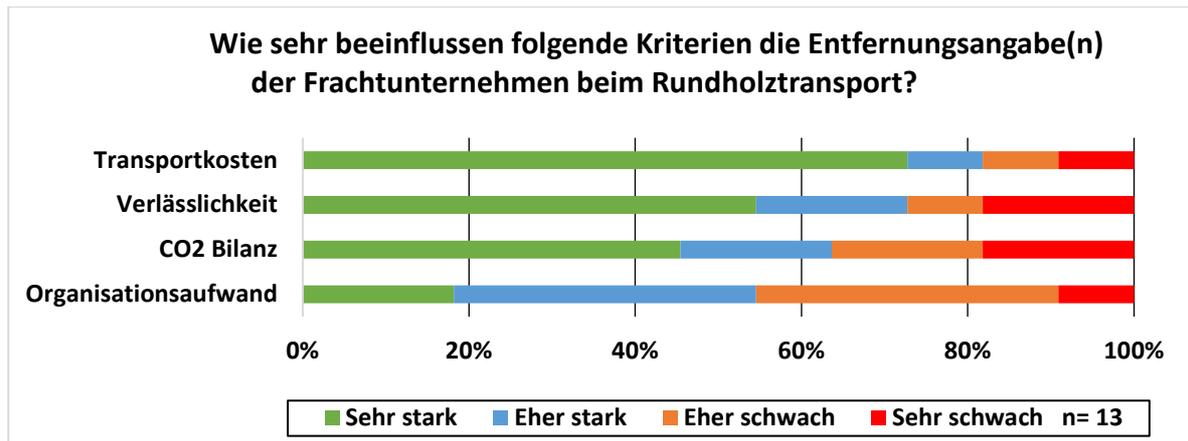


Abbildung 23: Einflussfaktoren auf die Entfernungsangaben der Frachtunternehmen (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

### 3.2.4 Wartezeiten

Im Rahme der Studie wurde die Schätzung der durchschnittlichen Wartezeit der Kran-LKW bei Rundholzlieferungen im Normal- sowie im Schadholzfall bei Umschlag auf den Sattelzug, Umschlag Waggon und Entladung Industrie ermittelt. Um auf signifikante Unterschiede zwischen den Angaben Akteure bezüglich der Wartezeit der Kran-LKW beim Umschlag zu testen, wurde bei für den Datensatz im Statistikprogramm SPSS erneut eine Varianzanalyse (ANOVA) mit einem p-Wert von 0,05 durchgeführt. Zur Testung, ob der Tätigkeitsbereich der Akteure einen Einfluss auf die angegebene Wartezeit beim Rundholztransport hat wurden vorab Nullhypothese „Die Wartezeit bei Rundholzlieferungen ist für die drei Akteursgruppen gleich“ ( $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu$ ) und Alternativhypothese „Die Wartezeit bei Rundholzlieferungen beim Umschlag unterscheidet sich bei mindestens zwei Akteursgruppen“ ( $H_A: \exists i, j \mu_i \neq \mu_j$ ) formuliert. In folgenden zwei Fällen wird die Nullhypothese abgelehnt, womit sich die Wartezeit bei der Industrie Entladung sowohl im Normal- als auch im Kalamitätsfall signifikant unterscheidet.

- Entladung Industrie (Normal)= 0,002 <  $\alpha = 0,05$
- Entladung Industrie (Kalamität)= 0,001 <  $\alpha = 0,05$

Die durchschnittlichen Wartezeiten aller Akteure sind im Kalamitätsfall viel höher als im Normalfall. So beträgt die Wartezeit beim Umschlag Sattel im Normalfall 15 Minuten, im Kalamitätsfall 24 Minuten, was einer Erhöhung um 160% entspricht. Beim Bahnumschlag beträgt die Wartezeit der Akteure im Normalfall durchschnittlich 20 Minuten. Im Schadholzfall wird die Wartezeit mit 38 Minuten fast doppelt so hoch eingeschätzt (+194%). Am größten ist der Unterschied bei der Entladung am Industriestandort. Unter normalen Bedingungen ergibt

sich ein Mittelwert von 21 Minuten Wartezeit, in einer Schadholzkrise warten die Akteure 65 Minuten (+315%).

In Abbildung 24 sind die durchschnittlichen Wartezeiten der Kran-LKW bei Umschlag bzw. Entladung bei Rundholzlieferungen im Normal- und Kalamitätsfall dargestellt. Die befragten Akteure schätzen naturgemäß die Wartezeiten im Schadholzfall deutlich höher als im Normalfall ein. Die Angaben der einzelnen Akteure für den Sattelumschlag im Normal- und Kalamitätsfall sowie für den normalen Waggonumschlag schwanken nur leicht um den Schätzwert von 20 Minuten. Wesentlich höher wird die Wartezeit für die Waggonumladung nach einer Kalamität vor allem von Forstwirtschaft und Frachtunternehmen eingeschätzt. Da sich die Angaben für Sattel- und Waggonumschlag zwischen den Akteuren gleichen, ist von einer guten Prozesskenntnis der verschiedenen Akteure auszugehen. Verwunderlich ist daher der signifikante Unterschied der Einschätzungen der Wartezeiten für die Entladung in der Industrie (gelber Stern).

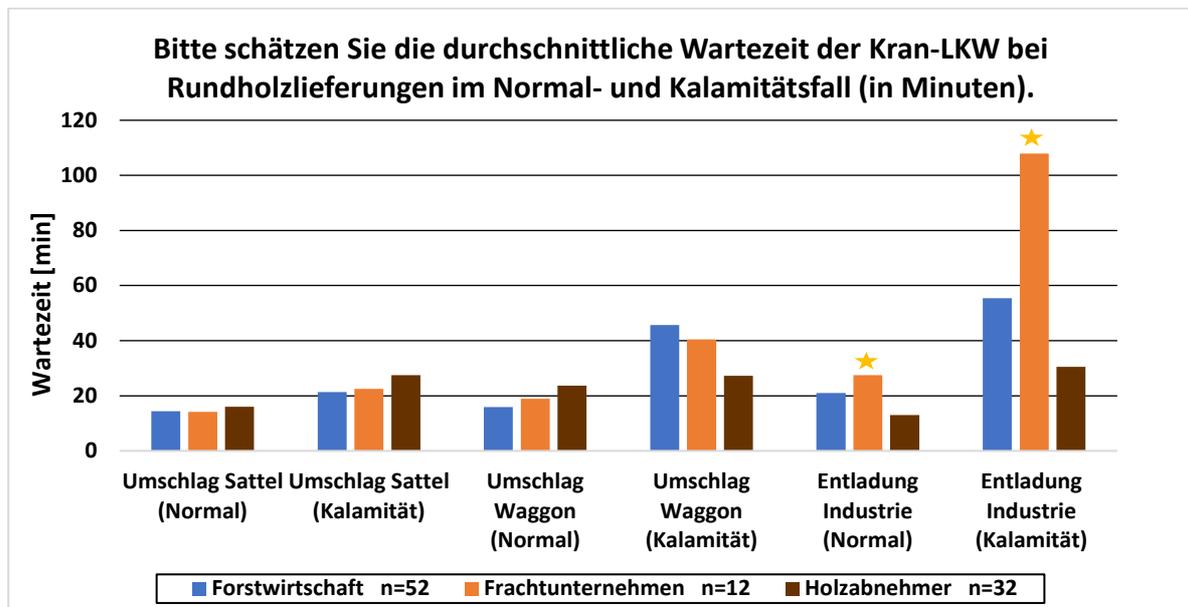


Abbildung 24: Wartezeiten der Kran-LKW bei Umschlag/Entladung im Normal- und Kalamitätsfall (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

### 3.2.5 Lagerhaltung

In Tabelle 7 sind die von der Forstwirtschaft sowie den Holzabnehmern verwendeten Lagerkonzepte für Schadholz nach der Häufigkeit der Nutzung gereiht. Akkumuliert betrachtet sind Trockenlager außerhalb des Waldes mit 57 % sowie Industrielager mit 53% die meistverwendete Lagerungsmöglichkeit. Erwartungsgemäß entfällt bei den Trockenlagern außerhalb des Waldes der höhere Wert auf die Forstwirtschaft (57%) und bei Industrielager

auf die Holzabnehmer (70%). Sowohl bei den Nasslagern außerhalb des Waldes als auch Trockenlager innerhalb des Waldes stehen bei der Forstwirtschaft mit 38% höher im Kurs als bei den Holzabnehmern mit 22 bzw. 19%. Durchaus überraschend ist der hohe Gesamtwert von 27% für Lager in Nähe von Bahnterminals, die speziell von der Forstwirtschaft zu mehr als einem Drittel verwendet werden und damit speziell für diese von Bedeutung sind. Die ähnlich hohe Einschätzung der Akteure hinsichtlich der Lagerung auf beihilfefähigen Flächen wie z.B. Ackerfläche oder Dauergrünland zeigt deutlich, dass im Zuge der Schadholzkrise auch diese Lagerflächen aufgrund bereits erschöpfter Lagerkapazitäten von beiden Seiten zusätzlich beantragt wurden. Mit einem Anteil von 12% haben Nasslager innerhalb des Waldes eine geringe Bedeutung und Folienlager generell eine sehr geringe. Interessant ist der sehr geringe Prozentwert für die Antwortmöglichkeit „Keine“, die unterstreicht, wie wichtig das Thema der Lagerung im Schadholzfall für alle beteiligten Akteure ist.

Tabelle 7: Verwendete Lagerkonzepte für Schadholz der befragten Forstbetriebe und Holzabnehmer. Hinterlegte Farbskala von grün (stimme sehr zu) über gelb/orange bis zu rot (stimme gar nicht zu) (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

<b>Welche dieser Lagerungsmöglichkeiten verwenden Sie für angefallenes Schadholz?</b>			
<b>Maßnahmen</b>	<b>Gesamt n=74</b>	<b>Forst- wirtschaft n=47</b>	<b>Holz- abnehmer n=27</b>
Trockenlager außerhalb des Waldes	57%	57%	56%
Industrielager	53%	36%	70%
Nasslager außerhalb des Waldes	30%	38%	22%
Trockenlager innerhalb des Waldes	28%	38%	19%
Lager bei/nahe Bahnterminal	27%	36%	19%
Lagerung auf beihilfefähigen Flächen	27%	28%	26%
Nasslager innerhalb des Waldes	12%	9%	15%
Keine	6%	9%	4%
Folienlager außerhalb des Waldes	4%	4%	4%
Folienlager innerhalb des Waldes	3%	6%	0%

In den Abbildungen 25–27 sind gewichtete Aussagen der befragten Akteure bezüglich der Lagerungsmöglichkeiten in der Schadholzkrise ersichtlich. Alle drei Akteure halten die

Lagerstätten jeweils für gut erreichbar (Forstbetriebe & Frachtunternehmen 91%, Holzabnehmer 88%). Wenig überraschend ist den Frachtunternehmen der vermehrte Einsatz regionaler Holzlagerplätze besonders wichtig (91%), während Forstbetriebe und Holzabnehmer dem, wohl aufgrund des Vorhandenseins eigener Lager, weniger stark zustimmen (77 und 78%). Die vorhandene Kapazität wird von Forstbetrieben mit 73% und von Holzabnehmern mit 75% Zustimmung auch im Katastrophenfall als ausreichend erachtet, während lediglich 45% der Frachtunternehmen dieser Aussage zustimmen. Dies ist wohl auf geringe Lagerkapazitäten bei der Bahn zurückzuführen, da bei Frachtunternehmen knapp ein Drittel des Rundholztransportvolumens auf den Schienentransport entfällt. Die digitalisierte Lagerplanung wird von den Forstbetrieben (65%), vor den Holzabnehmern (70%) und den Frachtunternehmen (72%) in einem ähnlichen Ausmaß als ausbaufähig wahrgenommen.

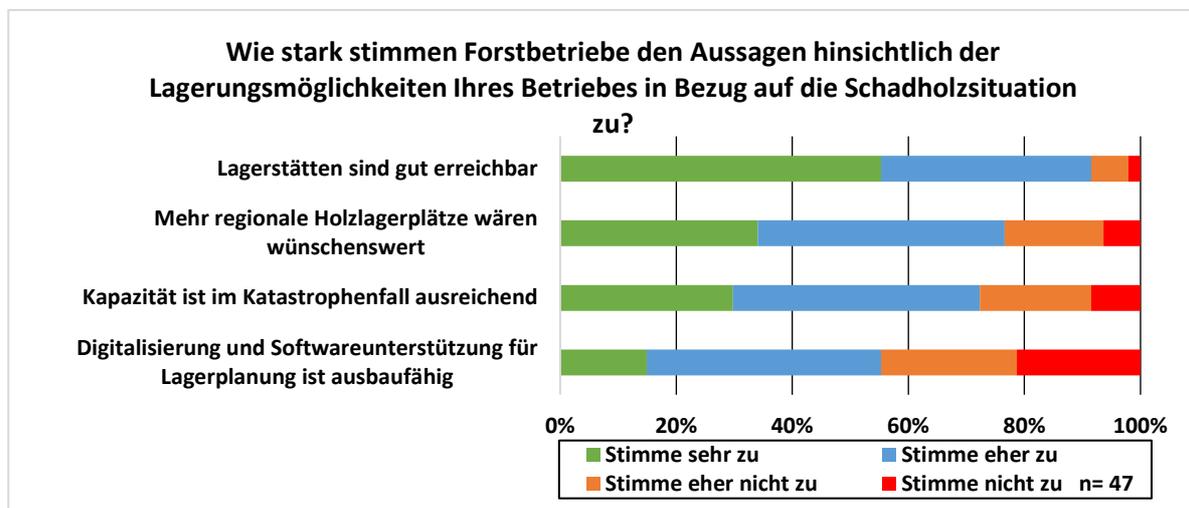


Abbildung 25: Bewertung der Aussagen hinsichtlich der Lagerungsmöglichkeiten durch Forstbetriebe (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

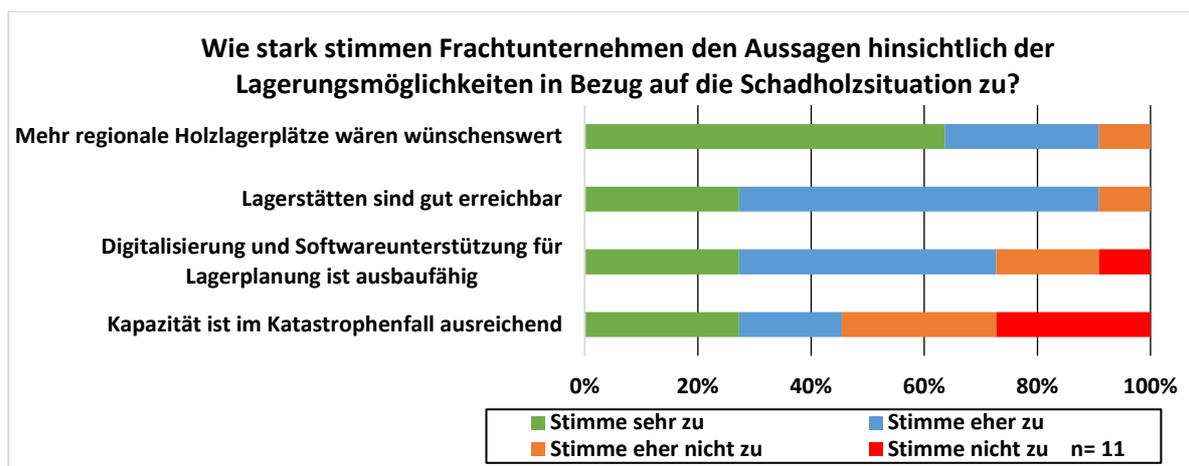


Abbildung 26: Bewertung der Aussagen hinsichtlich der Lagerungsmöglichkeiten durch Frachtunternehmen (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

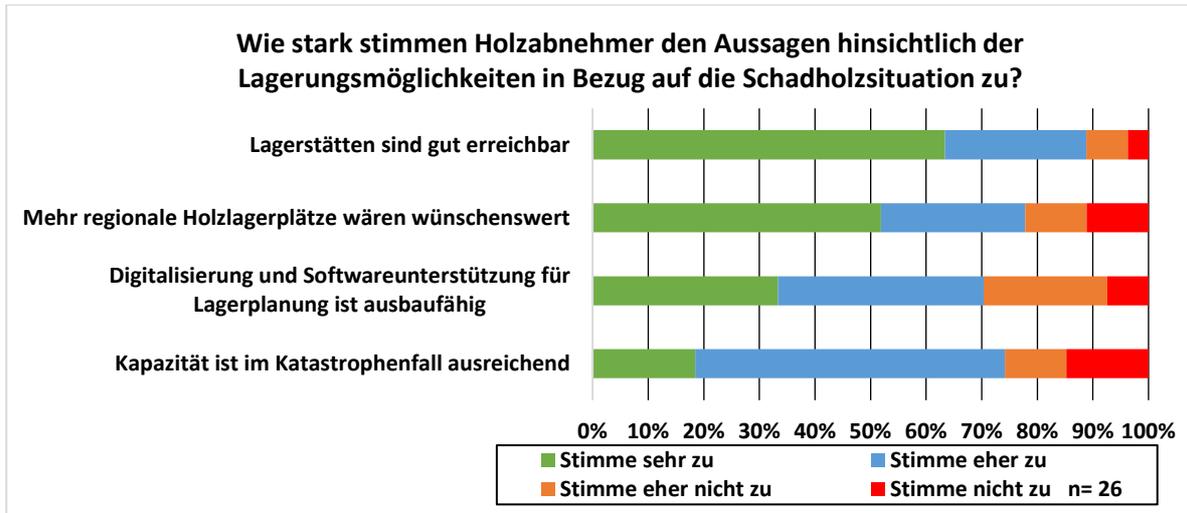


Abbildung 27: Bewertung der Aussagen hinsichtlich der Lagerungsmöglichkeiten durch Holzabnehmer (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

### 3.2.6 Bahntransport

Die anteiligen Entfernungen vom Betrieb zum jeweils nächsten Holzverladebahnhof der Akteure Forst und Fracht sind in Abbildung 28 dargestellt. Für 75% der Befragten liegt der nächste Holzverladebahnhof im Umkreis von 50 km. Für beinahe ein Fünftel (17%) der Betriebe beträgt die Entfernung aber mehr als 100 km, was auf den fortgeschrittenen Rückzug aus der Fläche durch die Bahn schließen lässt.

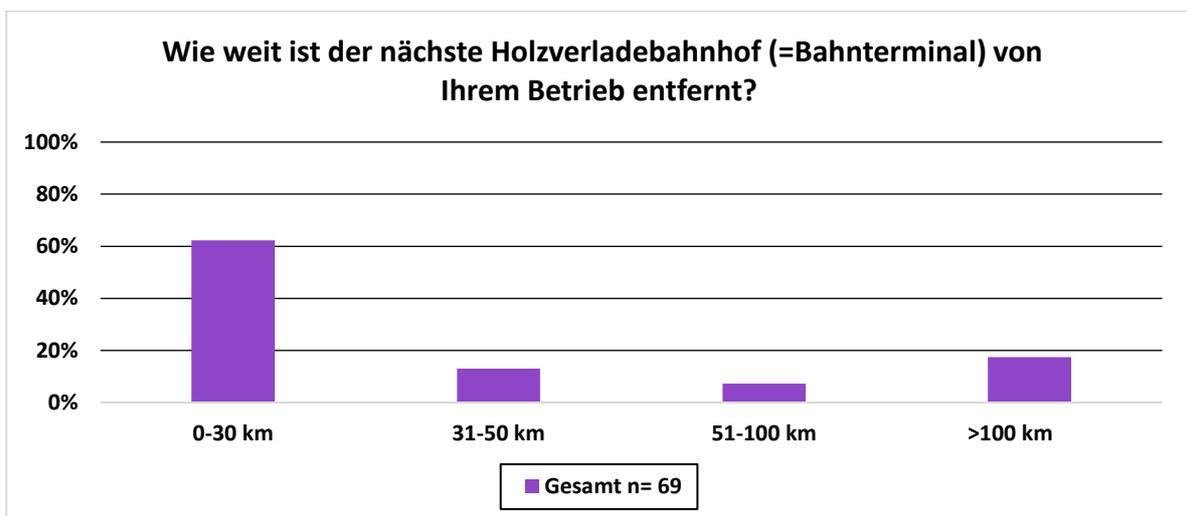


Abbildung 28: Anteile der Entfernungen zu den nächsten Holzverladebahnhöfen der Forstbetriebe und Frachtunternehmen (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

Abbildung 29 zeigt die anteiligen Entfernungen der befragten Forstbetriebe und Frachtunternehmen zu den nächstgelegenen Holzverladebahnhöfen. Der Großteil der Betriebe der befragten Akteure weist im Umkreis von 30 km einen Zugang zu einem Holzverladebahnhof auf. Die größten Distanzen zu den Bahnhöfen weisen die Kleinwaldbesitzer und Frachtunternehmen auf.

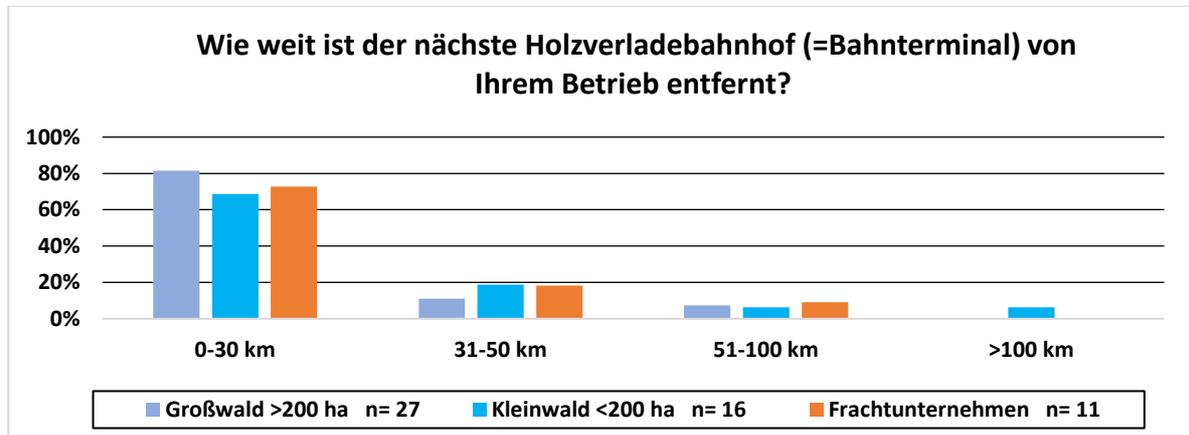


Abbildung 29: Anteile der Entfernungen zu den nächsten Holzverladebahnhöfen der befragten Forstbetriebe und Frachtunternehmen (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

Die Verteilung des jährlichen Holz- (grüner Rahmen) und Schadholzumschlag (roter Rahmen) der Forstbetriebe und Holzabnehmer auf den Verladebahnhöfen ist in Abbildung 30 dargestellt. Da Holzabnehmer (v.a. Industrie) im Rahmen ihrer betrieblichen Tätigkeit mehr auf den Bahntransport setzen, sind sowohl der Holz- als auch der Schadholzumschlag auf den Bahnhöfen höher als bei den Forstbetrieben.

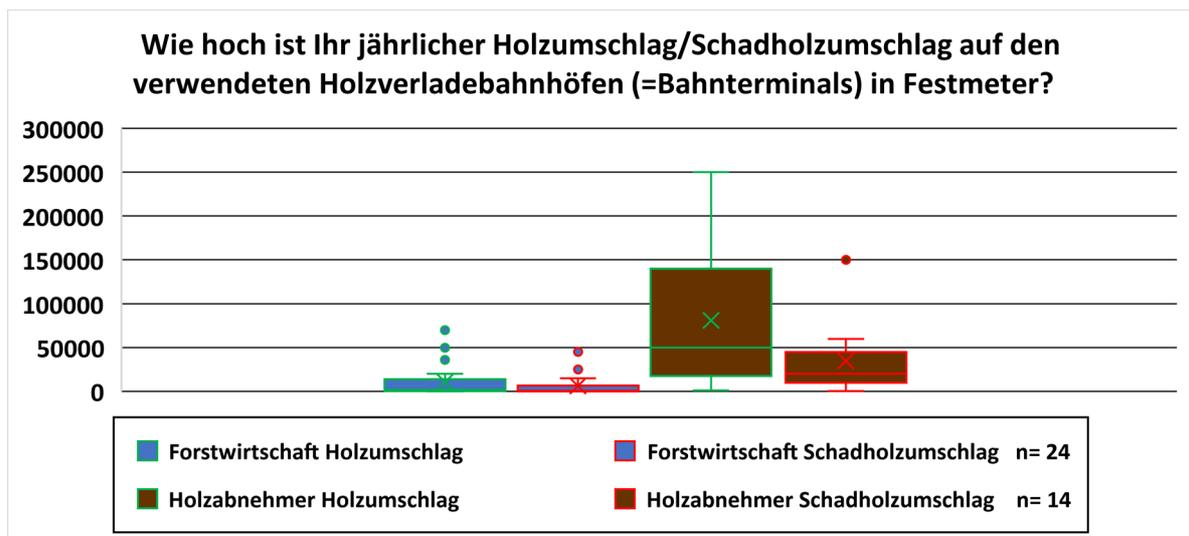


Abbildung 30: Verteilung des Jährlichen Holz-/Schadholzumschlags der Forstbetriebe und Holzabnehmer auf den Holzverladebahnhöfen [fm] (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

Aus Sicht der gesamten Wertschöpfungskette Holz ist die Zusammenarbeit mit der Bahn beim Rundholztransport im Schadholzfall mit alarmierenden 92% Zustimmung stark ausbaufähig (Abbildung 31). Besonders gravierend betrifft dies die Frachtunternehmen (82% Stimme sehr zu) und Holzabnehmer (57% Stimme sehr zu) mit jeweils vollständiger Zustimmung und der damit klaren Einmahnung zu Verbesserungen beim Bahntransport.

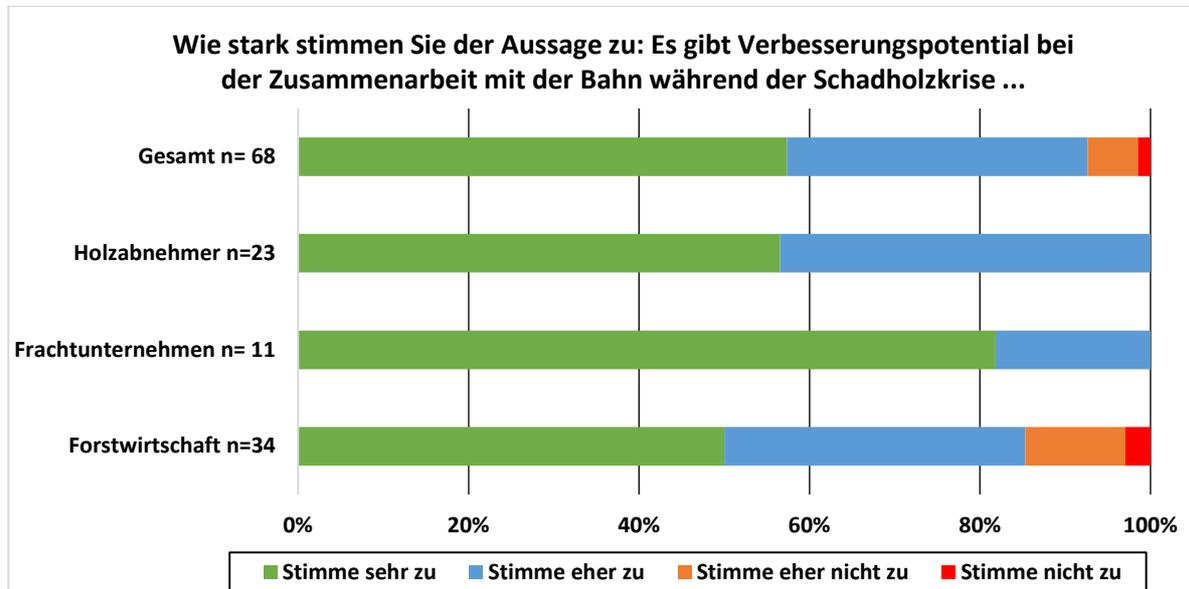


Abbildung 31: Verbesserungspotential in der Zusammenarbeit mit der Bahn aus Sicht der Wertschöpfungskette Holz (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

### 3.2.7 Forstwirtschaft

53% der befragten Forstbetriebe greifen im Rahmen des Rundholztransports auf Holzverladebahnhöfe zurück (Abbildung 32). Dies deckt sich mit den Erkenntnissen, dass Forstbetriebe für geringe Transportdistanzen zu Abnehmern in der Region bevorzugt auf den Kran-LKW setzen und zudem Probleme in der Zusammenarbeit mit der Bahn sehen. Dass dennoch vonseiten der Forstwirtschaft ein großes Interesse am Bahntransport besteht (64% Zustimmung), ist in Abbildung 33 ersichtlich. Jene Forstbetriebe, die beim Rundholztransport Holzverladebahnhöfe verwenden, gaben im Mittel an, 4 Waggons pro Verschubtermin zu bestellen.

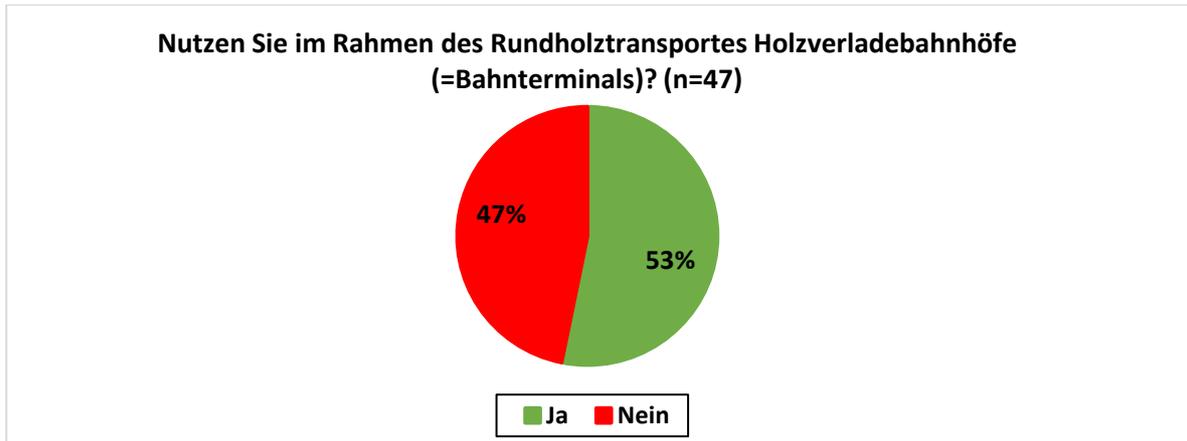


Abbildung 32: Anteilige Nutzung von Holzverladebahnhöfen der befragten Forstbetriebe (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

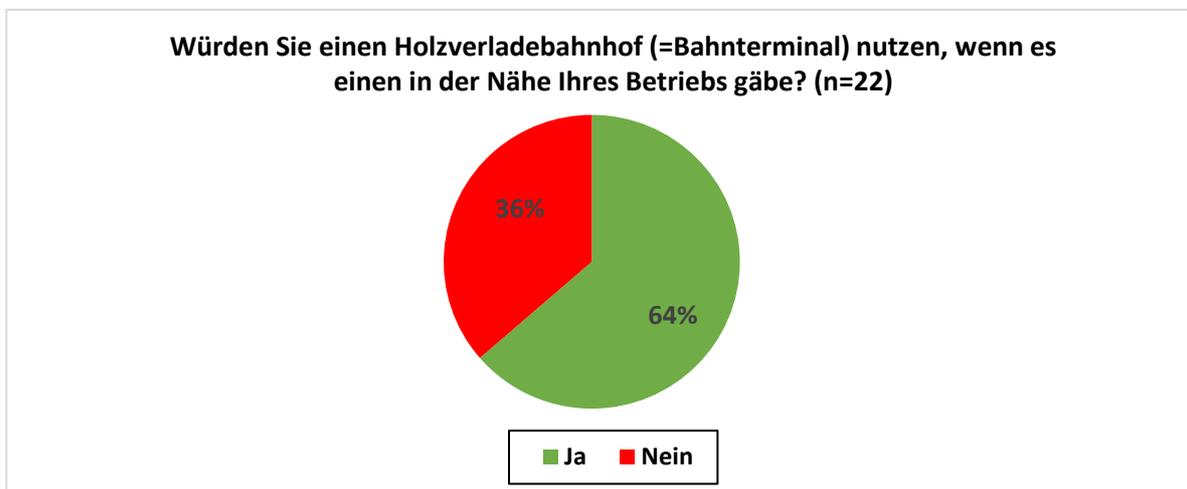


Abbildung 33: Abfrage bezüglich einer potentiellen Nutzung von Holzverladebahnhöfen durch die befragten Forstbetriebe (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

### 3.2.8 Frachtunternehmen

In Abbildung 34 ist der prozentuale Anteil der Transportdistanzen beim Rundholztransport der befragten Frachtunternehmen abgebildet. 83% des Rundholztransportes erfolgt für Distanzen unter 100 km, wobei sich diese gleichmäßig auf die Bereiche 0–30 km (29%), 31–50 km (29%) und 51–100 km (25%) verteilen. Dies stützt die Aussage vieler Frächter, dass Rundholztransporte per LKW in Österreich meist bis 100 km ökonomisch sinnvoll durchgeführt werden können, bei größeren Transportdistanzen aber allenfalls auf die Bahn verladen werden sollte.

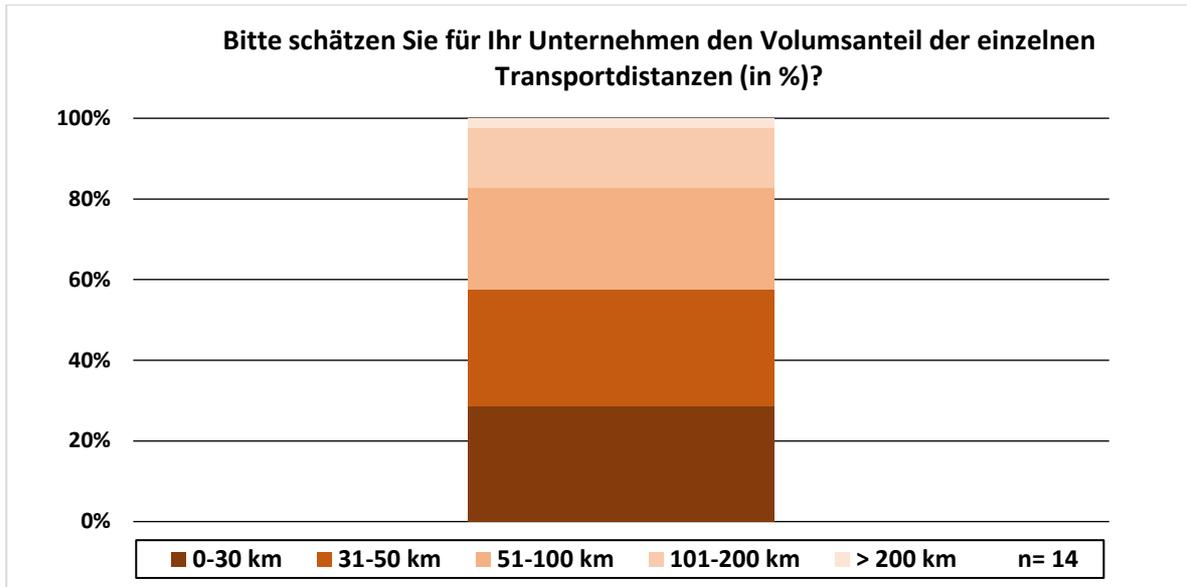


Abbildung 34: Volumensanteil der einzelnen Transportdistanzen der befragten Frachtunternehmen (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

In Abbildung 35 werden mit der jeweiligen Anzahl der Sattel- und Kran-LKWs sowie der FahrerInnen wichtige Kennzahlen zur Betriebsgröße der 15 an der Studie teilnehmenden Transportunternehmen gelistet. Darin zeigt sich eine Unternehmensstruktur mit sehr wenigen großen (67 Kran-LKW und 22 Sattel-LKW bzw. 35 und 2) bzw. mittelgroßen (Fuhrpark von 5–11 Fahrzeugen) und zahlreichen kleinen Frachtunternehmen (Fuhrpark von weniger als 5 Fahrzeugen). Da es im Bereich der Holzfrachtunternehmen keine öffentlichen Unternehmenslisten bzw. Branchenvertretungen existieren, war es besonders herausfordernd, Studienteilnehmende aus dieser Akteursgruppe zur Teilnahme einzuladen. Die drei Unternehmen mit der geringsten Betriebsgröße (jeweils 0 FahrerInnen) haben keine angestellten FahrerInnen, da in diesen Betrieben der Geschäftsführer selbst auch für den LKW-Transport zuständig ist.

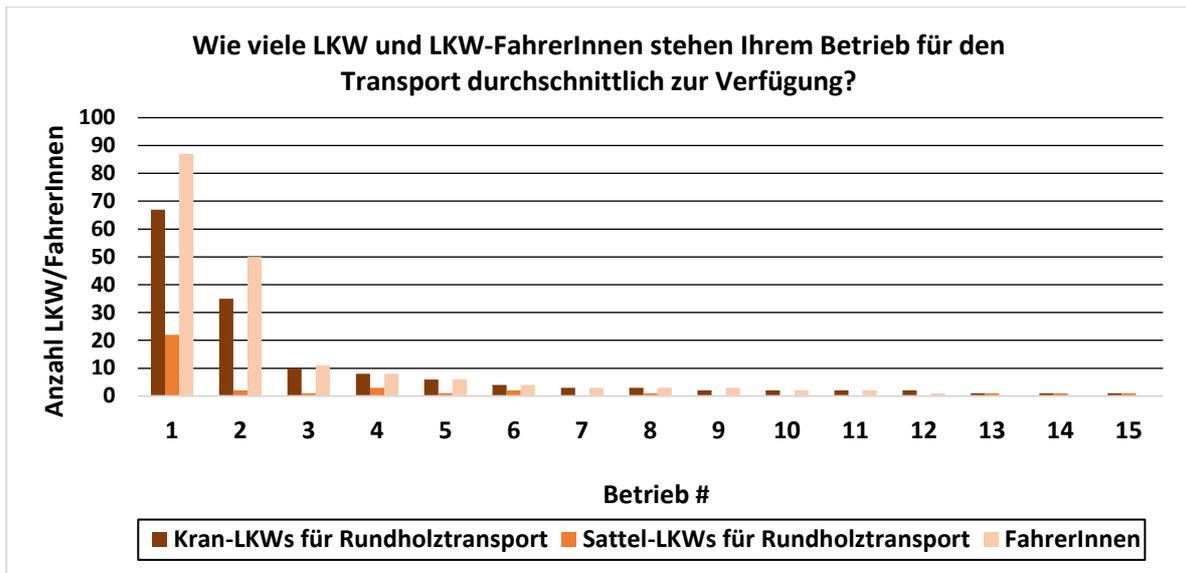


Abbildung 35: Anzahl der LKW-FahrerInnen sowie der Sattel- und Kran-LKW für den Rundholztransport der befragten Frachtunternehmen (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

Die Verteilung der durchschnittlichen prozentualen Auslastung der Transportkapazität der befragten Betriebe im Normal- und Schadh Holzfall ist in Abbildung 36 dargestellt. Bei planmäßiger Holzernte liegt die Auslastung der Transportkapazität im Durchschnitt etwas über 80% und schwankt zwischen 70 und 98%. Im Kalamitätsfall liegt der Durchschnitt sogar bereits bei 100% und schwankt zwischen 80 und 125%. Auslastungswerte von über 100% können durch die Anmietung von externen Kapazitäten wie vor allem Sattelschlepper mit FahrerInnen (die von ortskundigen Stammpersonal beladen werden), aber auch geliehene Kran-LKWs (u.a. aus Gebieten ohne Schadh Holz anfall) und zusätzliche FahrerInnen (z.B. Geschäftsführer fährt selbst, ehemalige Mitarbeitende) erklärt werden. Nichtsdestoweniger stellen diese Auslastungsspitzen die österreichischen Frachtunternehmen, die hinsichtlich ihrer Beschäftigtenzahl den kleinen und mittleren Unternehmen zugerechnet werden, vor große Herausforderungen.

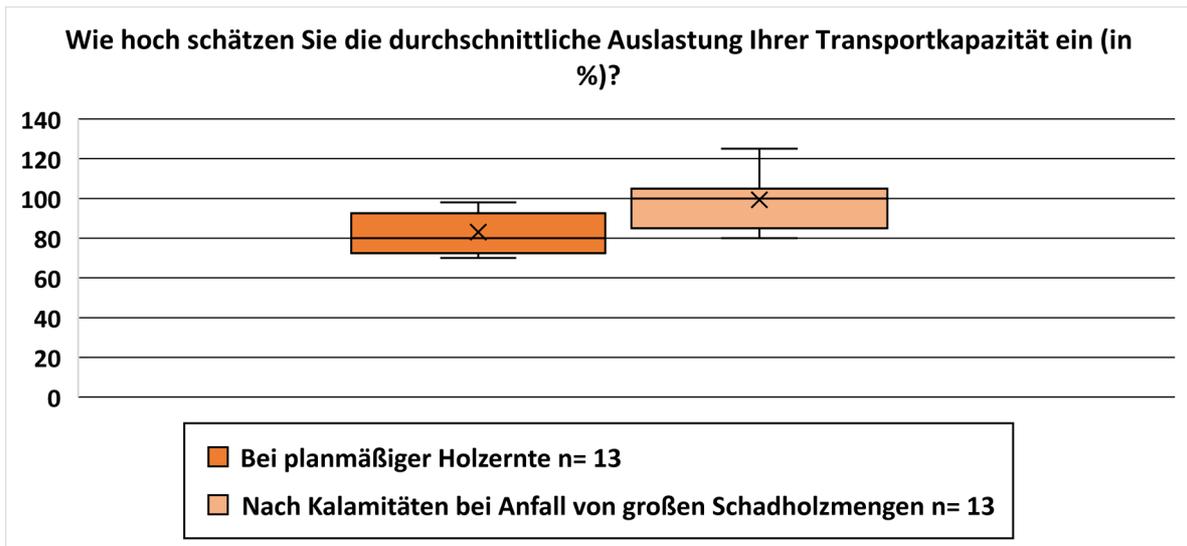


Abbildung 36: Verteilung der durchschnittlichen Auslastung der Transportkapazität der befragten Frachtunternehmen im Normal- und Schadholzfall (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

In Abbildung 37 ist die Verteilung der durchschnittlichen, täglichen Rundholzliefierungen der befragten Frachtunternehmen im Normal- und Schadholzfall angeführt. Durch die hohe Anzahl kleiner Unternehmen liegen 50% aller Daten (Interquartilsabstand) im Normalfall zwischen 4 und 24 bzw. im Schadholzfall zwischen 3 und 33 täglichen Rundholzliefierungen. Die Ausreißer im Normal- bzw. Schadholzfall sind erneut auf die beiden größten Transportunternehmen zurückzuführen. Bei 87 verfügbaren FahrerInnen und 89 LKW für den Holztransport ist bei 190 Lieferungen (im Schadholzfall) auf eine hohe betriebliche Auslastung (siehe Abbildung 37) zu schließen.

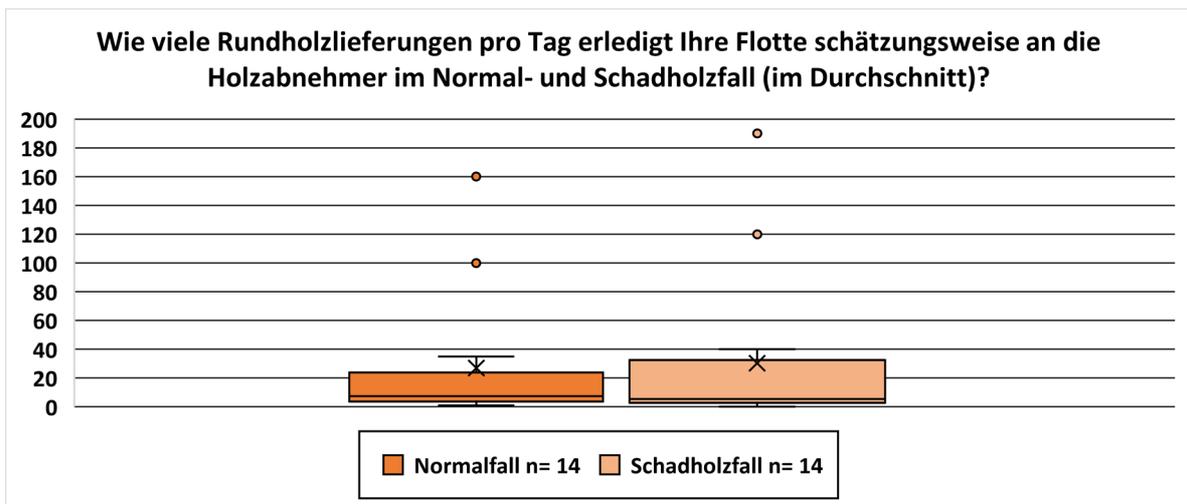


Abbildung 37: Tägliche Rundholzliefierungen der befragten Frachtunternehmen im Normal- und Schadholzfall (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

Im Rahmen der Online-Umfrage wurden Frachtunternehmen bezüglich der Gesamtsituation des Holztransports befragt (Abbildung 38): 100% der Befragten gaben an, dass ein Fachkräftemangel existiert, durch den Fachkräftemangel laut 63% der Frachtunternehmen höhere Transportkosten entstehen. Die derzeit aktiven FahrerInnen wollen auch in Zukunft im Holztransport tätig sein, jedoch steht dem Holztransport demnächst eine Pensionierungswelle bevor (64% Zustimmung) und Lehrlinge sind laut diesen alarmierenden Angaben der Befragten nicht am Holztransport interessiert.

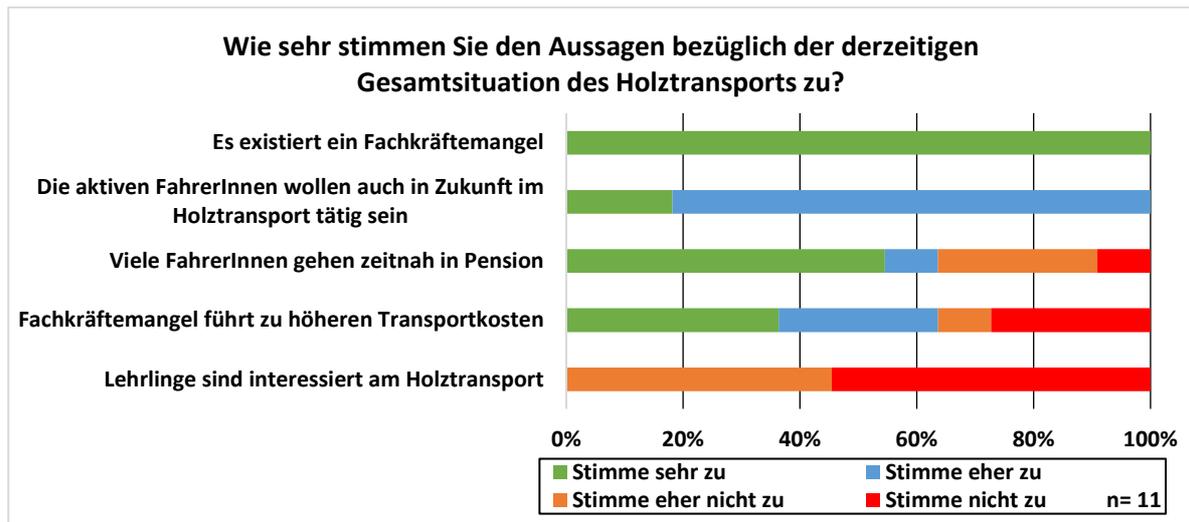


Abbildung 38: Bewertung der Gesamtsituation des Holztransports durch Frachtunternehmen (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

In Abbildung 39 ist durch besonders hohe Zustimmungswerte ersichtlich, dass der Holztransport für die FahrerInnen trotz Einschulung durch die Betriebe eine hohe physische und psychische Belastung darstellt. Dies zeigt eindrucksvoll die Problemfelder, die zum FahrerInnenmangel sowie dem geringen Interesse von Lehrlingen am Holztransport beitragen.

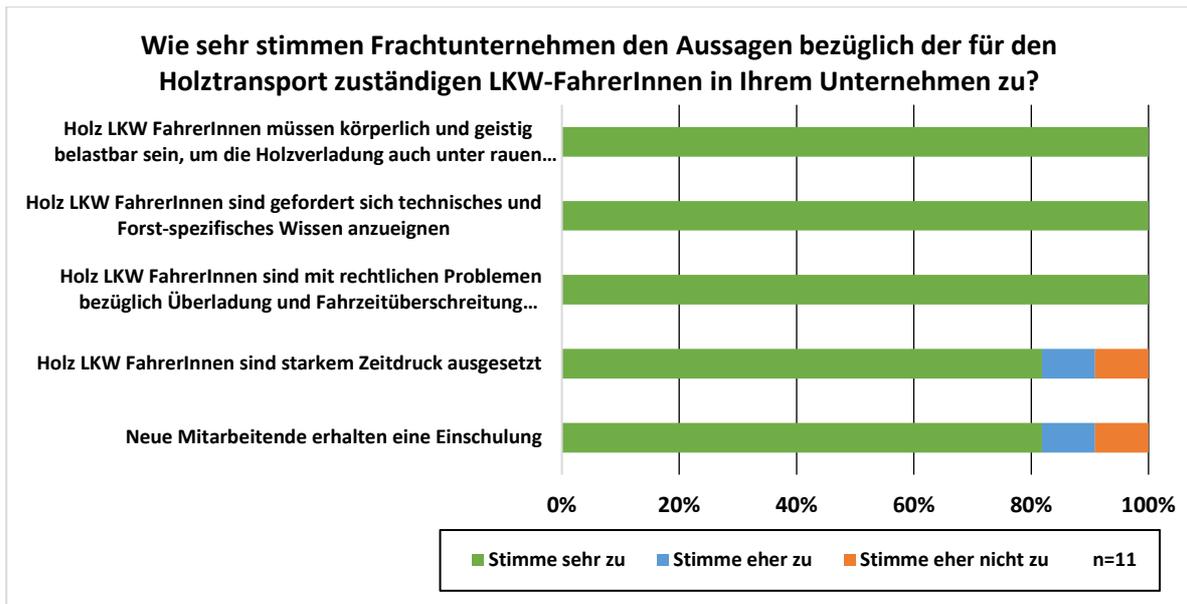


Abbildung 39: Einschätzungen der Berufssituation der Holz-LKW FahrerInnen durch Frachtunternehmen (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

### 3.2.9 Holzabnehmer

Die Verteilung der durchschnittlichen Transportdistanz bei der Rundholzbeschaffung der befragten Holzabnehmer ist in Abbildung 40 ersichtlich. 75% aller angegebenen Entfernungen der Beschaffung liegen unter 100 km, was sich gut mit den diesbezüglichen Angaben der Frachtunternehmen deckt. Die durchschnittliche Transportdistanz von 78 km lässt auf eine überregionale Rundholzbeschaffung der Holzabnehmer schließen. Beim Ausreißer ( $\varnothing$  300 km) dürfte es sich um ein Unternehmen mit starkem Importanteil bei der Rundholzbeschaffung handeln.

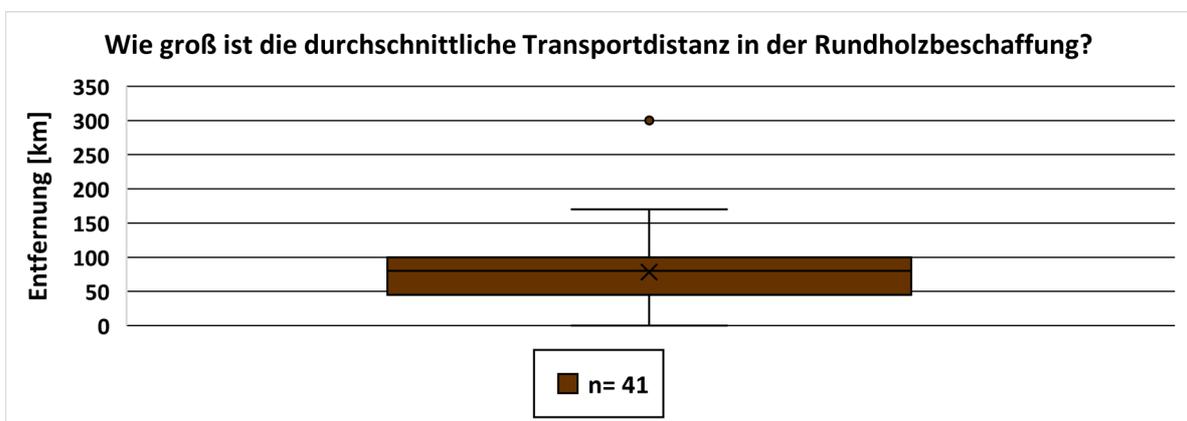


Abbildung 40: Verteilung der durchschnittlichen Transportdistanz bei der Rundholzbeschaffung der befragten Holzabnehmer (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

Abbildung 41 zeigt die Verteilung der durchschnittlichen Anzahl der Rundholzlieferungen, die die befragten Holzabnehmer pro Tag erhalten. 25% der Daten liegen zwischen 73 und 160 täglichen Rundholzlieferungen und zeigt, dass sich unter den befragten Holzabnehmern einige große Betriebe der österreichischen Holzindustrie befinden. 50% der Daten liegen zwischen 9 und 73 Rundholzlieferungen, womit in die Befragung auch Rückmeldungen kleiner und mittlerer Betriebe eingeflossen sind.

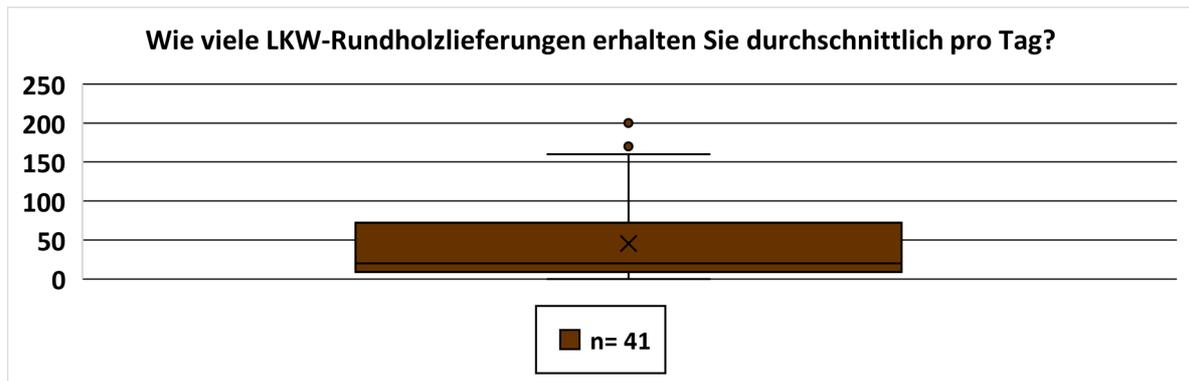


Abbildung 41: Verteilung der durchschnittlichen Rundholzlieferungen an die befragten Holzabnehmer (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

Die Verteilung der durchschnittlichen Lagerauslastung der Holzabnehmer im Normalbetrieb und Schadholzfall ist in Abbildung 42 ersichtlich. Im Normalbetrieb beträgt die Auslastung im Mittel 67%, im Schadholzfall 98%. Eine Lagerauslastung von über 100% kann z.B. durch die Anmietung zusätzlicher aber nicht dauerhaft bestehender Lagerkapazitäten zur Bewältigung hoher Schadholzmengen erklärt werden.

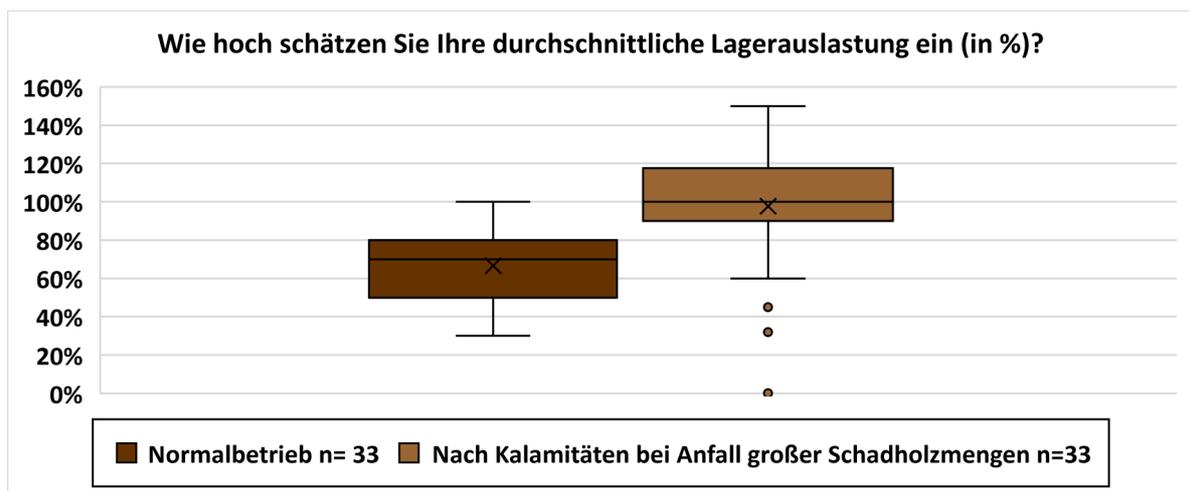


Abbildung 42: Verteilung der durchschnittlichen Lagerauslastung der befragten Holzabnehmer (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

## 3.3 Verbesserungspotentiale im Schadh Holzfall

### 3.3.1 Getroffene Maßnahmen

In Tabelle 8 sind die von den Akteuren zur Bewältigung der Schadh Holzkrise getroffenen Maßnahmen dargestellt. Eine Verlängerung der Zufuhrzeiten wurde von 55% der Holzabnehmer durchgeführt, ähnlich häufig sind langfristige Kooperationen/Verträge mit den Abnehmern, die im Durchschnitt von 48% zur Bewältigung eingesetzt wurden. Hierbei ist der große Unterschied zwischen den Akteuren auffällig, da zwar 69% der Forstwirtschaft, immerhin 48% der Holzabnehmer, aber nur 27% der Frächter diese Maßnahme ergriffen. Erwartungsgemäß spielt auch die Lagerhaltung für etwa ein Viertel der Studienteilnehmenden eine entscheidende Rolle, wobei Trockenlager von Forstwirtschaft (51 %) und Frächter (36 %) und Nasslager von knapp einem Drittel der Forstwirtschaften und Holzabnehmer zum Einsatz kamen. Darüber hinaus wurde investiert, indem allen voran von Frächtern zusätzliches Personal eingestellt (45%) bzw. dafür auch entsprechend Sattelschlepper (27%) und LKWs (36%) angeschafft und von einem Drittel seitens der Forstwirtschaft bzw. Holzabnehmer Schulungen durchgeführt wurden. Es ist alarmierend, dass nur wenige Unternehmen der österreichischen Wertschöpfungskette vorab Notfallpläne zur Bewältigung der Schadh Holz mengen erstellt haben (20% der Forstbetriebe, 18% der Holzabnehmer) und die Digitalisierung (12%) bisher kaum vorangetrieben wurde.

Tabelle 8: Im Zuge der Schadh Holzkrise von den Akteuren getroffene Maßnahmen. Hinterlegte Farbskala von grün (stimme sehr zu) über gelb/orange bis rot (stimme gar nicht zu) (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

Welche Maßnahmen hat Ihr Betrieb vorab zur Bewältigung von Kalamitätsmengen getroffen?				
Maßnahmen	Gesamt n=95	Forst- wirtschaft n= 51	Frächter n=11	Holzab- nehmer n= 33
Verlängerung der Zufuhrzeiten	55%			55%
Langfristige Kooperation/Verträge mit Abnehmern	48%	69%	27%	48%
Langfristige Kooperation/Verträge mit Frachtunternehmen	45%	45%		
Errichtung von (zusätzlichen) Lagerflächen für Trockenlager	29%	51%	36%	0%
Errichtung von (zusätzlichen) Lagerflächen für Nasslager	24%	31%	9%	30%
Zusätzliches Personal	23%	8%	45%	15%
Schulung des Personals	22%	33%	0%	33%
Langfristige Kooperation/Verträge mit Forstbetrieben	18%		18%	
Erwerb von (zusätzlichen) Sattelschleppern	16%	2%	27%	18%
Erwerb von (zusätzlichen) Kran-LKWs	15%	0%	36%	9%
Entwicklung von Notfallplänen	13%	20%	0%	18%
Computersimulationen, Software-Tools, Digitalisierung	12%		9%	15%
Sonstiges	9%		9%	
Errichtung von (zusätzlichen) Lagerflächen für Folienlager	4%	6%	0%	6%

### 3.3.2 Zusammenarbeit

Die Akteure der österreichischen Holz-Wertschöpfungskette agieren derzeit noch stark voneinander abgegrenzt, wobei kaum übergeordnete Strategien oder Konzepte für den Rundholzabtransport existieren. Die Skepsis, die einzelne Akteure den anderen Akteuren der Holzlieferkette entgegenbringen, insbesondere zwischen Forstwirtschaft und Holzindustrie,

bleibt durch die Schadh Holzkrise der letzten Jahre weiter angespannt (Zwettler & Krogger, 2020).

Zur näheren Untersuchung dieser Herausforderungen und Ableitung von Verbesserungspotentialen im Schadh Holzfall wurde im Rahmen der Online-Studie ein spezieller Fokus auf die Zusammenarbeit gelegt. Abbildung 43 gibt in Form eines Netzdiagramms einen Überblick der gesammelten Ergebnisse, die in den folgenden Unterabschnitten noch detailliert aufgeschlüsselt werden. Es ist bedenklich, dass die verschiedenen Akteursgruppen die Mängel in der Zusammenarbeit untereinander hinsichtlich Kommunikation, Reaktionsgeschwindigkeit und Zuverlässigkeit gleichmäßig hoch bewerten und somit erkennen, bislang aber wenig zu einer Verbesserung der Situation unternommen wird. Zudem ist bemerkenswert, dass Forstbetriebe und Frachtunternehmen bei den Kriterien Abnahme-/Transportpreise, die für diese Akteure das dringendste Verbesserungspotential darstellen, und Arbeitsklima ein höheres Potential sehen als Holzabnehmer.

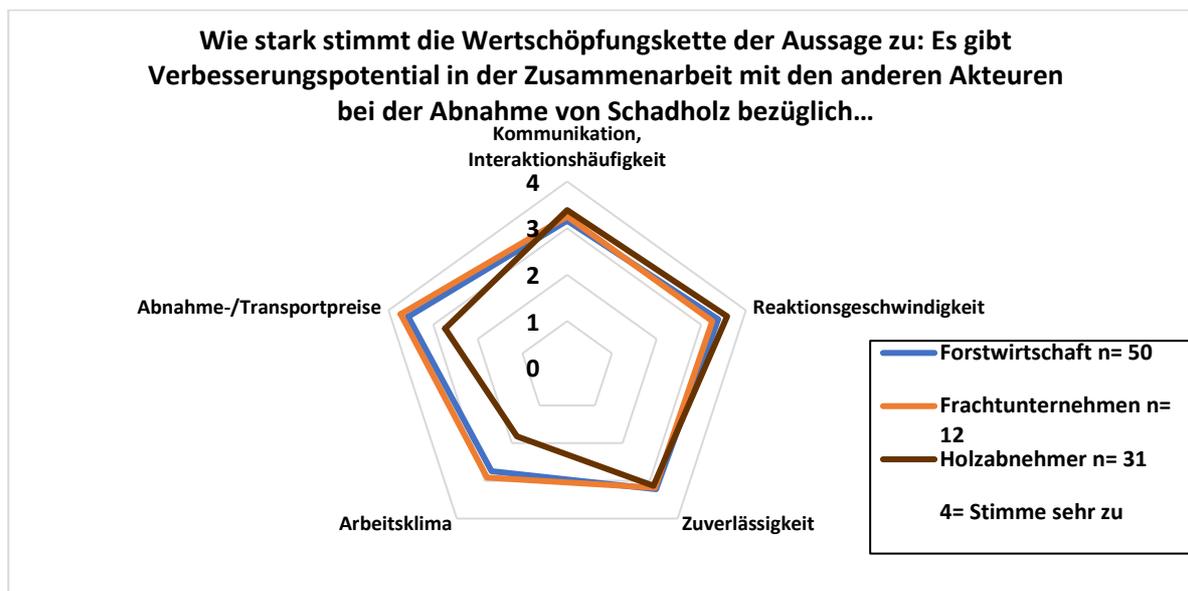


Abbildung 43: Verbesserungspotential in der Zusammenarbeit der Wertschöpfungskette bei der Abnahme von Schadh Holz (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

Abbildung 44 zeigt das von allen Akteuren der Wertschöpfungskette kumuliert eingeschätzte Verbesserungspotential. Mit einer Zustimmung von 82% werden Abnahme-/Transportpreise als verbesserungswürdig erachtet. Die größte Zustimmung herrscht bei Forstbetrieben und Frachtunternehmen (siehe Abbildung 43). Die Akteure sehen zudem die Kommunikation und Interaktionshäufigkeit (79%), Zuverlässigkeit (70%) und die Reaktionsgeschwindigkeit (68%) als ausbaufähig. Verglichen mit dem obigen Netzdiagramm wird deutlich, dass die Probleme in der Zusammenarbeit in diesen Bereichen von den Akteuren im ähnlichen Ausmaß

eingeschätzt werden. Mit 58% Zustimmung wird im Arbeitsklima ein Verbesserungspotential festgestellt, wobei es Unterschiede zwischen den Akteuren gibt. Die von Schadh Holz Krisen stärker betroffenen Forstbetriebe und Frachtunternehmen bewerten das Arbeitsklima als besonders verbesserungswürdig, während Holzabnehmer mit dem derzeitigen Zustand zufriedener sind.

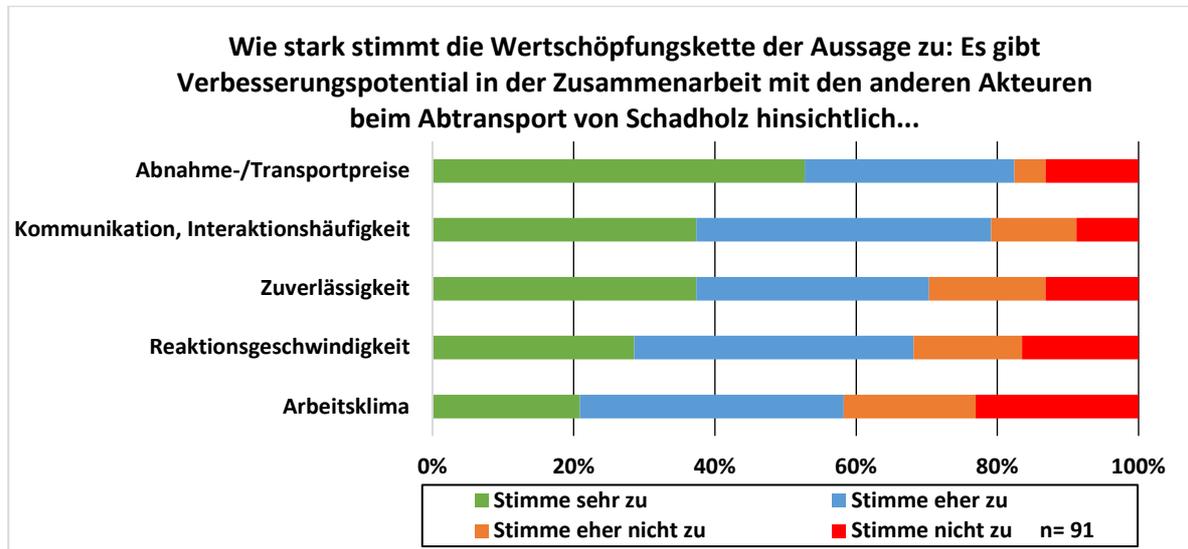


Abbildung 44: Verbesserungspotential in der Zusammenarbeit aus Sicht der gesamten Wertschöpfungskette (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

### 3.3.2.1 Zusammenarbeit mit Forstbetrieben

Zusammen betrachtet sehen Frachtunternehmen und Holzabnehmer die größten Mängel der Forstbetriebe im Schadh Holzfall in der Reaktionsgeschwindigkeit (93%) und mit 89% Zustimmung in der Kommunikation, gefolgt von gemeinsamen Datenmanagement (84%). 75% der Frachtunternehmen sowie 67% der Holzabnehmer sehen im Arbeitsklima mit den Forstbetrieben ein Verbesserungspotential. Erwartungsgemäß sehen Frachtunternehmen, wie in Abbildung 45 ersichtlich, das größte Verbesserungspotential bei der Planung der Transportmengen (100%). Dies deckt sich mit dem aus ihrer Sicht mangelhaften Datenmanagement und der langsamen Reaktionsgeschwindigkeit (jeweils 92%). Auch aufgrund fehlender softwarebasierter Tools ist vor allem im Schadh Holzfall eine effiziente und zeitnahe Planung der Transportmengen nur schwer möglich.

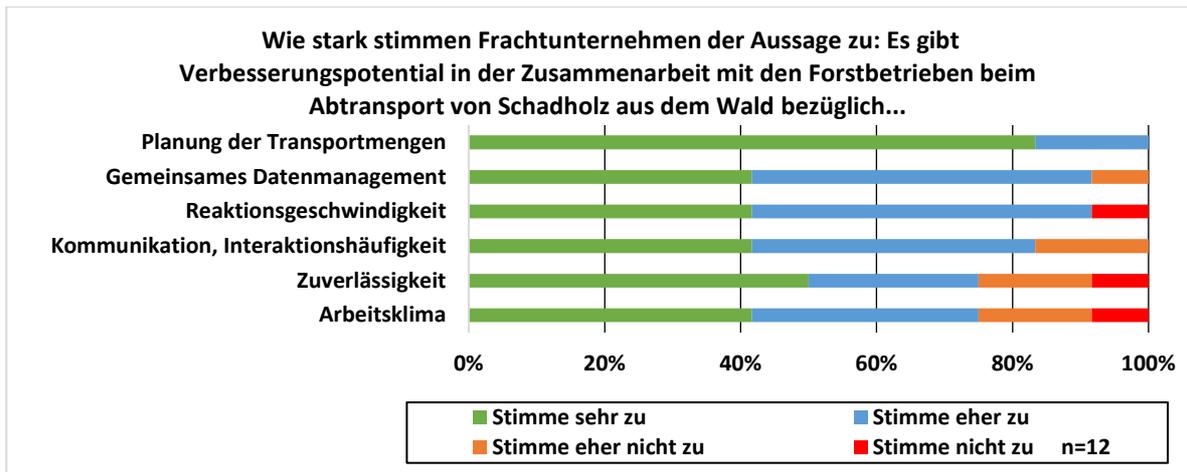


Abbildung 45: Verbesserungspotential bei den Forstbetrieben aus Sicht der Frachtunternehmen (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

Die Holzabnehmer sehen insbesondere bei der Reaktionsgeschwindigkeit (96%) und der Kommunikation (90%) mit den Forstbetrieben im Schadholzfall Mängel (siehe Abbildung 46). Dies erklärt auch die hohen Zustimmungswerte bezüglich der elektronischen Datenübertragung und dem gemeinsamen Datenmanagement (jeweils 81%).

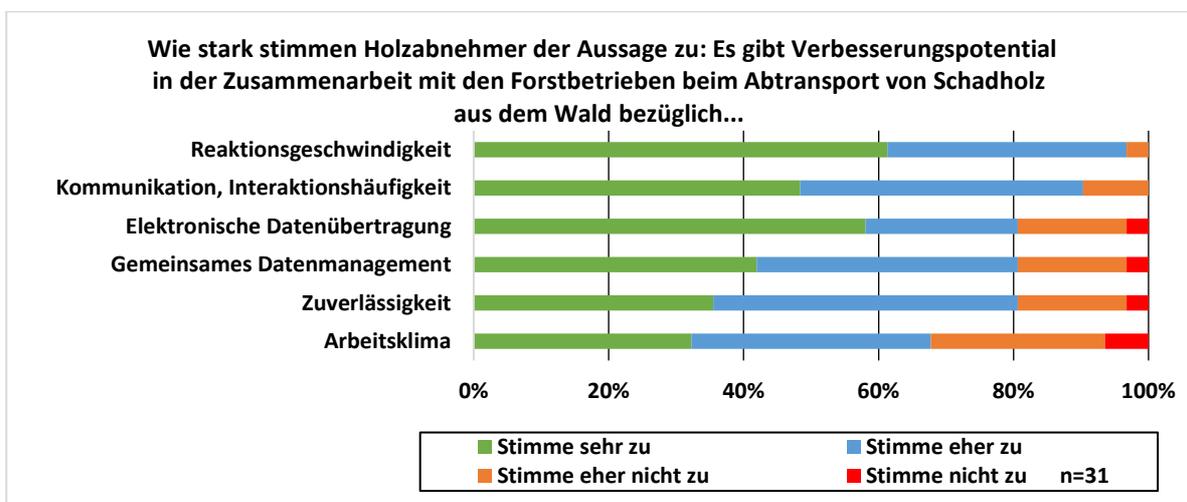


Abbildung 46: Verbesserungspotential bei den Forstbetrieben aus Sicht der Holzabnehmer (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

### 3.3.2.2 Zusammenarbeit mit Frachtunternehmen

Für Forstbetriebe und Holzabnehmer zusammen betrachtet gibt es bei den Transportunternehmen Verbesserungspotential hinsichtlich der Kommunikation (79%), Zuverlässigkeit (70%) und Reaktionsgeschwindigkeit bzw. Geschwindigkeit beim Abtransport

(67%). Forstbetriebe kritisieren beim Abtransport von Schadholz bei den Frachtunternehmen neben der Zuverlässigkeit und Kommunikation vor allem die Planung der Transportmengen (Abbildung 47).

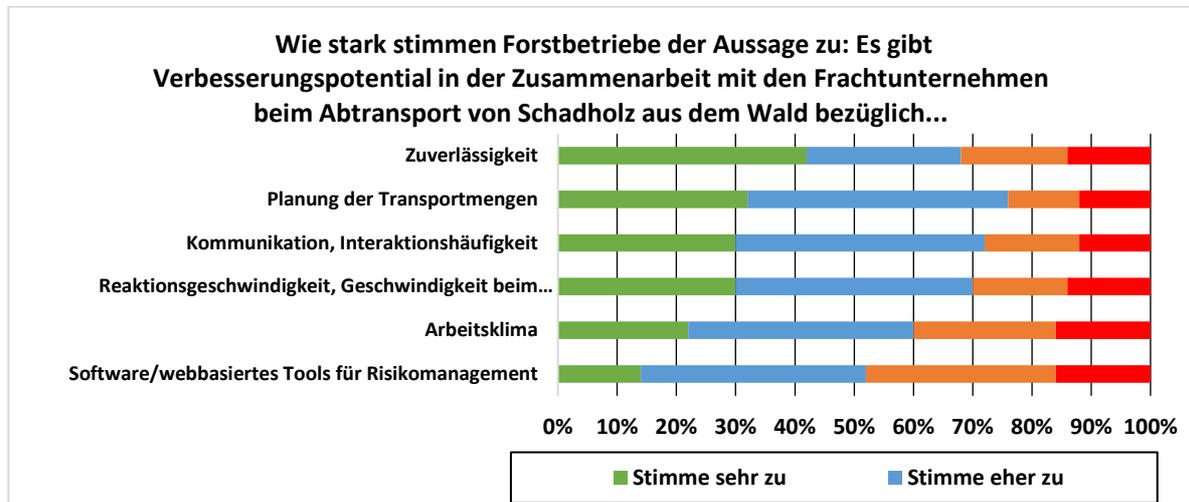


Abbildung 47: Verbesserungspotential bei den Frachtunternehmen aus Sicht der Forstbetriebe (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

Holzabnehmer bemängeln insbesondere die Kommunikations- und Interaktionshäufigkeit mit Frachtunternehmen (90%). Zudem bewerten sie die Zuverlässigkeit der Frachtunternehmen mit 74% als ausbaufähig (Abbildung 48). Interessant ist, dass Transportpreise mit lediglich 60% Zustimmung von den Holzunternehmen bewertet wurden. 53% sehen das Arbeitsklima mit den Frachtunternehmen als verbesserungswürdig.

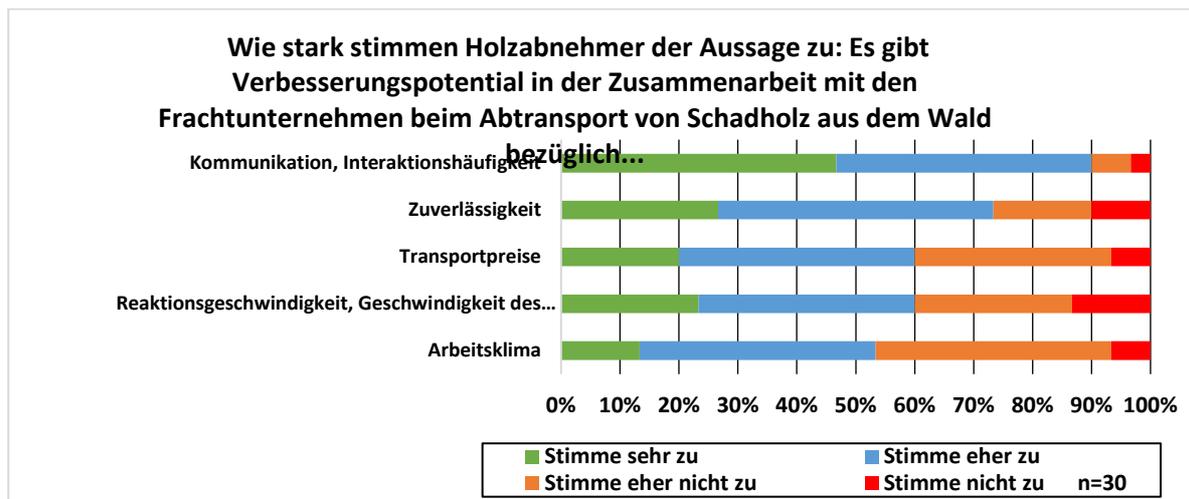


Abbildung 48: Verbesserungspotential bei den Frachtunternehmen aus Sicht der Holzabnehmer (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

### 3.3.2.3 Zusammenarbeit mit Holzabnehmern

Akkumuliert sehen Forstbetriebe und Frachtunternehmen das größte Verbesserungspotential im Schadh Holzfall bei der Zusammenarbeit mit den Holzabnehmern hinsichtlich der Abnahme- bzw. Transportpreisen (94%). Dies ergibt sich aufgrund niedriger Preise während einer Schadh Holzkrise. Die Planung der Abnahmemengen erschwert sich im Rahmen einer Schadh Holzkrise zusehends, was insbesondere durch eine 90% Zustimmung deutlich wird, wobei Ineffizienzen durch die Planungsunsicherheit entlang der ganzen Lieferkette durch die Aufkündigung langfristige Verträge bzw. dem Neuabschluss von Verträgen mit kurzen Laufzeiten zu schlechteren Konditionen, sowie fehlendem Risikomanagement entstehen. Hohe 89% Zustimmung erhielt auch die Reaktionsgeschwindigkeit und 79% der Forstbetriebe und Frachtunternehmen sehen die Zuverlässigkeit der Holzabnehmer als ausbaufähig an. In den Abnahmepreisen sieht die Forstwirtschaft das größte Verbesserungspotential (94%; Abbildung 49). Dies war zu erwarten, denn insbesondere im Kalamitätsfall verfügen Holzabnehmer über mehr Handlungsoptionen. Auch die Planung der Abnahmemengen und die Reaktionsgeschwindigkeit (jeweils 90%) sind aus Sicht der Forstbetriebe große Problemfelder. Auch hier könnte der Einsatz digitaler Plattformen Verbesserungen ermöglichen. Das Arbeitsklima mit den Holzabnehmern wurde von 60% der Betriebe positiv eingeschätzt.

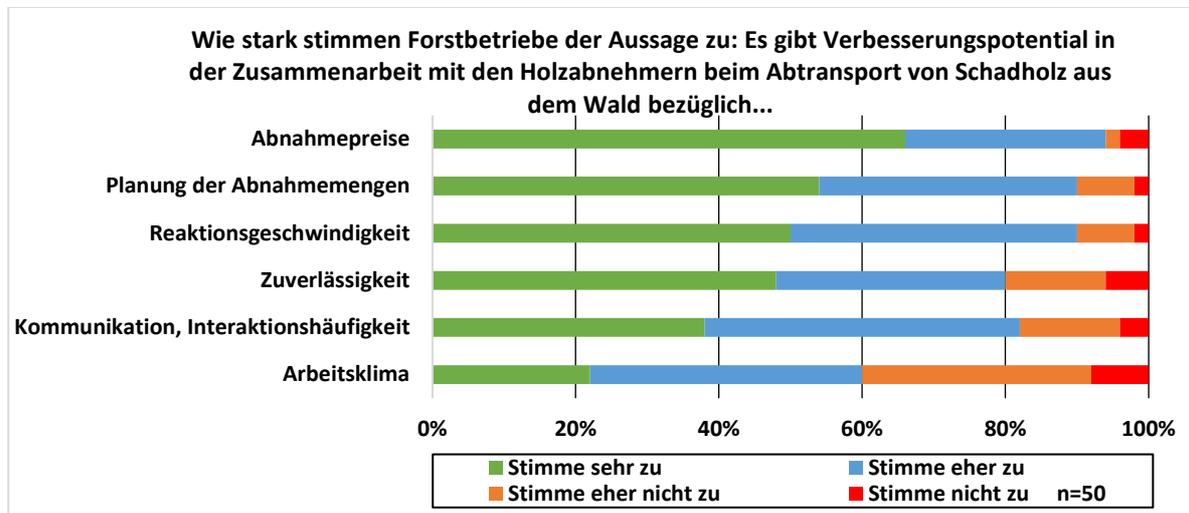


Abbildung 49: Verbesserungspotential bei den Holzabnehmern aus Sicht der Forstbetriebe (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

Auch für die befragten Frachtunternehmen sind in der Schadh Holzkrise wirtschaftliche Aspekte von großer Bedeutung (siehe Abbildung 50), so fordern sie mit 91% Zustimmung innerhalb der eigenen Branche eine bessere Bezahlung für die Durchführung der Transporte. Das Verbesserungspotential in Kommunikation und Interaktionshäufigkeit sowie der Reaktionsgeschwindigkeit im Schadh Holzfall wird mit Zustimmungswerten von mehr als 80%

eingestuft. Diese Werte sind Folgen des immensen Zeitdrucks, der für Frachtunternehmen insbesondere bei Transporten im Schadh Holzfall entsteht. 63% der Frachtunternehmen konstatieren ein gutes Arbeitsklima mit den Holzabnehmern.

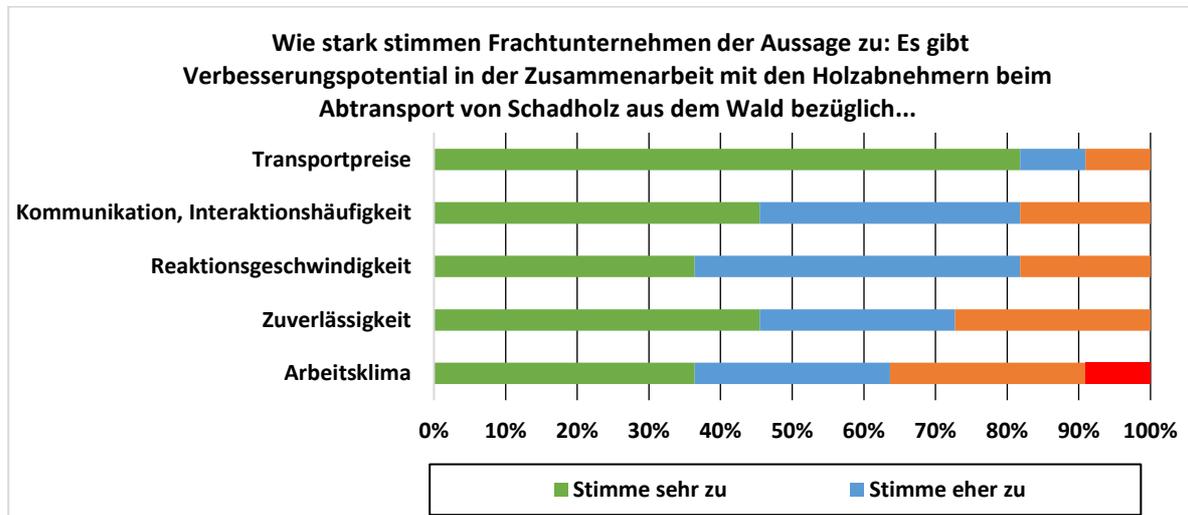


Abbildung 50: Verbesserungspotential bei den Holzabnehmern aus Sicht der Frachtunternehmen (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

### 3.3.3 Logistikkonzepte

Im Rahmen der Online-Befragung gaben 85 Teilnehmende eine Potentialeinschätzung zu den in Abbildung 51 dargestellten Logistikkonzepten ab. Trotz einiger ähnlicher Ansichten unterscheiden sich die Meinungen zu den Logistikkonzepten stärker als bei der Zusammenarbeit. So sehen Forstbetriebe und insbesondere Frachtunternehmen den direkten Kran-LKW-Transport zum Abnehmer vor dem Sattelzug-Transport als vielversprechendstes Transportkonzept, wohingegen Holzabnehmer den multimodalen Transport mit Bahn-Umschlag bevorzugen. Die Erhöhung der erlaubten Transporttonnage wird erwartungsgemäß von allen Akteuren gefordert, besonders aber von Frachtunternehmen und Holzabnehmern. Die Verbesserung des Forststraßennetzes ist erwartungsgemäß den Transporteuren ein besonderes Anliegen, während bei Holzabnehmern und Forstbetrieben diesbezüglich aus unterschiedlichen Gründen weniger Zustimmung herrscht. Bei den Lagerkonzepten sehen Forstbetriebe und Holzabnehmer nur äußerst geringes Potential für Folienlager. Diese beiden Akteure befassen sich stärker mit der Lagerung von Holz und können somit die Schwächen der Folienlagerung besser beurteilen als Transportunternehmen. Auch das Potential der Trockenlagerung wird von Frachtunternehmen am höchsten eingeschätzt, wengleich die Forstbetriebe und Holzabnehmer dieses Konzept um einiges höher einschätzen als das Folienlager. Das Nasslager wird von der gesamten Wertschöpfungskette als zielführende Lagerungsmöglichkeit wahrgenommen.

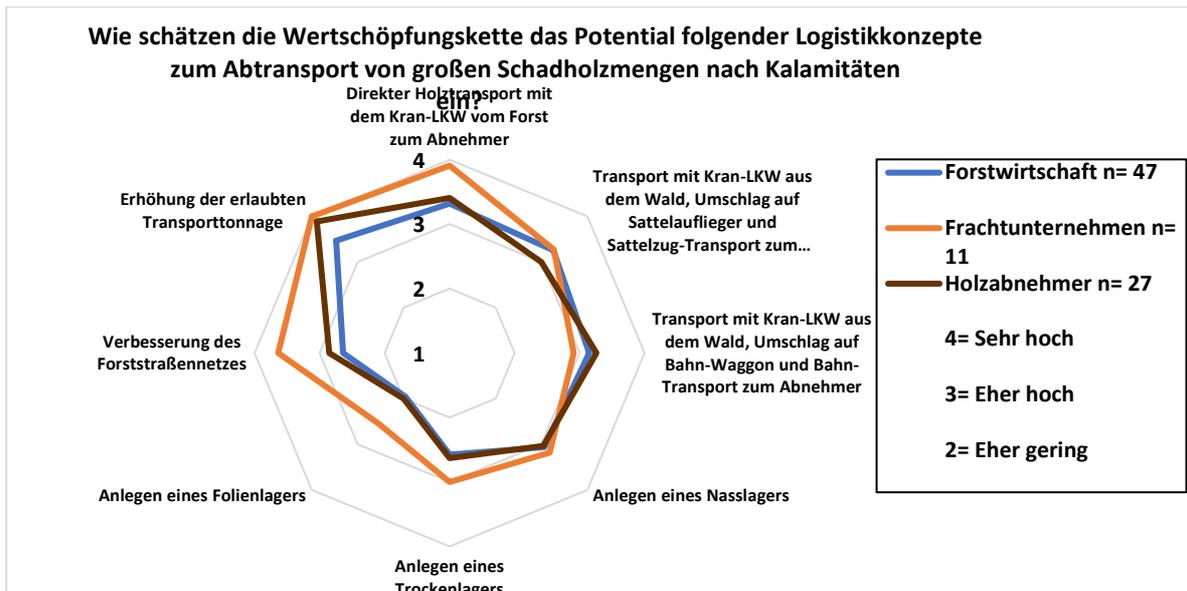


Abbildung 51: Potentialeinschätzung einiger Logistik- und Holzlagerkonzepte durch die gesamte Wertschöpfungskette in Form eines Netzdiagramms (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

Das höchste Potential liegt nach der Meinung der teilnehmenden Akteure klar in einer erhöhten Transporttonnage für den Rundholztransport, wobei sogar knapp drei Viertel dieses Potential als sehr hoch und lediglich 1% als sehr gering einschätzen (siehe Abbildung 52). Bei den drei vorgeschlagenen Transportkonzepten wurde der vorherrschende direkte Kran-LKW-Transport zum Abnehmer am höchsten eingeschätzt (61% sehr hoch), obwohl während einer Schadholzkrise ein Engpass entsteht, der aufgrund des sich verstärkenden Fachkräftemangels nur von anderen Transportmodi ausgeglichen werden kann. Andere Transportmodi wurden bei gemeinsamer Betrachtung der „sehr hohen“ und „eher hohen“ Zustimmungen zwar ähnlich hoch eingeschätzt (Sattelaufleger (80%) bzw. Bahnumschlag (77%)), aber bei Vergleich der „sehr hohen“ Zustimmungsraten liegen diese zurück. Von den Lagerkonzepten wurde erwartungsgemäß das Nasslager durch sehr hoher und eher hoher Befürwortung von drei Viertel der Befragten am höchsten bewertet, wobei auch der summierte Zustimmungswert von 55% für Trockenlager beachtlich ist

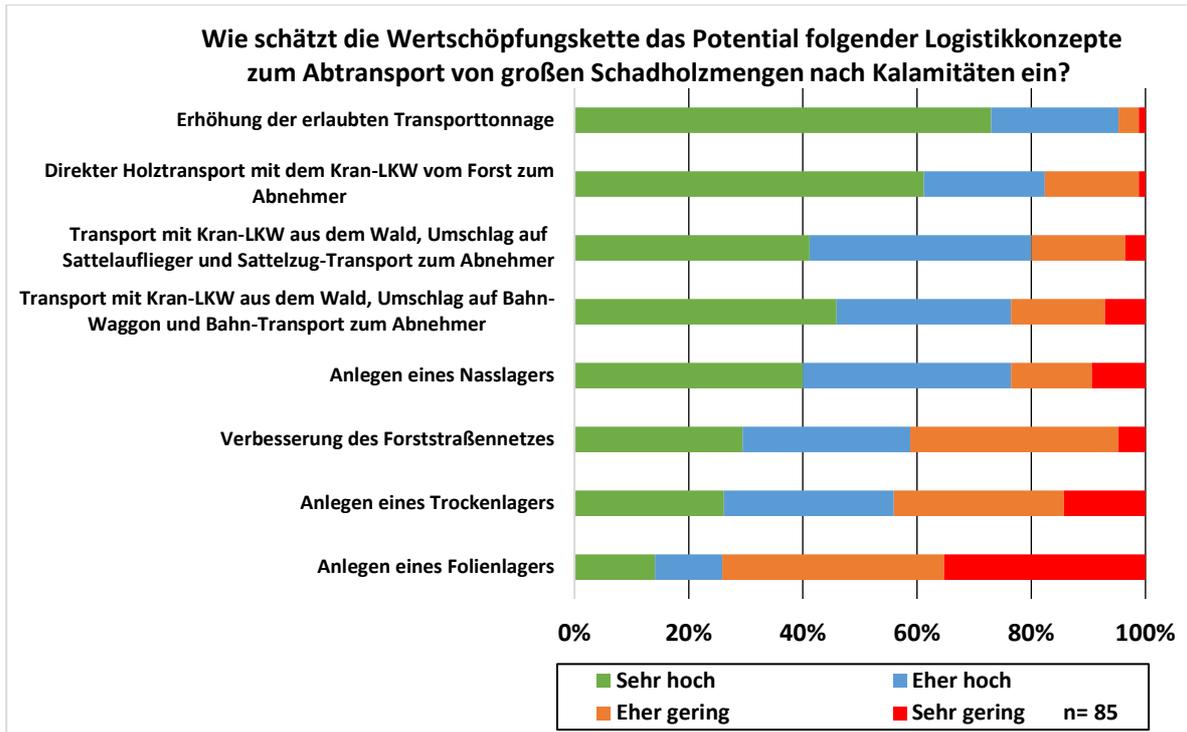


Abbildung 52: Potentialeinschätzung einiger Logistik- und Holzlagerkonzepte durch die gesamte Wertschöpfungskette in Form eines Balkendiagramms (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

### 3.3.3.1 Einschätzung der Logistikkonzepte durch die Forstwirtschaft

In der Detailbetrachtung fällt auf, dass die sehr hohe Potentialeinschätzung von erhöhter Transporttonnage bei der Forstwirtschaft zwar 57% beträgt (Abbildung 53), aber sowohl von den Holzabnehmern mit 89% (Abbildung 55) und vor allem den Transportunternehmen mit 100% (Abbildung 54) deutlich übertroffen wird. Die Forstwirtschaft bewertet das Potential des Sattelumschlag mit 86% (sehr hohes und hohes Potential) höher als das von Kran-LKW (81%) und Bahn (75%).

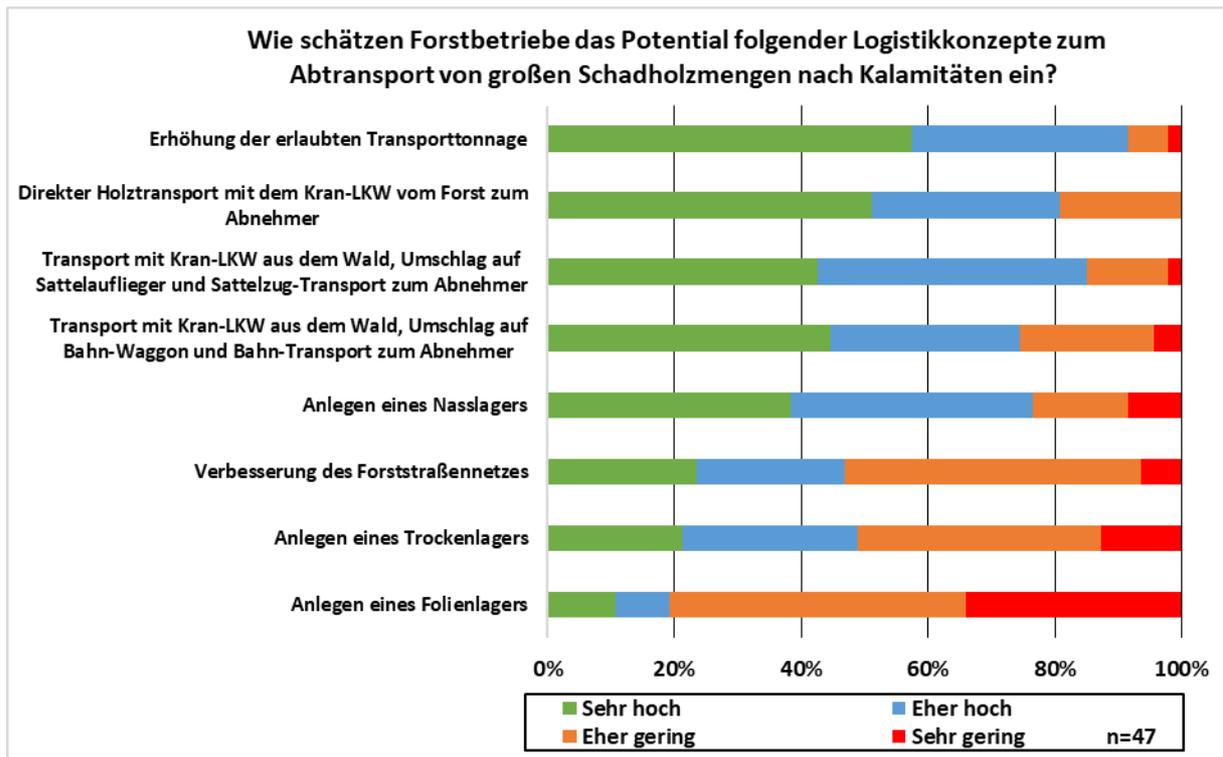


Abbildung 53: Potentialeinschätzung einiger Logistik- und Holzlagerkonzepte durch Forstbetriebe (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

### 3.3.3.2 Einschätzung der Logistikkonzepte durch Frachtunternehmen

Von den Frachtunternehmen wurde das Verbesserungspotential des Forststraßennetzes mit 64% fast dreimal so hoch eingeschätzt als von den Forstbetrieben mit 23% bzw. den Holzabnehmern mit 26%. Diese fundamentale Einschätzungsdifferenz verdeutlicht Kommunikationsschwierigkeiten zwischen den Akteuren, da davon auszugehen ist, dass die Frachtunternehmen in diesem Bereich über ein entsprechendes Erfahrungswissen verfügen, aber diese Information nicht hinreichend weitergegeben wird. Erwartungsgemäß erhält der Kran-LKW Transport von den Frachtunternehmen, die in ihren Flotten großteils auf dieses Transportmittel setzen, den größten Prozentwert für sehr hohes Potential (91%). Der weite Abstand zum Sattel mit 45%, bzw. der Bahn mit 18% ist durch den jeweils erheblichen Planungsmehraufwand für die Frachtunternehmen zu erklären, die von der Schadholzkrisis zwar durch höhere Auslastungen profitieren, aber auch einen erheblichen Organisationsaufwand haben. Daher setzen diese eher auf bereits gut integrierte Transportkonzepte und unterschätzen damit den diesbezüglichen Engpass bzw. die Auswirkung dessen auf die anderen Akteure der Wertschätzungskette.

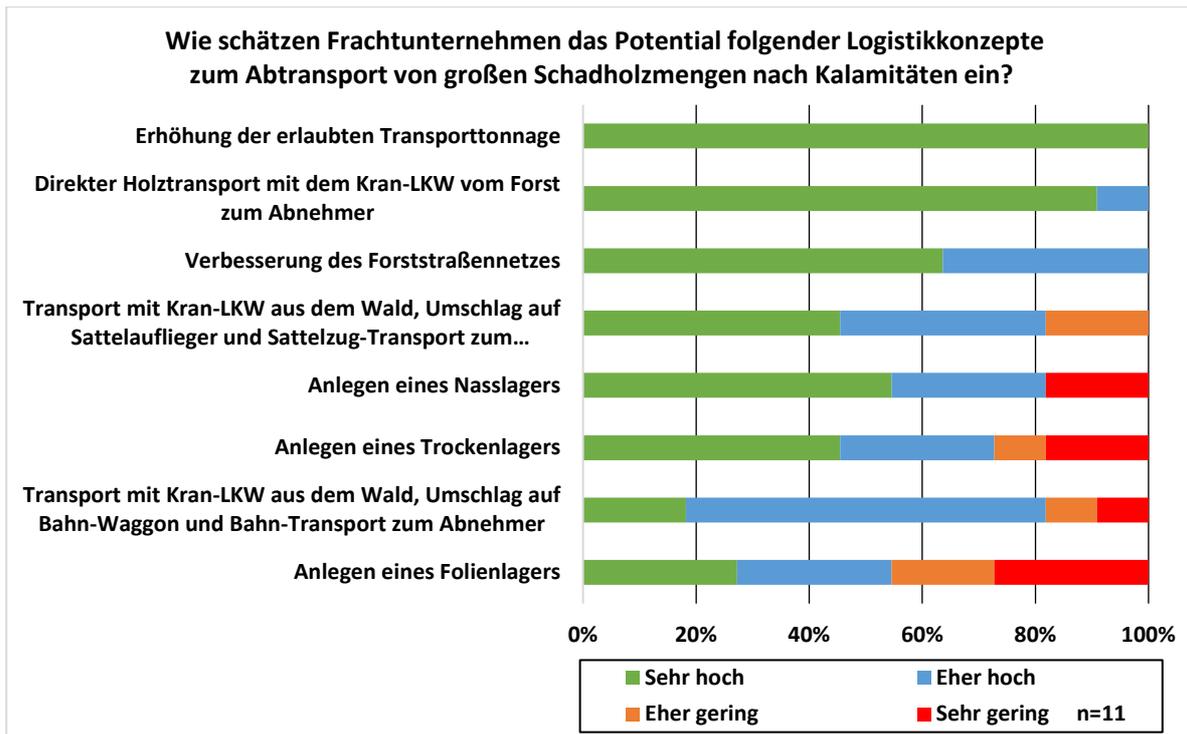


Abbildung 54: Potentialeinschätzung einiger Logistik- und Holzlagerkonzepte durch Frachtunternehmen (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

### 3.3.3.3 Einschätzung der Logistikkonzepte durch Holzabnehmer

Im Unterschied zu den anderen Akteuren beurteilen Holzabnehmer den Kran-LKW Transport mit Bahnumschlag als vielversprechendstes Transportkonzept (78% sehr hoch bzw. eher hoch), da diese neben den Forstbetrieben (75%) insbesondere die Kapazität der Forst-LKW als Engpass erachten und daher ein großes Potential im Bahntransport sehen. Holzabnehmer schätzen das sehr hohe Potential für ein Nasslager mit 37% ähnlich hoch ein wie die Forstunternehmen mit 38%, werden hierbei aber sogar noch von den Frachtunternehmen mit 55% übertroffen. Bei der Trockenlagerung wird mit 59% aufsummierten sehr hohen und eher hohen Potential von den Holzabnehmern ein höherer Wert angegeben als von den Forstbetrieben (49%), neuerlich sind es aber die Frachtunternehmen, die mit 73% erneut stark das Potential der Lagerhaltung unterstreichen. Ein ähnliches Bild ist auch bei den Folienlagern vorzufinden die von den Frachtunternehmen mit 27% sehr hoher Potentialeinschätzung, von den Holzabnehmern mit 15% und von den Forstbetrieben mit 11% angegeben wurden, wobei speziell die jeweils großen Prozentwerte für sehr geringe Potentialeinschätzungen auffallen, die auf eine geringe Eignung dieses Logistikkonzeptes hindeuten.

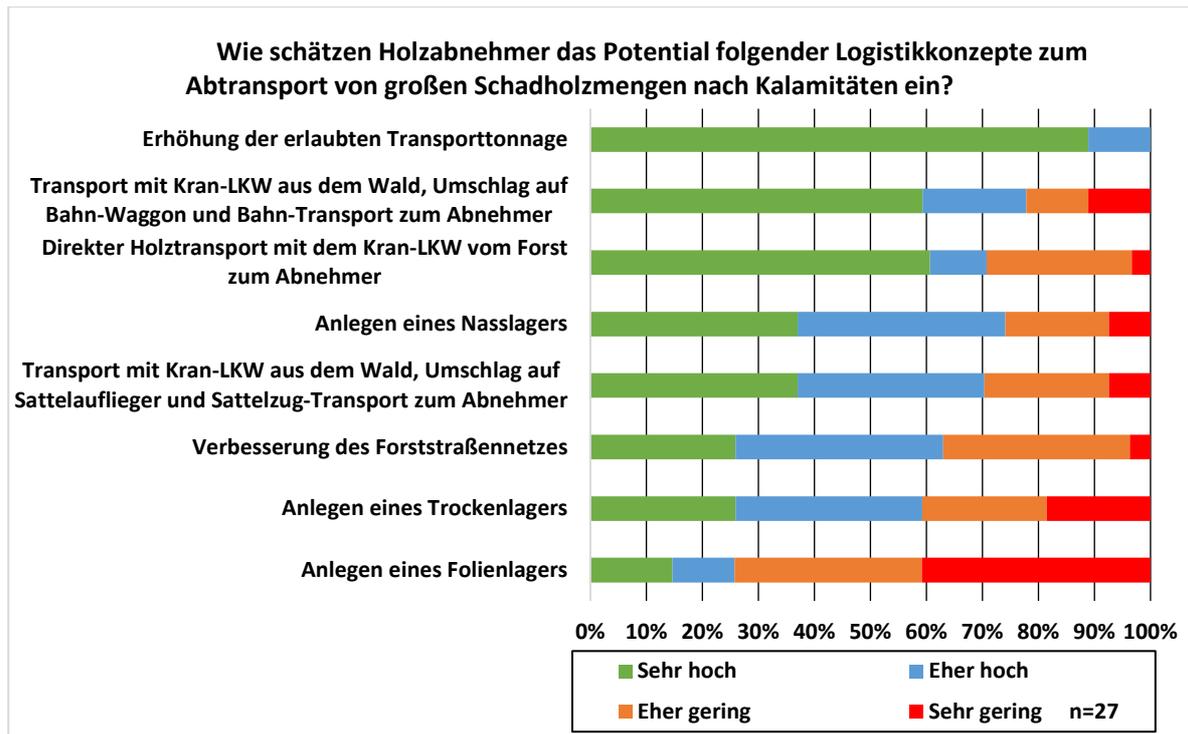


Abbildung 55: Potentialeinschätzung einiger Logistik- und Holzlagerkonzepte durch Holzabnehmer (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

### 3.4 Herausforderungen und Erfahrungen zur Bewältigung einer Schadholzkatastrophe

In den folgenden Abschnitten werden die wichtigsten Herausforderungen und größten Hebel für Verbesserungen basierend auf den Studienergebnissen diskutiert. Für die Interpretation wurden zusätzlich die im Rahmen der Studie von den Akteuren erhaltenen qualitativen Antworten auf die insgesamt 21 offenen Fragen miteinbezogen.

#### 3.4.1 Transportmodi und Transportdistanzen

Die österreichische Holz-Wertschöpfungskette setzt beim Rundholztransport mit einem Anteil von 65% vorwiegend den Transportmodus Kran-LKW ein, Sattelaufleger (16%) und Bahn (19%) teilen sich in etwa den verbleibenden Anteil. Ein LKW-Anteil (Kran-LKW und Sattelzug akkumuliert) von 81% mit einem Restanteil von Schienentransport und verschwindend geringem Schifftransport entspricht den Anteilen der Transportmodi in Finnland (Borcherding, 2007). Der Anteil des Sattelzug-Transports wird von Holzabnehmern höher als

der Branchendurchschnitt eingeschätzt, während von den Frachtunternehmen der Bahn-Transport gegenüber dem Branchendurchschnitt höher eingeschätzt wird.

Beim Rundholztransport verwenden KleinwaldbesitzerInnen fast ausschließlich den Kran-LKW (83%), wohingegen der Großwald etwas weniger auf diesen Transportmodus zurückgreift (62%). Der Sattelzug-Transport spielt für beide Akteure nur eine untergeordnete Rolle (12 bzw. 16%). Aufgrund der höheren durchschnittlichen Transportdistanzen beim Großwald macht der Anteil des Bahn-Transports 22% aus, wohingegen dieser beim Kleinwald nur 5% beträgt.

Bei den minimalen und maximalen Transportdistanzen geben die Frachtunternehmen beim unimodalen Kran-LKW Transport zum Abnehmer durchschnittlich höhere Werte ( $\emptyset$  maximale Distanz 160 km) an als Forstbetriebe und Holzabnehmer. Laut Angaben der Frachtunternehmen sind die Transportkosten sowie die Verlässlichkeit entscheidende Kriterien beim Rundholztransport, deshalb wird bei geringen Transportdistanzen ein Umschlag vom Kran-LKW auf Sattelaufleger eher vermieden, wenngleich eingespielte und gut organisierte Sattelumladekonzepte von manchen Unternehmen auch bereits unter 50 km durchgeführt werden.

Aufgrund des großen Einkaufsradius der Holzabnehmer beim Rundholzbezug (v.a. verarbeitende Industrie) setzen diese den Umschlag auf Sattelaufleger bzw. Bahn-Waggons für größere Transportdistanzen von mehreren hundert Kilometern ein. Beim Sattelzug-Transport ( $\emptyset$  maximale Distanz 188 km) können auch Kabotage-Transporte (Leistungserbringung durch ausländische Transportunternehmen) für den hohen Wert verantwortlich sein. Im Unterschied zur restlichen Wertschöpfungskette erachten Holzabnehmer die Holzabfuhr aus dem Wald mit dem LKW und anschließendem Bahntransport zum Industriestandort als vielversprechendstes Transportkonzept. Somit ist davon auszugehen, dass Holzabnehmer in Zukunft vermehrt auf den Schienentransport setzen werden.

### **3.4.2 Wartezeiten beim Rundholztransport**

Dass Wartezeiten jedenfalls negative Auswirkungen auf den Holztransport haben, zeigt eine Marktstudie der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Demnach schätzen Frachtunternehmen die Holzmenge, die aufgrund von Wartezeiten nicht transportiert werden kann, auf 11% des Holz-Transportvolumens des jeweiligen Frachtunternehmens (Gößwein et al., 2019). Bei acht Stunden täglicher Arbeitszeit und durchschnittlich zwei Rundholzlieferungen pro Tag ergeben sich aufgrund der entsprechenden Schätzwerte aus dieser Studie für die Sattelumladung im Normalbetrieb ein Äquivalent von 6% und bei

Kalamitäten 10% des Holz-Transportvolumens als Wartezeitverluste, bei Bahnumladung 8% bzw. 16% und beim LKW-Transport direkt zur Industrie sogar 9 bzw. 27% (wobei hier nicht die neuerliche Wartezeit zur Abladung von Bahnwaggons und Sattelschlepper einberechnet wurde, da ausschließlich der Kran-LKW als Engpassfaktor angesehen wird). Dies zeigt, dass durch lange Wartezeiten bei der Industrie vor allem in Kalamitätsfall Ineffizienzen entstehen können, denen durch eine Verlagerung auf Sattelaufleger- und Bahntransport begegnet werden kann.

Die Wartezeiten beim Umschlag auf einen Sattelzug, Bahn-Waggon und bei Entladung bei der Industrie werden von allen Akteuren im Kalamitätsfall höher eingeschätzt als im Normalfall. Während die Angaben der Akteure bei der Wartezeit des Sattel Umschlags nur geringfügig variieren ( $\emptyset$  Dauer beträgt etwa 20 min), schätzen die befragten Forstbetriebe und Frachtunternehmen die Wartezeit beim Bahnumschlag um etwa 15 Minuten höher ein als die Holzabnehmer. Holzabnehmer geben die Wartezeit bei der Entladung in den Industriebetrieben im Kalamitätsfall mit durchschnittlich 30 Minuten an, Forstbetriebe hingegen schätzen die Wartezeit auf 55 Minuten, Frachtunternehmen sogar auf 107 Minuten. Die abgegebenen Schätzungen der Holzabnehmer zur Wartezeit der LKW bei der Entladung am Industriestandort (13 Minuten im Normalfall) werden durch in anderen Studien ermittelte Wartezeiten von etwa 19 Minuten (Kretzer et al., 2009) bestätigt.

Die Akteure sehen Mängel in der Organisation der Rundholztransporte, bei den Abladepkapazitäten sowie im Zeitmanagement als Gründe für lange Wartezeiten beim Holzumschlag. Gemeinsam mit den Frachtunternehmen fordern Forstbetriebe eine bessere Koordination mit der Industrie und schlagen ein Zufuhrsystem mit festgelegten time-slots für die Holzabfuhr im Wald als auch bei der Entladung in der Industrie vor. Die Industrie sieht in einem digitalen Tracking der LKW eine Möglichkeit ein besseres Zufuhrmanagement zu gewährleisten und Wartezeiten zu verringern.

Die gesamte Wertschöpfungskette fordert zudem eine Erhöhung der Lagerkapazitäten, um einen kontinuierlichen Holzfluss mit moderaten Wartezeiten ohne Zufuhrspitzen zu gewährleisten.

Durch die Errichtung neuer Holzläger (insbesondere Nassläger außerhalb des Waldes) sollen Puffer für den Fall hoher Schadholzmengen geschaffen werden. Zudem erachten alle Akteure eine generelle Erhöhung der LKW-Transporttonnage auf 50 Tonnen für sinnvoll. Durch diese Maßnahme könnte der Abtransport im Schadholzfall schneller bewerkstelligt werden. Eine Tonnageerhöhung reduziert bei gleichbleibender Transportmenge die Anzahl der eingesetzten LKWs (Kogler et al. 2020), den CO<sub>2</sub>-Ausstoß (Klvac et al. 2013) und durch Bündelung der Transportaufträge die Anzahl der benötigten Fahrten zwischen Wald und Industrie (Gronalt et al., 2005).

### 3.4.3 Bahntransport

Der jährliche Holzumschlag der befragten Forstbetriebe und Holzabnehmer beträgt auf den Bahnhöfen im Mittel 10.500 und 81.000 fm bzw. der durchschnittliche Schadh Holzumschlag 6.100 fm und 34.730 fm. Somit beträgt der Schadh Holzanteil am Gesamtumschlag bei Forstbetrieben 60%, bei Holzabnehmern 40%. Dies zeigt, dass die betrieblichen Tätigkeiten der Bahn durch Schadh Holzereignisse erheblich beeinflusst werden.

Jeweils über 73% der befragten Forstbetriebe und Frachtunternehmen gaben an, dass im Umkreis von 30 km ihres Betriebes ein Holzverladebahnhof zur Verfügung steht. Der Anteil der Bahn am Rundholztransportvolumen der Akteure der Wertschöpfungskette Holz beträgt trotz der anscheinend guten Erreichbarkeit der Bahnhöfe nur etwa 20%. Dabei hätte der Bahntransport neben Umweltschutzaspekten insbesondere im Schadh Holzfall das Potential, den Straßentransport zu entlasten. Mit dem vermehrten Umstieg auf die Schiene könnte die überhöhte Auslastung der Frachtunternehmen im Schadh Holzfall (bis zu 125% der Transportkapazität) maßgeblich reduziert werden.

Die noch gering ausgeprägte Nutzung des Bahntransports hat mehrere Gründe. Zum einen herrscht gegenüber dem Schienentransport vonseiten der Wertschöpfungskette Holz eine gewisse Skepsis. 92% der befragten Akteure sehen in der Zusammenarbeit mit der Bahn im Schadh Holzfall sehr hohes und eher hohes Verbesserungspotential. Die Forstwirtschaft kritisiert vor allem die Schließungen von bestehenden Verladebahnhöfen (Rückzug aus der Fläche). Frachtunternehmen sowie Holzabnehmer bemängeln die schlechte Abstimmung mit der Bahn und die mangelnde Bereitstellung und Verfügbarkeit von Waggons sowie fehlende Lagerkapazitäten an den Bahnhöfen. Abgesehen von Informationsbroschüren bietet die Rail Cargo Austria nur selten Schulungen für die korrekte Waggonbeladung beim Bahnumschlag an. Diese wären aber aus Sicht der LKW-FahrerInnen notwendig. Es gibt aber auch praktische Gründe für die Bevorzugung anderer Transportmodi: 47% der befragten Forstbetriebe nutzen im Rahmen ihrer betrieblichen Tätigkeit keinen Holzverladebahnhof, weil der Bahntransport aufgrund der geringen Distanzen nicht in Frage kommt, und einige Abnehmer ausschließlich mit dem Kran-LKW bzw. Sattelzug beliefert werden können.

### 3.4.4 Kran-LKW FahrerInnen

Entlang der Holz-Wertschöpfungskette besteht bei Frachtunternehmen noch großes Forschungspotential, da diese Betriebe in Österreich bislang kaum untersucht wurden. Ein erster Schritt in diesem Bereich stellt die im Rahmen der vorliegenden Studie erfolgte Befragung dar.

Kran-LKW FahrerIn ist ein anspruchsvoller Beruf, für die Ausübung des Holztransports müssen FahrerInnen geistige und körperliche Belastbarkeit aufweisen, in vielen Situationen forstliches und technisches Wissen anwenden und insbesondere unter Zeitdruck arbeiten können. 67% der befragten Frachtunternehmen gaben bei der Online-Umfrage an, dass die Personalplanung durch Kalamitäten beeinträchtigt wird, die Planung der Routen sowie der Kapazitäten werden sogar laut 92% der Befragten beeinflusst. Dies spiegelt auch die hohe Auslastung der Transportkapazität wider, die im Kalamitätsfall zwischen 80 und 125% beträgt. Nur durch die Anwerbung externer Kapazitäten (LKW und/oder FahrerInnen) können diese Herausforderungen bewältigt werden.

Auch die Routenplanung obliegt oftmals den FahrerInnen und muss z.T. auch ohne GPS-Systeme durchgeführt werden können. Rauen Witterung unvorhergesehene technische Gebrechen, das Anlegen von Schneeketten, oft erforderliche Ausreizung der rechtlichen Rahmenbedingungen (maximale Transporttonnage und Lenkzeit) sowie lange Standzeiten im Forst und bei der Industrie stellen besondere Ansprüche an Forst-LKW-FahrerInnen dar, wobei das Gehalt eher moderat ausfällt.

Im Rahmen der Umfrage gaben die befragten Frachtunternehmen mit hoher Zustimmung an, dass die derzeit beschäftigten FahrerInnen auch in Zukunft im Holztransport tätig sein wollen. Dem Holz-Transport steht demnächst jedoch eine Pensionierungswelle bevor. Dies deckt sich mit den Angaben der Akteure zur Branchenerfahrung. Der Branchenerfahrungs-Median ist bei Frachtunternehmen fünf Jahre über dem Schnitt der gesamten Wertschöpfungskette Holz. Aufgrund des existierenden Fachkräftemangels und dem, wohl aufgrund der oben genannten Herausforderungen und der Bezahlung, überschaubaren Interesse von Lehrlingen an diesem Beruf wird es in naher Zukunft sehr wahrscheinlich zu einem FahrerInnen-Mangel kommen. Das Phänomen einer FahrerInnenschaft mit fortgeschrittenem Altersprofil und einem gleichzeitig geringen Interesse für den Holztransport bei jungen Personen ist auch in Finnland bereits beobachtet worden (Malinen et al., 2014).

### **3.4.5 Zusammenarbeit**

Bei der Zusammenarbeit innerhalb der österreichischen Holz-Wertschöpfungskette herrscht großes Verbesserungspotential, Akteure agieren abgegrenzt voneinander und es existiert aufgrund stark abgeschirmter Prozesse sowie geringem Digitalisierungsgrad eine große Informationsasymmetrie. Eine gesamtheitliche Sicht auf die Wertschöpfungskette wäre vorteilhaft (Kotler et al. 2017), um besonders gute GeschäftspartnerInnen ausfindig zu machen und durch gute Zusammenarbeit Kosten einzusparen. Ein Grund für diesen Zustand sind fehlende Verträge bzw. Liefervereinbarungen innerhalb der Holz-Wertschöpfungskette, so haben nur 37% der befragten Unternehmen in Hinblick auf die Schadh Holzkrise langfristige

Verträge abgeschlossen. Besonders Frachtunternehmen verfügen über wenige Vertragspartner. Lediglich 27% der Frachtunternehmen arbeiten auf Vertragsbasis mit Holzabnehmern zusammen, mit Forstbetrieben verfügen nur 18% der Transporteure über eine derartige Vereinbarung. Dies lässt sich mit dem durch zusätzliche Koordination entstehenden Mehraufwand erklären. In Finnland beispielsweise wird die regionale Kooperation der Logistikkette Fracht-Industrie durch das Schließen von Lieferverträgen intensiviert (Palander et al., 2012).

Die befragten Akteure orten untereinander wesentliche Mängel im Schadholzfall bei Kommunikation, Reaktionsgeschwindigkeit und Zuverlässigkeit. Holzabnehmer bewerten das Arbeitsklima sowie Holz- bzw. Transportpreise um einiges positiver als die durch im Schadholzfall stärker unter Druck stehenden Forstbetriebe und Frachtunternehmen.

Frachtunternehmen und Holzabnehmer sehen in der Zusammenarbeit mit den Forstbetrieben großes Verbesserungspotential hinsichtlich eines gemeinsamen Datenmanagements (über 80%). Eine digitalisierte Plattform mit Angaben zu Rundholz-/Schadholzmengen in Echtzeit würde laut Angaben der Frachtunternehmen und Holzabnehmer die Transport- und Lagerplanung erleichtern und kurzfristige Maßnahmen der Akteure ermöglichen. Auf Basis der von der Forstwirtschaft geschätzten Schadholzmenge können Frachtunternehmen anhand der Daten im System die Anzahl der aktiven LKW kurzfristig erhöhen und die Industrie die Zufuhrzeiten verlängern. Auch eine digitalisierte Lagerplanung wäre laut beiden Akteuren (insgesamt über 70%) eine Möglichkeit, Abläufe zu erleichtern. Beide Akteure bewerten das Arbeitsklima mit den Forstbetrieben als mangelhaft (über 67%). Die Studienbefragung ergab, dass trotz Schadholzkrise nur 9% der Frachtunternehmen und 15% der Holzabnehmer eine Einführung bzw. einen Ausbau digitalisierter Anwendungen im Betrieb vorgenommen haben.

Forstbetriebe und Holzabnehmer stufen die Kommunikations- und Interaktionshäufigkeit mit den Frachtunternehmen als stark verbesserungswürdig (über 72%) ein. Die Planung der Transportmengen sehen 76% der Forstbetriebe als problematisch. Ein verstärkter Einsatz digitalisierter Plattformen und Apps könnte auch in diesem Spannungsfeld Verbesserungen in der Zusammenarbeit ermöglichen. Interessanterweise schätzen die befragten Forstbetriebe das Arbeitsklima mit den Transportunternehmen etwas besser ein als umgekehrt.

Forstbetriebe und Frachtunternehmen bemängeln insbesondere die Preispolitik der Holzabnehmer (über 90%). Die beiden Akteure sind von der heimischen Industrie stark abhängig, die eine gewisse Flexibilität in der Rundholzversorgung hat, weil etwa der Rundholzimport erhöht oder und der Transport durch ausländische Transportunternehmen durchgeführt werden kann. Im Rahmen der Befragung verlieh insbesondere die Forstwirtschaft dem Anliegen nach fairen Rundholzpreisen mit langfristigen Verträgen

Nachdruck. Somit ist es kaum verwunderlich, dass jeweils nur knapp 40% der Forstbetriebe und Frachtunternehmen das Arbeitsklima mit den Holzabnehmern positiv einschätzen.

### 3.4.6 Logistikkonzepte

Von der österreichischen Holzwertschöpfungskette werden nach Kogler et al. (2020) für den Rundholztransport derzeit vorwiegend unimodale Transportkonzepte eingesetzt, die bei plötzlichen Mengenschwankungen wenig Resilienz aufweisen. Dies deckt sich mit den Ergebnissen der Online-Befragung. Bei einem Stichprobenumfang von 109 TeilnehmerInnen erreichte der Transportmodus Kran-LKW einen 65% Anteil am Rundholztransportvolumen, während der Sattelzug- sowie der Bahntransport gemeinsam lediglich 35% ausmachen. Holzabnehmer schätzen ein multimodales Transportkonzept mit einer Zustimmung von 78% als zukunftsfähig zur Bewältigung von Schadholzkrisen. Forstbetriebe und Frachtunternehmen sprechen sich hingegen weiterhin stark für den direkten Kran-LKW Transport aus. Dies ist durchaus verwunderlich, da sich der bereits vorhandene Kran-LKW LenkerInnen Mangel in Zukunft wohl noch weiter verschärft und somit der bereits bestehende Transportengpass noch kritischer wird. Zudem ist die Auslastung der Kran-LKW insbesondere bei kleinen Betrieben sehr hoch. Auf diesen Engpass könnte man mit vermehrten Sattelzug-Transporten reagieren, weil durch den Umschlag auf den Sattelzug Kran-LKW Personal eingespart und der Kran-LKW Engpass entschärft werden kann (Kogler et al. 2020).

Ein vermehrter Bahn-Transport mit hohen Rundholzlagerkapazitäten an den Bahnhöfen hätte im Kalamitätsfall das Potential für eine Entlastung der gesamten Logistikkette zu sorgen. Die Lagerauslastung der Holzabnehmer im Schadholzfall beträgt durchschnittlich 98%, was 31% über dem Mittelwert im Normalfall liegt. Durch eine Glättung der Zufuhrspitzen könnten die von Transportunternehmen bemängelten Warte- und Entladezeiten bei der Industrie verringert werden. Möglicherweise ist die bevorzugte Nutzung der Kran-LKW vonseiten der Forstwirtschaft und Transportunternehmen neben betrieblicher Gewohnheiten auf wirtschaftliche Aspekte zurückzuführen, da für beide Akteure die Transportkosten ein wesentliches Kriterium (insgesamt 79%) darstellen, jedoch in Krisenzeit nicht als einziges Entscheidungskriterium dienen dürfen. Überraschenderweise stellt die CO<sub>2</sub>-Bilanz einen wichtigen Einflussfaktor (54% sehr hoch bzw. eher hoch) für die befragten Transporteure dar, wohingegen dieser Wert bei Forstbetrieben nur bei 32% liegt.

Forstbetriebe und Holzabnehmer nutzen für die Lagerung von Schadholz derzeit vor allem Trockenlager außerhalb des Waldes sowie Industrielager. Das am dritthäufigsten genutzte Konzept ist das Nasslager außerhalb des Waldes: 38% der befragten Forstbetriebe sowie 22% der Holzabnehmer greifen auf diese Lagerung zurück. So haben jeweils etwa 30% der befragten Forstbetriebe und Holzabnehmer im Zuge der Schadholzkrise ein Nasslager

angelegt. Es ist anzunehmen, dass diese Werte in Zukunft weiter steigen, denn das Nasslager wurde von beiden Akteuren mit Abstand als zukunftssträchtestes Lagerkonzept eingeschätzt.

Forstbetriebe nutzen beihilfefähigen Flächen im Ausmaß von 28%. Dies ist ein Indikator dafür, dass durch die Schadholzkrisis eine hohe Auslastung der Lagerkapazitäten erreicht wurde. Forstbetriebe mussten somit eine Antragstellung für die Nutzung landwirtschaftlicher Flächen zur Holzlagerung durchführen. Die Folienlagerung hat mit einer Gesamtnutzung von 4% außerhalb bzw. 3% innerhalb des Waldes für beide Akteure nur eine sehr geringe Bedeutung. Diesem Konzept wurde zudem auch nur sehr wenig Potential zugeschrieben (Zustimmung Forstbetriebe und Holzabnehmer 20% bzw. 26%). Dies ist wohl auf die begrenzte Poltergröße sowie den hohen technischen Aufwand beim Anlegen dieser Lager zurückzuführen.

# 4 Evaluierung schadholzspezifischer Lagerhaltungskonzepte und Logistikstrategien

Die Datenerhebung wurde durch die ÖBf, RCA sowie Statistik Austria unterstützt und lieferte wichtige Informationen zur spezifischen Einordnung der Ergebnisse der Online-Fragebogenstudie sowie für die Parametrisierung der Simulationsmodelle.

## 4.1 Literaturübersicht

Themenrelevante wissenschaftliche Überblicksabhandlungen (Review-Paper) beschäftigen sich mit operativen, taktischen und strategischen Anwendungen von Operations-Research Methoden wie Optimierung und Simulation für die Holzlieferkette. Ein Literaturüberblick mit Schwerpunkt auf Optimierungsmodelle für Holzlieferketten ist in D'Amours et al. (2008) zu finden. Auf die Eignung von Simulationsmethoden zur Berücksichtigung von Unsicherheiten wird in der Literaturübersicht von Shashi & Pulkki (2013) eingegangen und Opacic & Sowlati (2017) behandeln speziell Literatur zur diskreten Event-Simulation, beide analysieren hauptsächlich Studien von unimodalem Transport, der ausschließlich per LKW erfolgt. Kogler und Rauch (2018) fokussieren hingegen in ihrer Literaturübersicht neben unimodalen Holztransportmodellen erstmals auch speziell auf multimodalen Holztransport und thematisieren den Umschlag auf Bahn und Schiff.

In führenden Ländern der Holztransportforschung wurden bereits erste diskrete Event-Simulationsmodelle erstellt, die auf die Integration von Bahnterminals in die Holzlieferkette abzielen, jedoch speziell für regionale Gegebenheiten in Finnland (Saranen & Hilmola 2007, Karttunen et al. 2013) und Kanada (Mobini et al. 2013, Mobini et al. 2014) relevante Aussagen liefern. In den vergangenen Jahren wurden von Etlinger et al. 2014, Wolfsmayr et al. 2016 und Gronalt & Rauch 2018 Simulationsmodelle für österreichische multimodale Holzlieferketten entwickelt. Ergänzend wird hierbei auch auf Arbeiten zum Holzumschlag auf Sattelschlepper in Österreich von Kogler et al. (2020a) sowie Schwerlastkraftwagen in Finnland von Korpinen et al. (2019) und Väätäinen et al. (2020) verwiesen. In aktuellen Forschungsarbeiten von Kogler und Rauch (2019, 2020) sowie Projektberichten (Fjeld et al. 2017, Westlund et al. 2018, Fjeld et al. 2018, Kogler et al. 2020b, Rauch et al. 2020) rückten erhöhter Schadholzanfall und Bewältigungsstrategien in den Mittelpunkt und bilden eine fundierte wissenschaftliche Basis,

die im Rahmen des SKAT Projektes zusammen mit Erfahrungen von Expertinnen und Experten zur effizienten Bewältigung von Kalamitäten beiträgt.

Statistische Erhebungen zu aktuellen Herausforderungen und Kooperation im Holztransport zielten bisher vor allem auf unimodalen LKW Transport ab (Palander et al. 2012, Malinen et al. 2014), während die im Rahmen des Projektes SKAT durchgeführte Online-Umfrage für Wissenschaft und Praxis wichtige Erkenntnisse in Hinblick auf Bahntransport, Lagerhaltung sowie Kooperation von Forst, Transport und Industrie bei Schadholzanfall liefert.

## 4.2 Holzverladeplattformen im Waldviertel

Ein erster Überblick der für das Untersuchungsgebiet relevanten Holzverladeterminals ist in Abbildung 56 dargestellt. Im Forstbetrieb Waldviertel-Voralpen, der für diese Studie als Fallstudienregion dient, wird regelmäßig Holz an folgenden Holzverladeplattformen verladen: Pürbach-Schrems, Waldhausen, Klein Schönau, Irnfritz, Krems, Pöchlarn, Gutenstein, Schrambach, Spratzern und Randegg. Darüber hinaus wäre eine Verladung auch in folgenden Orten möglich: Vitis, Gmünd, Zwettl, Horn, Eggenburg, Hollabrunn, St.Pölten, Loosdorf, Amstetten und Großreifling.

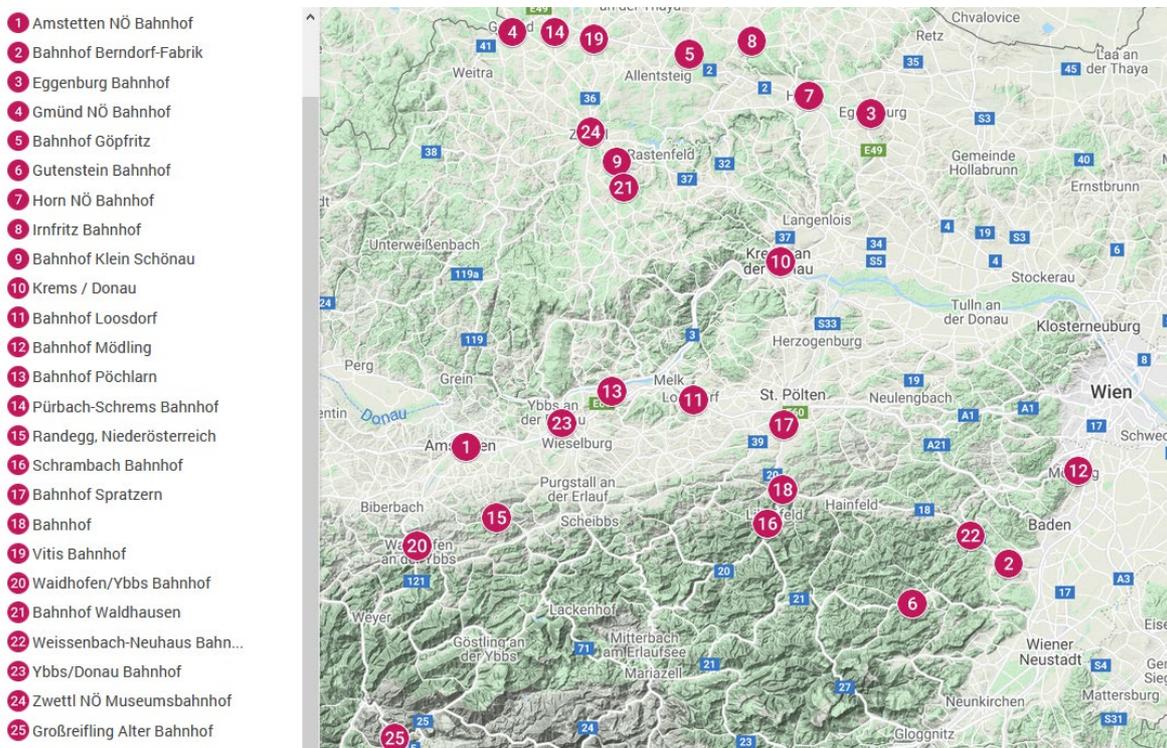


Abbildung 56: Holzverladeplattformen im Untersuchungsgebiet

Abbildungen 57–60 zeigen zur Orientierung einige Orthofotos repräsentativer Terminals in der Fallstudienregion.

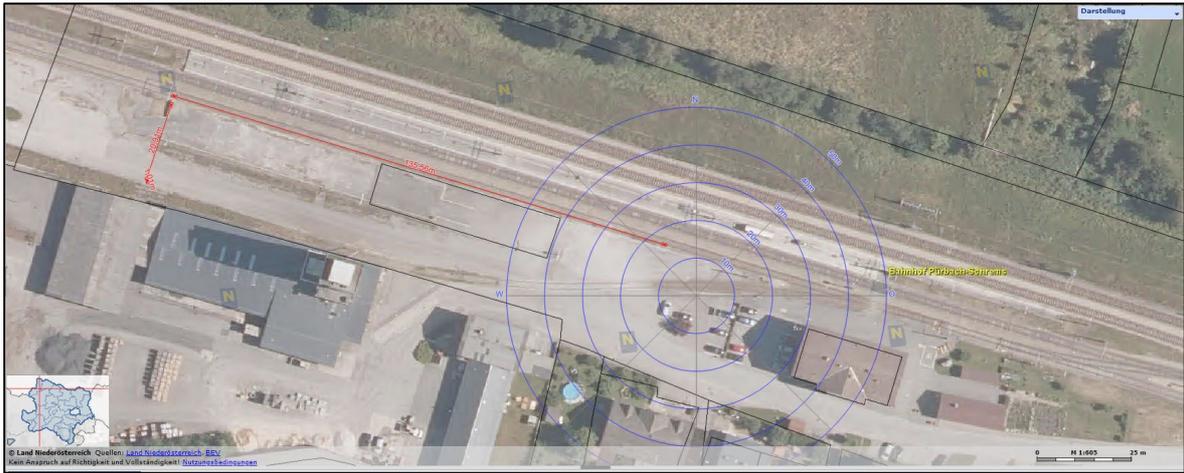


Abbildung 57: Terminal Pürbach-Schrems (<https://atlas.noel.gv.at/webgisatlas/>)



Abbildung 58: Terminal Infritz (<https://atlas.noel.gv.at/webgisatlas/>)

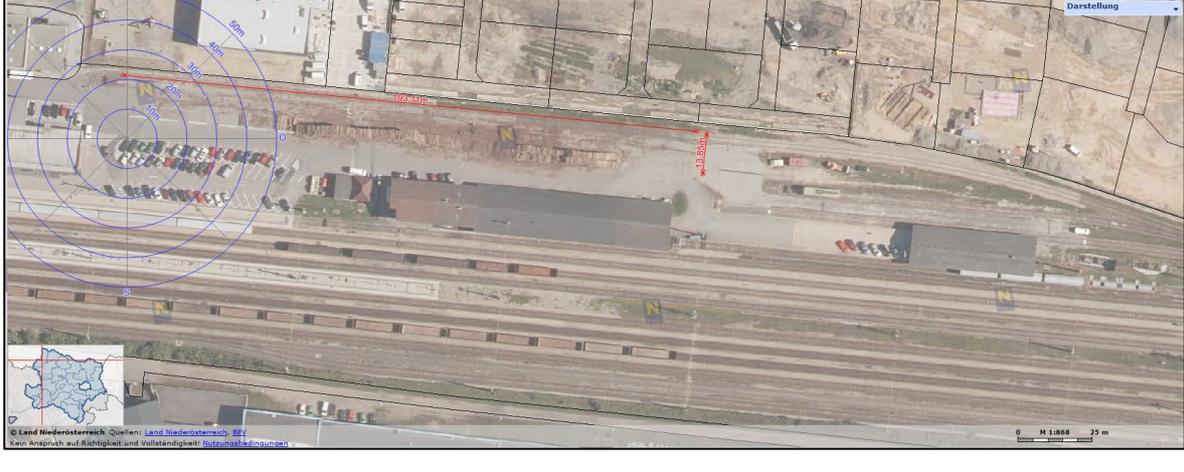


Abbildung 59: Terminal Gmünd (<https://atlas.noel.gv.at/webgisatlas/>)

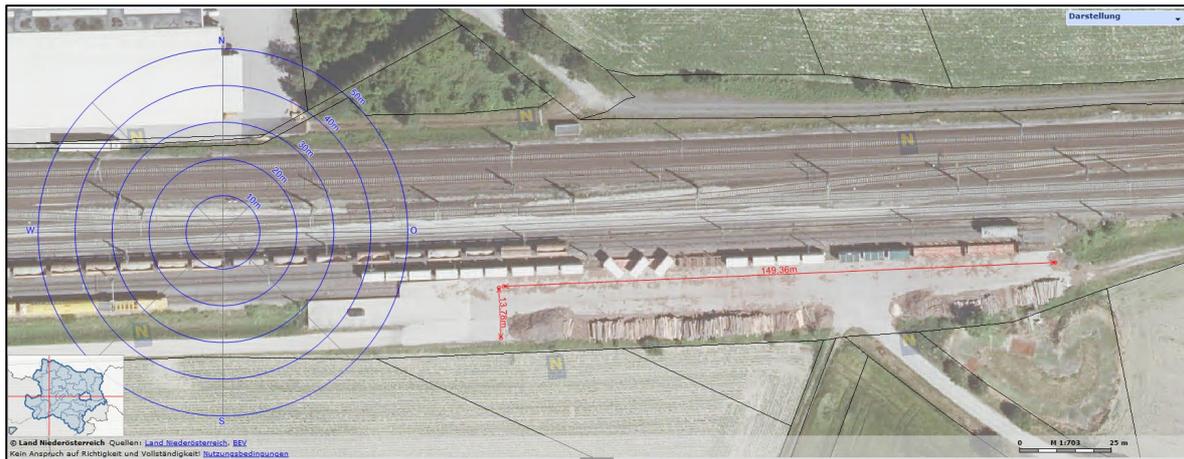


Abbildung 60: Terminal Pöchlarn (<https://atlas.noel.gv.at/webgisatlas/>)

Daten der RCA zu den Holzverladeplattformen mit den jeweiligen Gleislängen und Lagerplatzgrößen ermöglichten eine Abschätzung der Anzahl der beistellbaren Waggone je Waggontypen (Tabelle 9). Die Umschlagmengen dieser Holzverladeplattformen für die Jahre 2018 und 2019 sowie die verladene Waggonanzahl dienten zur Evaluierung und Parametrisierung der Simulationsmodelle.

Tabelle 9: Relevante Holzverladeplattformen für das Waldviertel

Terminal	Gleislänge in m	Lagerplatz in m <sup>2</sup>	Ros-schwer	Rnoos-uz	Laaprs	Rnooss	Eanos	Ea(o)s	Ros
Amstetten	290	7 000	15	13	10	13	22	20	15
Eggenburg	130	1 300	7	6	4	6	10	8	7
Gmünd NÖ.	220	3 000	11	10	7	10	17	15	11
Göpfritz	280	2 800	15	12	10	13	22	19	15
Großreifling	175	10 000	9	8	6	8	13	12	9
Gutenstein	195	1 500	10	9	7	9	15	13	10
Hollabrunn	175	3 750	9	8	6	8	13	12	9
Horn	90	1 170	4	4	3	4	7	6	4
Irnfritz	140	1 000	7	6	5	6	11	9	7
Klein Schönau	175	2 450	9	8	6	8	13	12	9
Krems a.d.Donau	150	1 900	8	6	5	7	11	10	8
Loosdorf	500	4 450	26	23	18	23	39	34	26
Pöchlarn	145	2 030	7	6	5	6	11	10	7
Pürbach-Schrems	205	720	11	9	7	9	16	14	11

Randegg	90	1 360	4	4	3	4	7	6	4
Schrambach	180	2 150	9	8	6	8	14	12	9
Traisen	80	1 260	4	3	2	3	6	5	4
Spratzern	115	690	6	5	4	5	9	7	6
Vitis	230	1 500	12	10	8	10	18	15	12
Waldhausen	320	5 450	17	14	11	15	25	22	17
Zwettl	120	1 400	6	5	4	5	9	8	6

### 4.3 Parametrisierung und Validierung der Simulationsmodelle

Mithilfe der erhobenen Daten und Logistikkennzahlen wurden Simulationsmodelle zur Planung von multimodalen Transportketten angepasst und parametrisiert (Abbildung 61). Die Transportdauer sowie die Anzahl der täglichen Verschiebe wurden neben der Transporttonnage (44 t) in Sensitivitätsanalysen als wesentliche Einflussfaktoren eruiert und in entsprechenden Szenarien für ein bzw. zwei Verschiebe sowie kurze (D1), mittlere (D2) und lange (D3) Transportdauern berücksichtigt um 2–4 Transportfahrten pro Tag abzudecken.

Allgemeine Prozesse am Terminal wie das Entfernen von Gurten, das Sichern von Waggonladungen, das Reinigen der Ladefläche sowie das Ausfüllen der Lieferdokumentation wurden ebenso berücksichtigt wie die Beladedauer der LKWs und Umschlagdauer auf die Waggone. Die Verschiebzeiten wurden auf 9 Uhr und 15 Uhr (bei zwei Verschieben) festgelegt und der LKW-Schichtbeginn mit den Verschiebzeiten koordiniert um hohe LKW-Auslastung (über 95%), hohes Umschlagvolumen und voll beladene Waggone zum Verschiebzeitpunkt zu erreichen. Die Arbeitszeit der LKW-FahrerInnen betrug acht Stunden pro Tag an fünf Tag in der Woche.

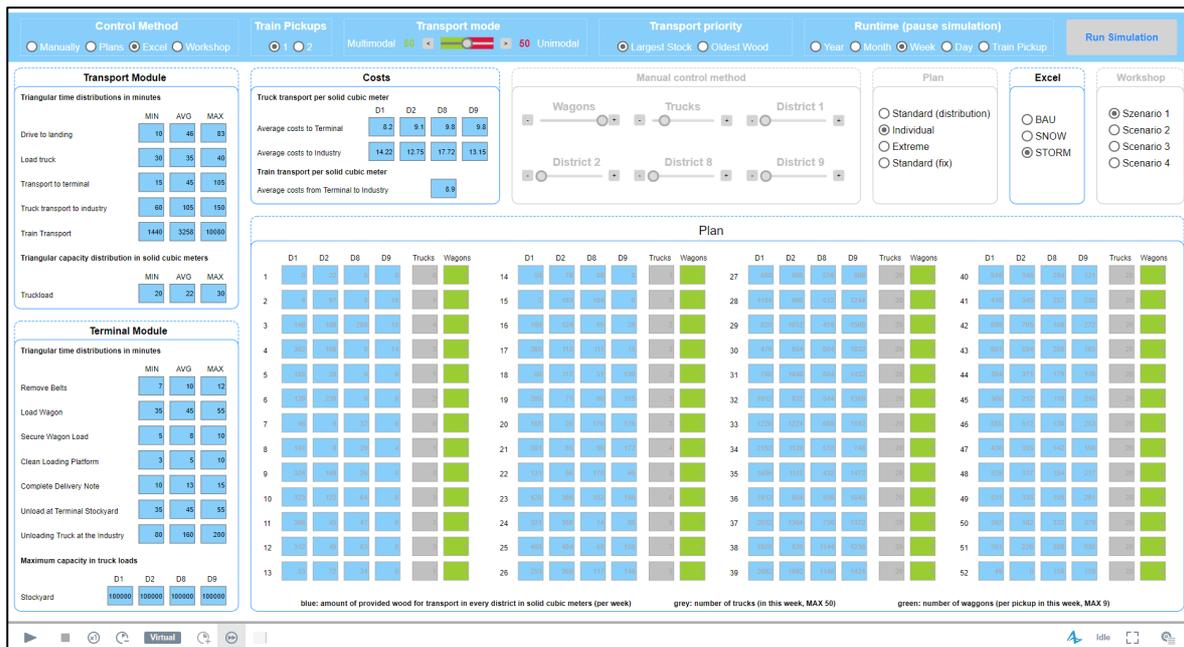


Abbildung 61: Parametrisierung des Simulationsmodells

Die parametrisierten Modelle wurden in Simulationsläufen getestet, verifiziert und validiert, wobei auch grafische Animationen und Flussdiagramme zum Einsatz kamen (Abbildung 62, Abbildung 63). Für eine vertiefende Modellevaluierung ist es notwendig, reale fehlerbereinigte Transportdaten von (1) Terminals mit ähnlichen Transportdauern wie in den drei im Simulationsmodell festgelegten Szenarien, die (2) von einer hoch ausgelasteten (>95%) LKW-Flotte beliefert und so (3) ihre maximale Umschlagkapazität erreicht haben.

Nach umfangreicher Datenaufbereitung der Rohdaten aus dem Holzflussmanagement System der ÖBF in Zusammenarbeit mit Experten zur Reduktion von Datenfehlern (z.B. Datenfilterung auf Basis realistischer Maximalwerte, doppelte Einträge, falsch zugeordnete Werte) konnten Terminals eruiert werden, deren durchschnittliche Transportdauern nahe an den Szenariodesigns lag. So eignen sich die Terminals Pürbach-Schrems (58 min) und Vitis (20) min grundsätzlich für kurze Transportdauern (45 min), die Terminals Spratzern (84 min), Traisen (77 min) und Zwettel (68 min) für mittlere Transportdauern (75 min) und die Terminals Eggenburg (99 min), Klein Schönau (100 min), Pöchlarn (109 min) und Schrambach (110 min) für lange Transportdauern (105).

Auf eine hohe Auslastung der LKW-Flotte kann zwar aufgrund der empirischen Befragungsergebnisse in dieser Arbeit geschlossen werden, diesbezüglich liegen aber keine detaillierten Realdaten der in Frage kommenden Terminals vor. Die ausgewählten Terminals wurden im Untersuchungszeitraum nicht vollständig ausgelastet, sodass ein Vergleich der realen maximalen Umschlagkapazitäten mit den im Modell errechneten maximalen Umschlagkapazitäten nicht möglich war. Daraus ist zu folgern, dass die derzeit in Österreich

vorliegende Datenqualität noch nicht für eine exakte Modellevaluierung ausreicht, wenngleich im Zuge dieser Forschungsarbeit Verbesserungspotentiale aufgedeckt und eine Vorgehensweise zur weiteren Validierung erarbeitet werden konnte, die für zukünftige Studien wertvolle Anhaltspunkte liefern.



Abbildung 62: Animationsansicht des Simulationsmodells

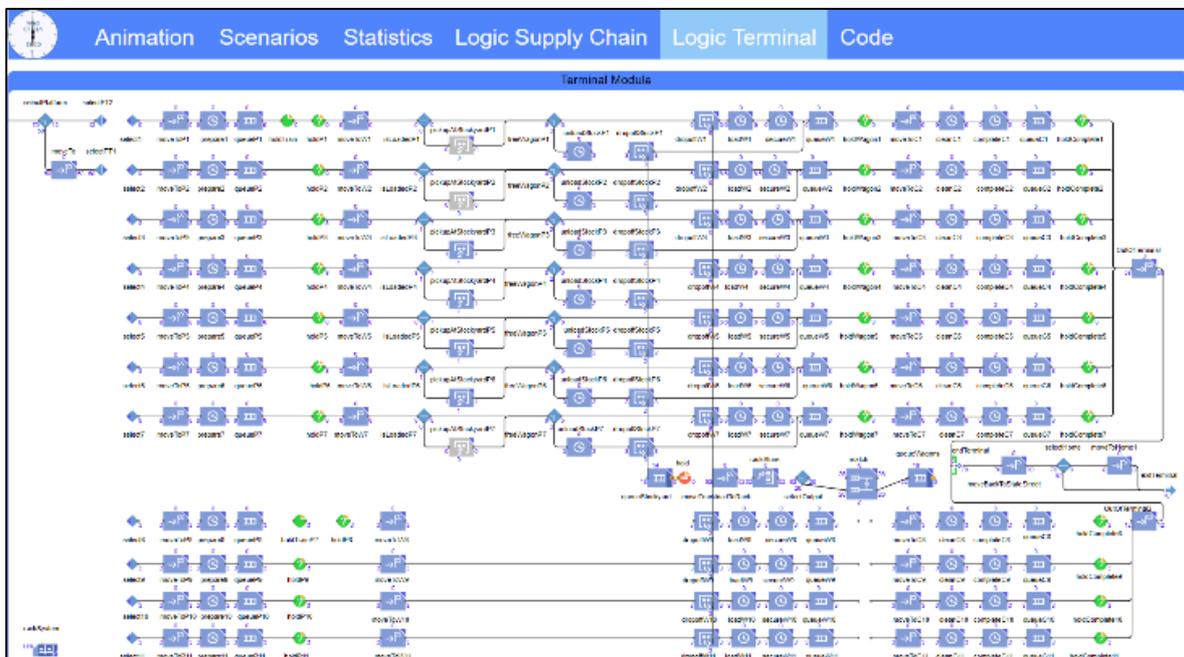


Abbildung 63: Flussdiagrammansicht des Simulationsmodells

Im Rahmen der vorhandenen Möglichkeiten hat die Datenanalyse ergeben, dass die Simulationsmodelle und Szenarien gut für die Terminals in NÖ eingesetzt werden können. Die

Transportdauern, die in den Szenarien angenommen wurden decken gut die durchschnittlichen realen Transportdauern ab. Außerdem zeigen die RCA Daten, dass die Waggonanzahl in den Szenarien realistisch gewählt wurden. Tabelle 10 enthält die Simulationsergebnisse für die Terminals der Fallstudienregion. Darin wurden die Daten der RCA zu Gleislänge und Waggonlänge zu einer realistischen Abschätzung der gleichzeitig beladbaren Waggonanzahl verdichtet. Manche Terminals könnten zwar laut Ladegleislänge mehr als 7 Waggone aufnehmen, dies konnte in Realität aber aufgrund der regional zur Verfügung stehenden Frachtunternehmen sowie des LKW-FahrerInnen Engpasses nie genutzt werden, womit die maximale Anzahl an gleichzeitig beladbarer Waggone mit 7 angenommen wurde. Darüber hinaus lieferte die durchschnittliche Transportzeit der ÖBf, die aus den bereinigten Datensätzen des Holzflussmanagementsystems errechnet wurde, wertvolle Anhaltspunkte zur realitätsnahen Zuordnung zum jeweiligen Transportdauerszenario. Die Tabelle zeigt wöchentliche Umschlagmengen, bei einem bzw. zwei Verschieben sowie eine effiziente Anzahl der zum Umschlag benötigten Kran-LKWs. Dies gibt Entscheidungsträgern im Schadholzfall einen wertvollen Überblick, welche Mengen von der Straße auf die Schiene verlagert werden können, um den Kran-LKW-Transportengpass zu mildern.

Tabelle 10: Simulationsergebnisse der Terminals der Fallstudienregion

Bezeichnung	Gleislänge in m	Lagerplatz in m <sup>2</sup>	Maximale Anzahl ROS-schwer (19,9m)	Annahme verfügbare Waggone	Durchschnittliche Transportzeit in min	Szenario (min)	Ein Vershub		Zwei Verschiebe	
							Umschlagvolumen pro Woche	Benötigte LKWs	Umschlagvolumen pro Woche	Benötigte LKWs
Amstetten	290	7000	15	7	130,2	D3 (105)	1490	11	3060	18
Eggenburg	130	1300	7	7	99	D3 (105)	1490	11	3060	18
Gmünd NÖ.	220	3000	11	7	118,2	D3 (105)	1490	11	3060	18
Göpfritz	280	2800	14	7	159	D3 (105)	1490	11	3060	18
Gutenstein	195	1500	10	7	168,6	D3 (105)	1490	11	3060	18
Horn	90	1170	5	5	94,8	D3 (105)	1100	8	2240	14
Irnfritz	140	1000	7	7	88,2	D2 (75)	1640	7	3300	14
Klein Schönau	175	2450	9	7	99,6	D3 (105)	1490	11	3060	18
Krems a.d.Donau	150	1900	8	7	90,6	D3 (105)	1490	11	3060	18
Loosdorf	500	4450	25	7	88,2	D2 (75)	1640	7	3300	14
Mödling	95	585	5	5	18	D1 (45)	1220	4	2180	8
Pöchlarn	145	2030	7	7	109,2	D3 (105)	1490	11	3060	18
Pürbach-Schrems	205	720	10	7	58,2	D1 (45)	1640	7	3300	14
Randegg	90	1360	5	5	162	D3 (105)	1100	8	2240	14
Schrambach	180	2150	9	7	110,4	D3 (105)	1490	11	3060	18
Spratzern	115	690	6	6	84	D2 (75)	1350	4	2590	11
Traisen	80	1260	4	4	76,8	D2 (75)	940	3	1880	8
Vitis	230	1500	12	7	20,4	D1 (45)	1630	5	2990	10
Waidhofen a.d.Ybbs	150	1450	8	7	142,8	D3 (105)	1490	11	3060	18
Waldhausen	320	5450	16	7	97,8	D3 (105)	1490	11	3060	18
Ybbs a.d. Donau	40	160	2	2	115,2	D3 (105)	440	2	940	6
Zwettl	120	1400	6	6	67,8	D2 (75)	1350	6	2590	11
Großreifling	175	10000	9	7	170,4	D3 (105)	1490	11	3060	18

## 4.4 Simulation schadholzspezifischer Lagerhaltungskonzepte und Logistikstrategien

Sowohl die qualitativen Ergebnisse der Stakeholder-Interviews und Online-Studie als auch die quantitativen Datenerhebungen und Analysen ergaben, dass neben der Sattelumladung und Lagerung vor allem der Bahnumschlag eine wertvolle Logistikmaßnahme zur Bewältigung von hohen Schadholzmengen und Verringerung des Kran-LKW-FahrerInnen-Engpasses darstellen kann, dieses Potential bislang aber noch nicht ausgenutzt wird. Daher konzentrieren sich die Transportplanungsstrategien des Logistikleitfadens insbesondere auf diesen Bereich, um zu zeigen, welches hohe Umschlagvolumen die österreichischen Terminals im Schadholzfall bereitstellen können um den Kran-LKW-Transport entsprechend zu entlasten und vorhandene Waggone bestmöglich auszulasten. Aufbauend auf die Stakeholder-Interviews und Online-Befragung war es möglich basierend auf den Erkenntnissen der Datenanalyse und Anwendung der Simulationsmodelle auf die Fallstudienregion, Transportplanungsstrategien für den Bahntransport abzuleiten und anschließend die notwendigen Simulationsläufe zu deren Berechnung durchzuführen. Zur Bewertung der Ergebnisse kamen eine Workshopversion des Simulationsmodells mit Kennzahlenansicht (siehe Abbildung 64 und 65) sowie multikriterielle Entscheidungsverfahren zum Einsatz, welche die Kennzahlen Umschlagvolumen, Transportressourcen (Anzahl benötigte Kran-LKWs, Anzahl benötigte Waggone) sowie maximale und durchschnittliche Wartezeit am Terminal nach deren Wichtigkeit reichten, um vorteilhafte, praxistaugliche Strategien für drei verschiedene Transportdistanzen und hohe LKW-Auslastung (über 95%) zur Bewältigung von Katastrophen auszuwählen.

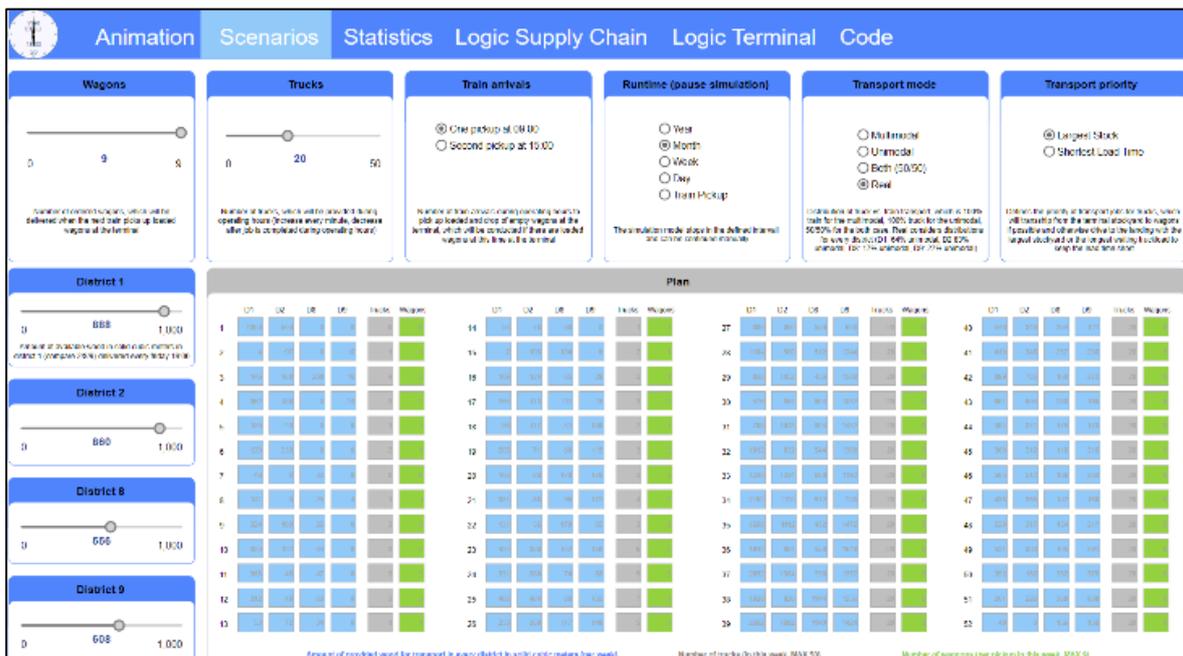


Abbildung 64: Planungsansicht Workshop

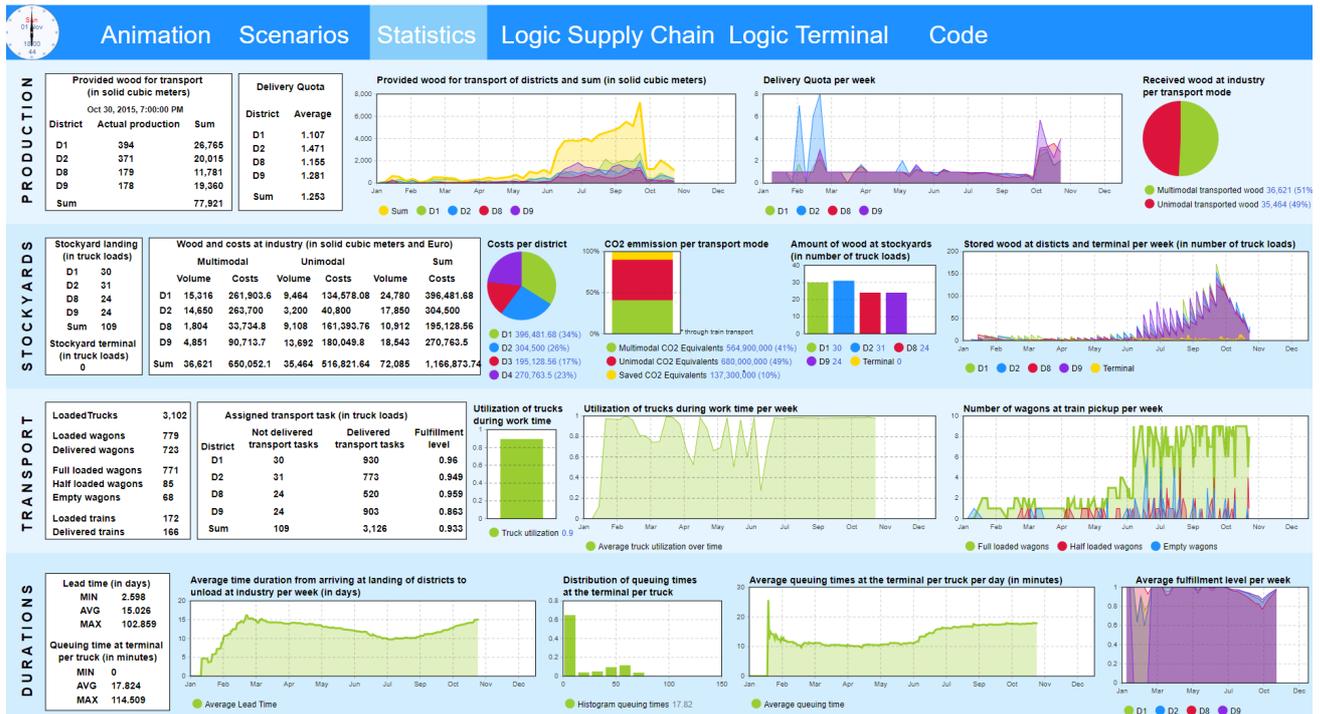


Abbildung 65: Kennzahlenansicht

Um eine Entscheidungshilfe für verschiedene (konkurrierende) Planungsziele zu bieten, wurden verschiedene Kennzahlen-Rankings entwickelt und für ein bzw. zwei Verschiebe bzw. kurze, mittlere und lange Transportdauern analysiert. Nach Schadholzereignissen stehen die PlanerInnen vor der Herausforderung, das Holz so schnell wie möglich aus dem Wald zu transportieren, um Holzwertverluste zu vermeiden. Daher konzentriert sich die erste Strategie **MAX TRANSPORT** ausschließlich auf das maximale Umschlagsvolumen. In Fällen, in denen vorteilhafte Lösungen das gleiche maximale Terminal-Umschlagsvolumen hatten, wurde die Lösung mit der geringsten Anzahl von Waggonen und LKWs (d. h. Entscheidungsvariablen) gewählt, um Ressourcen zu sparen. In einigen Fällen müssen Terminals eingesetzt, die kaum Platz für einen Lagerplatz bieten. Daher wurde die zweite Strategie **MIN LAGER** entwickelt, die eine Lösung auswählt, bei der kein Lagerplatz benötigt wird (d. h., wenn es keine Lösungen ohne Lagerplatzverfügbarkeit gibt, wurde diejenige mit dem niedrigsten Lagerplatz gewählt). Von den Lösungen mit dem niedrigsten Lagerplatz wurde diejenige mit dem höchsten Umschlagvolumen gewählt. Die resultierenden Lösungen schnitten in Bezug auf die jeweils im Zentrum stehende Kennzahl (Umschlagvolumen, Lager) gut ab, zeigten jedoch auch Schwächen bei anderen Kennzahlen. So erfordert die Strategie **MAX TRANSPORT** hohe Transportressourcen. Dies gilt in einigen Fällen auch für die Strategie **MIN LAGER**, die ein vergleichsweise geringes Umschlagsvolumen lieferte. Daher wurde die dritte Strategie **BEST FIT** entwickelt. Um Transportressourcen zu sparen und gleichzeitig das Umschlagsvolumen auf einem hohen Niveau zu halten, wurden Lösungen mit einem bis zu 10 % niedrigeren maximalen Umschlagvolumen in Betracht gezogen. Unter allen realisierbaren Lösungen

wurde diejenige mit der geringsten Anzahl von Waggonen und LKWs ausgewählt, und wenn diese gleich waren, wurde die Lösung mit dem geringsten benötigten Lagerplatz verwendet.

## 4.5 Performance schadholzspezifischer Lagerhaltungskonzepte und Logistikstrategien

Die in im Logistikleitfaden (Abschnitt 5.2) aufgeführten Transportplanungsstrategien verfolgen unterschiedliche Zielsetzungen und bieten somit die Möglichkeiten, die jeweils für die realen Gegebenheiten passendste Strategie auszuwählen. Nichtsdestoweniger verfügt jede Strategie über individuelle Vor- und Nachteile die in diesem Unterabschnitt beleuchtet werden, um ExpertInnen aus der Praxis die Auswahl der für sie besten Strategie zu erleichtern.

Bei einem Verschub liefert die BEST FIT-Strategie die geringste Anzahl von LKWs pro Waggon, dicht gefolgt von der MIN LAGER-Strategie, die bei langen Lieferzeiten und mehr als vier eingesetzten Waggonen schlechter abschnitt (Abbildung 66). Darüber hinaus reduzierte die BEST FIT-Strategie die Anzahl der LKWs im Vergleich zur MAX TRANSPORT-Strategie wobei ähnliche Mengen an Holz umgeschlagen wurden (Tabelle 11). Zusätzlich reduzierten sowohl die BEST FIT-Strategie als auch die MIN LAGER-Strategie den erforderlichen Lagerplatz im Vergleich zur MAX TRANSPORT-Strategie. Die BEST FIT-Strategie übertraf auch die MAX TRANSPORT- sowie die WENIG LAGER-Strategie in Bezug auf die Wartezeiten.

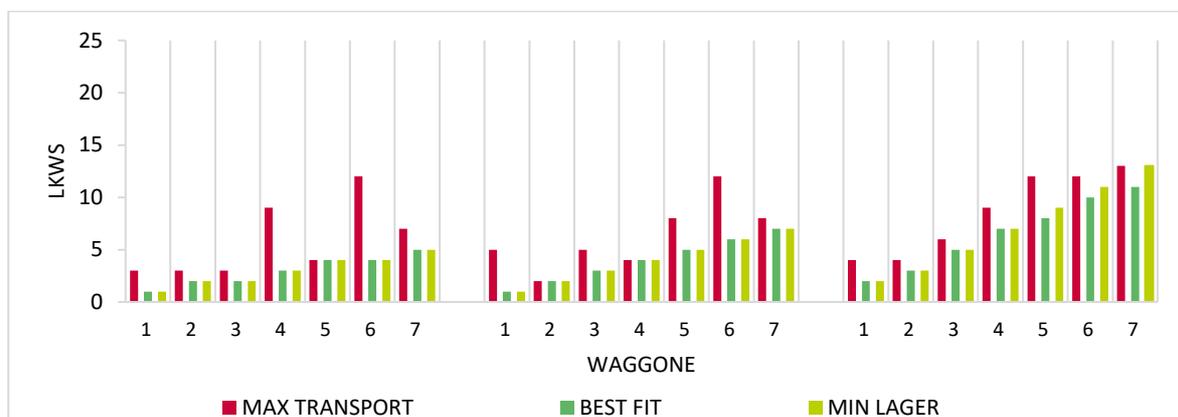


Abbildung 66: Leistungsstärkste LKW- und Waggonanzahl für einen Verschub und kurze (links), mittlere (mitte) und lange (rechts) Transportdauern.

Tabelle 11: Strategievergleich für einen Verschub (in %).

Transportdauer	MAX TRANSPORT			MIN LAGER			BEST FIT			
	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	
LKWs	100	-49	-36	-17	-49	-36	-23			

Umschlagvolumen	100	-5	-3	-3	-5	-3	-7
Lagerkapazität	100	-96	-100	-95	-96	-100	-95
Durchschnittliche Wartezeit	100	-17	0	-17	-17	0	-23
Maximale Wartezeit	100	-15	-3	-5	-15	-3	-8

Bei zwei Verschieben zeigt sich ein differenzierteres Bild, da die niedrigste Anzahl von LKWs zu Waggonen zwischen der BEST FIT-Strategie und der WENIG LAGER-Strategie wechselt (Abbildung 67). Wenn die MAX TRANSPORT-Strategie als Benchmark verwendet wird, ist einerseits die Anzahl der LKWs bei der BEST FIT-Strategie und der WENIGER LAGER-Strategie geringer (Tabelle 12). Andererseits ist das Umschlagvolumen bei der BEST FIT-Strategie etwas geringer, fällt aber bei kurzen Lieferzeiten bei der WENIG LAGER-Strategie stark ab. In Bezug auf die benötigte Lagerkapazität übertrifft die WENIG LAGER-Strategie erwartungsgemäß die BEST FIT-Strategie. Bei den Wartezeiten punktet die BEST FIT-Strategie bei langen Transportdauern und die WENIG LAGER-Strategie bei kurzen.

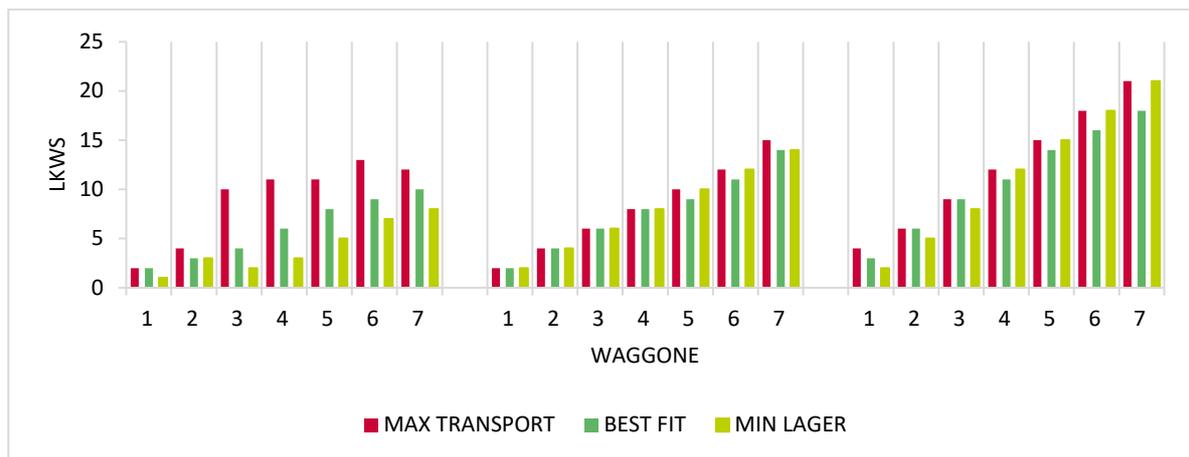


Abbildung 67: Leistungsstärkste LKW- und Waggonanzahl für zwei Verschiebe und kurze (links), mittlere (mitte) und lange (rechts) Transportdauern.

Tabelle 12: Strategievergleich für zwei Verschiebe (in %).

Transportdauer	MAX TRANSPORT			MIN LAGER			BEST FIT			
		D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3
LKWs	100	-54	-2	-5	-33	-5	-9			
Umschlagvolumen	100	-23	-1	-3	-7	-4	-5			
Lagerkapazität	100	-97	-100	-100	-75	-100	-78			
Durchschnittliche Wartezeit	100	-50	-7	-7	-35	-7	-11			
Maximale Wartezeit	100	-26	-8	-5	-15	-8	-10			

# 5 Schadholz-Logistikleitfaden zur Katastrophenbewältigung

## 5.1 Allgemeine Handlungsempfehlungen

Beim Auftreten eines Schadholzereignisses gilt der Grundsatz: Schadholz muss möglichst rasch aus dem Wald sowie im zweiten Schritt: Schadholz muss raus aus der Krisenregion. Dabei sollte so viel wie möglich direkt zum Kunden transportiert, der Rest auf ein Zwischenlager außerhalb des Waldes gelegt werden.

Im Schadholzfall müssen erhöhte Transportkapazitäten gesichert werden. Grundsätzlich ist es, auch aufgrund des Mangels an Kran-LKW Fahrern, schwierig, kurzfristig zusätzliche Kran-LKW zu finden. Die proaktive Einbindung von Holzspediteuren aus nicht vom Schadereignis betroffenen Regionen sowie LKW-Fahrten am Samstag sowie längere Arbeitszeiten für Fahrer im Rahmen der gesetzlichen Grenzen haben sich als nützlich erwiesen.

Aufgrund des Engpasses von Kran-LKW sollte Schadholz möglichst rasch auch auf der Bahn bzw. auf Sattelaufliegern umgeschlagen werden. Trockenlager, insbesondere für Industrieholz, werden als überaus wichtiges Konzept zur Bewältigung von Schadholzkrisen gesehen, da sie sowohl als Puffer bei fehlenden Liefermöglichkeiten als auch zur Sicherung der Versorgung bei mangelnder LKW-Befahrbarkeit von Forststrassen (z.B. Schnee, Regen) dienen und auch den Holzmarkt zwischenzeitlich entlasten.

Die Abstimmung der Holzernte auf den nachfolgenden Transport ist im Schadholzfall im Hinblick auf Mengenplanung und Effizienz des Verladeprozesses wichtig. Da die Holzernte im Schadholzfall häufig auch am Samstag und am Sonntag durchgeführt wird, hinkt der Transport, teilweise eingebremst durch lange Wartezeiten bei der Übernahme im Werk, oftmals hinterher. Bei der Polteranlage empfiehlt es sich, fallweise eine längere Rückedistanz in Kauf zu nehmen, wenn dadurch erreicht wird, dass der Polter für einen LKW mit Hänger erreichbar ist. Wenn beispielsweise der Kran-LKW einen Polter nur solo (i.e. ohne Hänger) erreichen kann, weil beim bzw. nach dem Polter keine Umkehrmöglichkeit für einen LKW mit Hänger besteht, dann ergibt sich ein erheblicher Mehraufwand.

## 5.2 Schadholzspezifische Lagerhaltungskonzepte und Logistikstrategien

Die Tabellen 13–18 zeigen universelle Logistikleitfäden für drei realitätsnahe Transportplanungsstrategien für den Bahntransport. PlanerInnen können je nach eigener Zielvorgabe durch Auswahl der entsprechenden Strategie (MAX TRANSPORT für hohen Umschlag, MIN LAGER für Terminals mit wenig Lagermöglichkeit und BEST-FIT für effizienten Transport), Anpassung an die jeweils eingesetzten Terminals (Anzahl bereitstellbarer Waggone) und Transportdistanzen (kurze Distanzen D1, mittlere Distanzen D2 und lange Distanzen D3) zu diesen, die Anzahl der benötigten LKWs sowie Lagerfläche ablesen und erhalten robuste Ausgangswerte für die Umschlagekapazität und Wartezeiten. Die Tabellen 13–15 zeigen die Ergebnisse für einen Vershub, die Tabellen von 16–18 jene für zwei Vershübe pro Tag.

Zur Auswahl der für die jeweilige Praxissituation passende Strategie ist anzumerken, dass die Transportplanungsstrategien bei Einsatz in einer Region mit mehreren Terminals auch kombiniert werden können (z.B. alle Terminals mit Lagerplätzen MAX TRANSPORT, alle Terminals ohne Lagerplätze MIN LAGER) sowie die gewählte Strategie für jedes Terminal auch wöchentlich gewechselt werden kann (z.B. zuerst einige Wochen MAX TRANSPORT, später BEST FIT).

Zusammenfassend ist anzumerken, dass die intuitive Strategie MAX TRANSPORT zwar hohe Umschlagmengen liefert, diese aber auf Kosten von hohem Ressourceneinsatz (mehr LKWs und Waggone werden benötigt) erkauft. In der Praxis kann diese Strategie vor allem dann zum Einsatz kommen, wenn die absolute Priorität der möglichst rasche Abtransport von möglichst großen Holzmengen aus dem Wald ist und genügend Kran-LKWs zur Verfügung stehen.

Sollten nur Terminals mit geringer Lagerkapazität einsetzbar sein und auch die Kran-LKW-Anzahl limitiert sein, dann stellt die MIN LAGER Strategie eine geeignete Vorgehensweise dar, wenngleich hier deutlich weniger umgeschlagen werden kann als in den anderen beiden Strategien.

In vielen Fällen wird die BEST FIT Strategie, die eine effiziente Umschlagmenge bei deutlich effizienteren Ressourceneinsatz (weniger Kran-LKWs notwendig) garantiert, zielführend sein. Dies trifft vor allem für die Aufarbeitung und den Abtransport von großen Holzmengen über einen langen Zeitraum zu, da die hier enthaltene Flexibilität in der Umschlagmenge zu einer besonders robusten Lösung führt, die selbst bei auftretenden Risiken und Veränderungen noch effiziente Ergebnisse liefert.

Tabelle 13: Leistungstärkste Simulationsergebnisse für die Strategie MAX TRANSPORT (maximales Umschlagvolumen) für einen Vershub.

Waggon	LKWs			Umschlagvolumen (m <sup>3</sup> )			Lagerkapazität (m <sup>3</sup> )			Durchschnittliche Wartezeit (min)			Maximale Wartezeit (min)		
	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3
1	3	5	4	240	250	240	950	1070	320	20	10	70	120	120	120
2	3	2	4	490	470	470	710	0	130	10	0	60	110	70	110
3	3	5	6	730	710	730	360	530	170	10	10	60	70	70	120
4	9	4	9	980	940	980	2610	0	290	20	0	70	130	70	140
5	4	8	12	1220	1220	1180	0	770	430	20	10	80	90	80	150
6	12	12	12	1470	1470	1410	3000	1500	180	30	20	70	140	110	140
7	7	8	13	1710	1650	1640	830	160	0	10	10	70	80	80	140

Tabelle 14: Leistungstärkste Simulationsergebnisse für die Strategie MIN LAGER (kein oder wenig benötigte Lagerkapazität) für einen Vershub.

Waggon	LKWs			Umschlagvolumen (m <sup>3</sup> )			Lagerkapazität (m <sup>3</sup> )			Durchschnittliche Wartezeit (min)			Maximale Wartezeit (min)		
	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3
1	1	1	2	230	230	230	120	0	80	10	0	50	60	70	110
2	2	2	3	450	470	440	240	0	0	10	0	40	80	70	110
3	2	3	5	710	680	660	0	0	0	10	0	50	70	70	110
4	3	4	7	940	940	930	0	0	0	10	0	60	80	70	120
5	4	5	9	1220	1170	1170	0	0	0	20	10	60	90	100	130
6	4	6	11	1350	1350	1400	0	0	0	20	20	70	120	90	150
7	5	7	13	1630	1640	1640	0	0	0	20	30	70	130	110	140

Tabelle 15: Leistungstärkste Simulationsergebnisse für die Strategie BEST FIT (effizienter Ressourceneinsatz bei mindestens 90% des Umschlagvolumens) für einen Vershub.

Waggon	LKWs			Umschlagvolumen (m <sup>3</sup> )			Lagerkapazität (m <sup>3</sup> )			Durchschnittliche Wartezeit (min)			Maximale Wartezeit (min)		
	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3
1	1	1	2	230	230	230	120	0	80	10	0	50	60	70	110
2	2	2	3	450	470	440	240	0	0	10	0	40	80	70	110
3	2	3	5	710	680	660	0	0	0	10	0	50	70	70	110
4	3	4	7	940	940	930	0	0	0	10	0	60	80	70	120
5	4	5	8	1220	1170	1100	0	0	0	20	10	50	90	100	120
6	4	6	10	1350	1350	1320	0	0	0	20	20	60	120	90	140
7	5	7	11	1630	1640	1490	0	0	0	20	30	60	130	110	140

Tabelle 16: Leistungstärkste Simulationsergebnisse für die Strategie MAX TRANSPORT (maximales Umschlagvolumen) für zwei Verschiebe.

Waggon	LKWs			Umschlag-volumen (m <sup>3</sup> )			Lagerkapazität (m <sup>3</sup> )			Durchschnittliche Wartezeit (min)			Maximale Wartezeit (min)		
	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3
1	2	2	4	490	470	470	360	0	160	20	10	30	70	120	120
2	4	4	6	940	980	940	710	0	10	20	20	30	120	110	80
3	10	6	9	1420	1410	1470	2500	0	10	30	20	30	130	110	90
4	11	8	12	1880	1880	1880	2410	0	0	30	20	30	120	120	160
5	11	10	15	2390	2350	2360	1750	0	0	40	20	40	140	120	170
6	13	12	18	2830	2820	2820	1910	0	0	30	20	50	150	130	180
7	12	15	21	3300	3430	3300	1100	130	0	30	30	60	130	190	250

Tabelle 17: Leistungstärkste Simulationsergebnisse für die Strategie MIN LAGER (kein oder wenig benötigte Lagerkapazität) für zwei Verschiebe.

Waggon	LKWs			Umschlag-volumen (m <sup>3</sup> )			Lagerkapazität (m <sup>3</sup> )			Durchschnittliche Wartezeit (min)			Maximale Wartezeit (min)		
	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3
1	1	2	2	240	470	360	120	0	0	0	10	20	50	120	70
2	3	4	5	930	980	820	190	0	0	20	20	20	100	110	80
3	2	6	8	830	1410	1300	0	0	0	10	20	30	80	110	90
4	3	8	12	1170	1880	1880	0	0	0	20	20	30	110	120	160
5	5	10	15	1710	2350	2360	0	0	0	10	20	40	90	120	170
6	7	12	18	2460	2820	2820	0	0	0	20	20	50	110	130	180
7	8	14	21	2820	3300	3300	0	0	0	20	20	60	100	120	250

Tabelle 18: Leistungstärkste Simulationsergebnisse für die Strategie BEST FIT (effizienter Ressourceneinsatz bei mindestens 90% des Umschlagvolumens) für zwei Verschiebe.

Waggon	LKWs			Umschlag-volumen (m <sup>3</sup> )			Lagerkapazität (m <sup>3</sup> )			Durchschnittliche Wartezeit (min)			Maximale Wartezeit (min)		
	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3
1	2	2	3	490	470	460	360	0	20	20	10	20	70	120	80
2	3	4	6	930	980	940	190	0	10	20	20	30	100	110	80
3	4	6	9	1310	1410	1470	100	0	10	10	20	30	100	110	90
4	6	8	11	1770	1880	1760	430	0	0	20	20	30	110	120	160
5	8	9	14	2180	2120	2240	690	0	0	20	20	40	110	130	170
6	9	11	16	2650	2590	2590	500	0	0	20	20	40	120	120	180
7	10	14	18	2990	3300	3060	380	0	0	20	20	50	120	120	190

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Detailfragen zu allgemeinen Informationen	14
Tabelle 2 Detailfragen Rundholztransport bei Schadholz	14
Tabelle 3 Detailfragen Logistikkonzepte zur Vorbereitung auf zukünftige Schadholzereignisse	15
Tabelle 4 Detailfragen Logistikkonzepte zur Bewältigung von akuten Schadholzereignissen	15
Tabelle 5 Detailfragen Rundholzlogistik	15
Tabelle 6: Anzahl der verschiedenen Fragetypen der Online-Befragung. (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	20
Tabelle 7: Verwendete Lagerkonzepte für Schadholz der befragten Forstbetriebe und Holzabnehmer. Hinterlegte Farbskala von grün (stimme sehr zu) über gelb/orange bis zu rot (stimme gar nicht zu) (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	32
Tabelle 8: Im Zuge der Schadholzkrise von den Akteuren getroffene Maßnahmen. Hinterlegte Farbskala von grün (stimme sehr zu) über gelb/orange bis rot (stimme gar nicht zu) (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	45
Tabelle 9: Relevante Holzverladeplattformen für das Waldviertel	67
Tabelle 10: Simulationsergebnisse der Terminals der Fallstudienregion	71
Tabelle 11: Strategievergleich für einen Vershub (in %).	74
Tabelle 12: Strategievergleich für zwei Vershübe (in %).	75
Tabelle 13: Leistungsstärkste Simulationsergebnisse für die Strategie MAX TRANSPORT (maximales Umschlagvolumen) für einen Vershub.	78
Tabelle 14: Leistungsstärkste Simulationsergebnisse für die Strategie MIN LAGER (kein oder wenig benötigte Lagerkapazität) für einen Vershub.	78
Tabelle 15: Leistungsstärkste Simulationsergebnisse für die Strategie BEST FIT (effizienter Ressourceneinsatz bei mindestens 90% des Umschlagvolumens) für einen Vershub.	78
Tabelle 16: Leistungsstärkste Simulationsergebnisse für die Strategie MAX TRANSPORT (maximales Umschlagvolumen) für zwei Vershübe.	79

Tabelle 17: Leistungsstärkste Simulationsergebnisse für die Strategie MIN LAGER (kein oder wenig benötigte Lagerkapazität) für zwei Verschiebe.	79
Tabelle 18: Leistungsstärkste Simulationsergebnisse für die Strategie BEST FIT (effizienter Ressourceneinsatz bei mindestens 90% des Umschlagvolumens) für zwei Verschiebe.	79

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: österreichische Holzeinschlags- und Schadholzmengen für den Zeitraum 1990-2019. Eigene Darstellung, Daten: Waldbericht 1990, S. 82; Waldbericht 1991, S. 95; Waldbericht 1992, S. 136; Waldbericht 1993, S. 185; Waldbericht 1994, S. 152; Waldbericht 1995, S. 134; Waldbericht 1996, S. 114; Grüner Bericht 1997, S. 103; Grüner Bericht 1998, S. 101; Grüner Bericht 1999, S. 226; Holzeinschlag 2000-2013; Holzeinschlagsmeldung 2014, S. 5; Holzeinschlagsmeldung 2015, S. 5; Holzeinschlagsmeldung 2016, S. 5; Holzeinschlagsmeldung 2017, S. 5; Holzeinschlagsmeldung 2018, S. 8f.; Holzeinschlagsmeldung 2019, S. 7f.	10
Abbildung 2: Österreichische Schadholzmengen im 5-Jahresvergleich für den Zeitraum 1990-2019. Eigene Darstellung, Daten: Waldbericht 1990, S. 82; Waldbericht 1991, S. 95; Waldbericht 1992, S. 136; Waldbericht 1993, S. 185; Waldbericht 1994, S. 152; Waldbericht 1995, S. 134; Waldbericht 1996, S. 114; Grüner Bericht 1997, S. 103; Grüner Bericht 1998, S. 101; Grüner Bericht 1999, S. 226; Holzeinschlag 2000-2013; Holzeinschlagsmeldung 2014, S. 5; Holzeinschlagsmeldung 2015, S. 5; Holzeinschlagsmeldung 2016, S. 5; (Holzeinschlagsmeldung 2017, S. 5; Holzeinschlagsmeldung 2018, S. 8f.; Holzeinschlagsmeldung 2019, S. 7f.	11
Abbildung 3: niederösterreichische Holzeinschlags- und Schadholzmengen 2003-2019. Eigene Darstellung, Daten: Grüner Bericht, 2004, S. 71; Datensammlung zum österreichischen Wald, 2015, S. 213ff.; Der Grüne Bericht 2010, S. 44; Der Grüne Bericht 2012, S. 45; Der Grüne Bericht 2014, S. 44; Der Grüne Bericht 2016, S. 80; Der Grüne Bericht 2018, S. 82; Güldner, S 7.	12
Abbildung 4: niederösterreichischer Schadholzanfall durch Käferbefall im Zeitraum 2003-2018. Eigene Darstellung, Daten: Datensammlung zum österreichischen Wald, 2015, S. 213ff.; Spannlang, 2018.	12
Abbildung 5: Startbildschirm der Online-Umfrage (Quelle: eigene Darstellung)	19
Abbildung 6: Mehrfache numerische Eingabe (Quelle: eigene Darstellung)	21
Abbildung 7: Zahleneingabe (Quelle: eigene Darstellung)	21
Abbildung 8: Matrixfrage (Quelle: eigene Darstellung)	21
Abbildung 9: Liste (Optionsfelder) (Quelle: eigene Darstellung)	22
Abbildung 10: Mehrfachauswahl (Quelle: eigene Darstellung)	22

Abbildung 11: Ja/Nein Frage (Quelle: eigene Darstellung)	22
Abbildung 12: Offene Frage (Quelle: eigene Darstellung)	23
Abbildung 13: Tätigkeitsbereich der befragten Akteure (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	23
Abbildung 14: Unterteilter Tätigkeitsbereich der befragten Akteure (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	24
Abbildung 15: Unterteilte Branchenerfahrung der befragten Akteure (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	24
Abbildung 16: Zusammenarbeit der Wertschöpfungskette Holz. Die Farbgebung der Boxplot-Rahmen entspricht der jeweiligen Akteursgruppe mit der zusammengearbeitet wird (blau Forstwirtschaft, braun Holzabnehmer, orange Frächter) (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	25
Abbildung 17: Anteil der Transportmodi am Rundholztransportvolumen der Wertschöpfungskette Holz (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	26
Abbildung 18: Anteil der Transportmodi am Rundholztransportvolumen der einzelnen Akteure (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	26
Abbildung 19: Akkumulierter Anteil des Erfüllungsortes für die Holzbereitstellung der befragten Forstbetriebe und Holzabnehmer (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	27
Abbildung 20: Anteil des Erfüllungsortes für die Holzbereitstellung der Forstbetriebe und Holzabnehmer (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	27
Abbildung 21: Durchschnittliche Minimal- und Maximalentfernungen bei Einsatz der Rundholz Transportmodi (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	29
Abbildung 22: Einflussfaktoren auf die Entfernungsangaben der Forstbetriebe (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	29
Abbildung 23: Einflussfaktoren auf die Entfernungsangaben der Frachtunternehmen (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	30
Abbildung 24: Wartezeiten der Kran-LKW bei Umschlag/Entladung im Normal- und Kalamitätsfall (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	31

Abbildung 25: Bewertung der Aussagen hinsichtlich der Lagerungsmöglichkeiten durch Forstbetriebe (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	33
Abbildung 26: Bewertung der Aussagen hinsichtlich der Lagerungsmöglichkeiten durch Frachtunternehmen (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	33
Abbildung 27: Bewertung der Aussagen hinsichtlich der Lagerungsmöglichkeiten durch Holzabnehmer (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	34
Abbildung 28: Anteile der Entfernungen zu den nächsten Holzverladebahnhöfen der Forstbetriebe und Frachtunternehmen (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	34
Abbildung 29: Anteile der Entfernungen zu den nächsten Holzverladebahnhöfen der befragten Forstbetriebe und Frachtunternehmen (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	35
Abbildung 30: Verteilung des Jährlichen Holz-/Schadholzumslags der Forstbetriebe und Holzabnehmer auf den Holzverladebahnhöfen [fm] (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	35
Abbildung 31: Verbesserungspotential in der Zusammenarbeit mit der Bahn aus Sicht der Wertschöpfungskette Holz (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	36
Abbildung 32: Anteilige Nutzung von Holzverladebahnhöfen der befragten Forstbetriebe (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	37
Abbildung 33: Abfrage bezüglich einer potentiellen Nutzung von Holzverladebahnhöfen durch die befragten Forstbetriebe (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	37
Abbildung 34: Volumensanteil der einzelnen Transportdistanzen der befragten Frachtunternehmen (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	38
Abbildung 35: Anzahl der LKW-FahrerInnen sowie der Sattel- und Kran-LKW für den Rundholztransport der befragten Frachtunternehmen (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	39
Abbildung 36: Verteilung der durchschnittlichen Auslastung der Transportkapazität der befragten Frachtunternehmen im Normal- und Schadholzfall (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	40
Abbildung 37: Tägliche Rundholzlieferungen der befragten Frachtunternehmen im Normal- und Schadholzfall (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	40

Abbildung 38: Bewertung der Gesamtsituation des Holztransports durch Frachtunternehmen (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	41
Abbildung 39: Einschätzungen der Berufssituation der Holz-LKW FahrerInnen durch Frachtunternehmen (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	42
Abbildung 40: Verteilung der durchschnittlichen Transportdistanz bei der Rundholzbeschaffung der befragten Holzabnehmer (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	42
Abbildung 41: Verteilung der durchschnittlichen Rundholzlieferungen an die befragten Holzabnehmer (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	43
Abbildung 42: Verteilung der durchschnittlichen Lagerauslastung der befragten Holzabnehmer (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	43
Abbildung 43: Verbesserungspotential in der Zusammenarbeit der Wertschöpfungskette bei der Abnahme von Schadholz (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	46
Abbildung 44: Verbesserungspotential in der Zusammenarbeit aus Sicht der gesamten Wertschöpfungskette (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	47
Abbildung 45: Verbesserungspotential bei den Forstbetrieben aus Sicht der Frachtunternehmen (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	48
Abbildung 46: Verbesserungspotential bei den Forstbetrieben aus Sicht der Holzabnehmer (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	48
Abbildung 47: Verbesserungspotential bei den Frachtunternehmen aus Sicht der Forstbetriebe (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	49
Abbildung 48: Verbesserungspotential bei den Frachtunternehmen aus Sicht der Holzabnehmer (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	49
Abbildung 49: Verbesserungspotential bei den Holzabnehmern aus Sicht der Forstbetriebe (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	50
Abbildung 50: Verbesserungspotential bei den Holzabnehmern aus Sicht der Frachtunternehmen (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	51
Abbildung 51: Potentialeinschätzung einiger Logistik- und Holzlagerkonzepte durch die gesamte Wertschöpfungskette in Form eines Netzdiagramms (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	52

Abbildung 52: Potentialeinschätzung einiger Logistik- und Holzlagerkonzepte durch die gesamte Wertschöpfungskette in Form eines Balkendiagramms (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	53
Abbildung 53: Potentialeinschätzung einiger Logistik- und Holzlagerkonzepte durch Forstbetriebe (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	54
Abbildung 54: Potentialeinschätzung einiger Logistik- und Holzlagerkonzepte durch Frachtunternehmen (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	55
Abbildung 55: Potentialeinschätzung einiger Logistik- und Holzlagerkonzepte durch Holzabnehmer (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	56
Abbildung 56: Holzverladeplattformen im Untersuchungsgebiet	65
Abbildung 57: Terminal Pürbach-Schrems ( <a href="https://atlas.noe.gv.at/webgisatlas/">https://atlas.noe.gv.at/webgisatlas/</a> )	66
Abbildung 58: Terminal Infritz ( <a href="https://atlas.noe.gv.at/webgisatlas/">https://atlas.noe.gv.at/webgisatlas/</a> )	66
Abbildung 59: Terminal Gmünd ( <a href="https://atlas.noe.gv.at/webgisatlas/">https://atlas.noe.gv.at/webgisatlas/</a> )	66
Abbildung 60: Terminal Pöchlarn ( <a href="https://atlas.noe.gv.at/webgisatlas/">https://atlas.noe.gv.at/webgisatlas/</a> )	67
Abbildung 61: Parametrisierung des Simulationsmodells	69
Abbildung 62: Animationsansicht des Simulationsmodells	70
Abbildung 63: Flussdiagrammansicht des Simulationsmodells	70
Abbildung 64: Planungsansicht Workshop	72
Abbildung 65: Kennzahlenansicht	73
Abbildung 66: Leistungsstärkste LKW- und Waggonanzahl für einen Verschub und kurze (links), mittlere (mitte) und lange (rechts) Transportdauern.	74
Abbildung 67: Leistungsstärkste LKW- und Waggonanzahl für zwei Verschiebe und kurze (links), mittlere (mitte) und lange (rechts) Transportdauern.	75

## Literaturverzeichnis

- Becker, F. 2019. Holztransportgewerbe – Das Nadelöhr zwischen Wald und Werk. Eine Umfrage zur aktuellen Situation der Holztransportunternehmen. Masterarbeit an der Fachhochschule Erfurt. 83 Seiten.
- Borcherding, M. 2007. Rundholztransportlogistik in Deutschland – eine transaktionskostenorientierte empirische Analyse. Hamburg. <https://ediss.sub.uni-hamburg.de/handle/ediss/1895>.
- D'Amours S., Ronnqvist M., Weintraub A. 2008: Using operational research for supply chain planning in the forest products industry; *Information Systems and Operational Research*: <https://doi.org/10.3138/infor.46.4.265>.
- Etlinger K., Rauch P., Gronalt M. 2014: Improving rail road terminal operations in the forest wood supply chain – a simulation based approach; Available online: [http://www.msc-les.org/proceedings/hms/2014/HMS2014\\_199.pdf](http://www.msc-les.org/proceedings/hms/2014/HMS2014_199.pdf).
- Fjeld D., Kogler C., Rauch P., Westlund K., Davidsson A. 2017: A comparison of system risks and management processes in multimodal wood supply. 39 Seiten.
- Fjeld D., Westlund K., Jönsson P. 2018: Developing supply chain simulation models for testing multimodal innovations to enable participatory evaluation of strategies with company managers to cope with supply chain risks. 50 Seiten.
- Gößwein S.; Schusser M., Borchert H. 2019. Marktstudie Rundholzlogistik. Freising: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. [https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/service/dateien/marktstudie\\_rundholzlogistik\\_bf.pdf](https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/service/dateien/marktstudie_rundholzlogistik_bf.pdf).
- Gronalt M., Rauch P. 2018: Analyzing railroad terminal performance in the timber industry supply chain – a simulation study; *International Journal of Forest Engineering*: <https://doi.org/10.1080/14942119.2018.1488913>.
- Hedeler B., Lettner M., Stern T., Schwarzbauer P., Hesser F. 2020: Strategic decisions on knowledge development and diffusion at pilot and demonstration projects: An empirical mapping of actors, projects and strategies in the case of circular forest bioeconomy. *Forest Policy and Economics*: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2019.102027>
- Karttunen K., Lättilä L., Korpinen O.-J., Ranta T. 2013: Cost-efficiency of intermodal container supply chain for forest chips. *Silva Fennica*: <https://doi.org/10.14214/sf.1047>.
- Klvac R., Kolarík J., Volná M., Drápela K. 2013: Fuel consumption in timber haulage. *Croat. J. For. Eng.*: <https://hrcak.srce.hr/file/172648>.
- Kogler C., Rauch P. 2018: Discrete event simulation of multimodal and unimodal transportation in the wood supply chain: a literature review, *Silva Fennica*: <https://doi.org/10.14214/sf.9984>.

- Kogler C., Rauch P. 2019: A discrete event simulation model to test multimodal strategies for a greener and more resilient wood supply, *Canadian Journal of Forest Research*: <https://doi.org/10.1139/cjfr-2018-0542>.
- Kogler C., Rauch P. 2020: Game-based workshops for the wood supply chain to facilitate knowledge transfer; *International Journal of Simulation Modelling*: <https://doi.org/10.2507/IJSIMM19-3-526>.
- Kogler C., Stenitzer A., Rauch P. 2020a: Simulating combined self-loading truck and semitrailer truck transport in the wood supply chain, *Forests*: <https://doi.org/10.3390/f11121245>.
- Kogler C., Rauch P., Reimann M., Schimpfhuber S., Eichberger C., Stenitzer A., Grieshofer H. 2020b: Evidenzbasierte Richtlinien für die rundholzverarbeitende Industrie durch Transportsimulation und -optimierung der Holzlieferkette für eine effiziente und kooperative Logistik und deren Analyse (THEKLA). <https://www.forsthilfepapier.at/index.php/35-aktuelles/274-endbericht-thekla>.
- Korpinen O.-J., Aalto M., Venäläinen P., Ranta T. 2019: Impacts of a high-capacity truck transportation system on the economy and traffic intensity of pulpwood supply in Southeast Finland. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 40, 89–105.
- Kotler P., Keller K. L., Opresnik M. O. 2017: *Marketing Management Konzepte – Instrumente – Unternehmensfallstudien*. 15. Ausg. Pearson Deutschland GmbH. Hallbergmoos, Deutschland., 679.
- Kretzer J., Becker W., Zollner H., Kulterer S., Holzleitner F., Stampfer K., Bachmann M. 2009: Supply Chain Forst–Logistik–Säge – Erstanwendungsplattform von IT/Telematikkonzepten zur ressourceneffizienten Holznutzung im Gebirgswald. BMVIT: [https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/fdz\\_pdf/endbericht\\_0911\\_supply\\_chain\\_forst\\_logistik\\_saege.pdf?m=1469660778&](https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/fdz_pdf/endbericht_0911_supply_chain_forst_logistik_saege.pdf?m=1469660778&).
- Malinen, J.; Nousiainen, J.; Palojarvi, K.; Palander, T. 2014: Prospects and challenges of timber trucking in a changing operational environment in Finland. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 35, 91–100.
- Mobini M., Sowlati T., Sokhansanj S. 2013: A simulation model for the design and analysis of wood pellet supply chains; *Applied Energy*: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.06.026>.
- Mobini M., Meyer J. C., Trippe F., Sowlati T., Frohling M., Schultmann F. 2014: Assessing the integration of torrefaction into wood pellet production; *Journal of Cleaner Production*: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.04.071>.
- Opacic L., Sowlati T. 2017: Applications of discrete-event simulation in the forest products sector: a review; *Forest Products Journal*: <https://doi.org/10.13073/fpj-d-16-00015>.
- Palander T., Vainikka M., Yletyinen A. 2012: Potential mechanisms for co-operation between transportation entrepreneurs and customers: A case study of regional entrepreneurship in Finland. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 33, 89–103.

Rauch P., Kogler C., Kanzian C., et al. 2020: GreenLane - Holzqualität und Resilienz in der Holzbereitstellung -1.Zwischenbericht. 43 Seiten.

Saranen J., Hilmola O.-P. 2007: Evaluating the competitiveness of railways in timber transports with discrete-event simulation; World Review of Intermodal Transportation Research: <https://doi.org/10.1504/writr.2007.017097>.

Shahi S., Pulkki R. 2013: Supply chain network optimization of the Canadian forest products industry: a critical review. American Journal of Industrial and Business Management: <https://doi.org/10.4236/ajibm.2013.37073>.

Väätäinen K., Laitila J., Anttila P., Kilpeläinen A., Asikainen A. 2020: The influence of gross vehicle weight (GVW) and transport distance on timber trucking performance indicators— Discrete event simulation case study in Central Finland. International Journal of Forest Engineering: <https://doi.org/10.1080/14942119.2020.1757324>.

Westlund K., Kogler C., Rauch P., Fjeld D., Jönsson P. 2018: A common framework for production, truck, rail and short-sea shipping transport analysis. 46 Seiten.

Wolfsmayr U. J., Merenda R., Rauch P., Longo F., Gronalt M. 2016: Evaluating primary forest fuel rail terminals with discrete event simulation: a case study from Austria; Annals of Forest Research: <https://doi.org/10.15287/afr.2015.428>.

Zwettler S., Krogger J. 2020: Forst im Krisenmodus. <https://stmk.lko.at/forst-im-krisenmodus+2500+3221409>

## Quellenverzeichnis statistische Daten

- Amt der niederösterreichischen Landesregierung. (2004). *Grüner Bericht*. Abgerufen am 2021. Jänner 16 von gruenerbericht.at: <https://gruenerbericht.at/cm4/jdownload/download/2-gr-bericht-terreich/69-gruener-bericht-2004-namensaenderung-2003-2004>
- Amt der niederösterreichischen Landesregierung. (2010). *Der Grüne Bericht 2010*. Abgerufen am 17. Jänner 2021 von noe.gv.at: [https://www.noe.gv.at/noe/Landwirtschaft/DerGrueneBericht2010\\_Gesamtausgabe\\_2.pdf](https://www.noe.gv.at/noe/Landwirtschaft/DerGrueneBericht2010_Gesamtausgabe_2.pdf)
- Amt der niederösterreichischen Landesregierung. (2012). *Der Grüne Bericht 2012*. Abgerufen am 17. Jänner 2021 von noe.gv.at: [https://www.noe.gv.at/noe/Landwirtschaft/DGB\\_2012\\_2.pdf](https://www.noe.gv.at/noe/Landwirtschaft/DGB_2012_2.pdf)
- Amt der niederösterreichischen Landesregierung. (2014). *Der Grüne Bericht 2014*. Abgerufen am 17. Jänner 2021 von [https://www.noe.gv.at/noe/Landwirtschaft/DGB\\_\\_2014\\_Gesamtausgabe\\_2.pdf](https://www.noe.gv.at/noe/Landwirtschaft/DGB__2014_Gesamtausgabe_2.pdf)
- Amt der niederösterreichischen Landesregierung. (2016). *Der Grüne Bericht 2016*. Abgerufen am 17. Jänner 2021 von noe.gv.at: [https://www.noe.gv.at/noe/Landwirtschaft/Der\\_Gruene\\_Bericht\\_2016.pdf](https://www.noe.gv.at/noe/Landwirtschaft/Der_Gruene_Bericht_2016.pdf)
- Amt der niederösterreichischen Landesregierung. (2018). *Der Grüne Bericht 2018*. Abgerufen am 17. Jänner 2021 von noe.gv.at: [https://www.noe.gv.at/noe/Landwirtschaft/Gruener\\_Bericht\\_2018.pdf](https://www.noe.gv.at/noe/Landwirtschaft/Gruener_Bericht_2018.pdf)
- BFW. (April 2018). *Borkenkäfer - Vorbeugung und Bekämpfung*. Abgerufen am 17. Jänner 2021 von waldverband.at: [https://www.waldverband.at/wp-content/uploads/2018/04/Borkenkäfer-2018\\_Web-1.pdf](https://www.waldverband.at/wp-content/uploads/2018/04/Borkenkäfer-2018_Web-1.pdf)
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. (1991). *Waldbericht 1990*. Abgerufen am 29. August 2020 von parlament.gv.at: [https://www.parlament.gv.at/PAKT/VHG/XVIII/III/III\\_00043/imfname\\_542663.pdf](https://www.parlament.gv.at/PAKT/VHG/XVIII/III/III_00043/imfname_542663.pdf)
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. (1992). *Waldbericht 1991*. Abgerufen am 4. Jänner 2021 von parlament.gv.at: [https://www.parlament.gv.at/PAKT/VHG/XVIII/III/III\\_00102/imfname\\_544318.pdf](https://www.parlament.gv.at/PAKT/VHG/XVIII/III/III_00102/imfname_544318.pdf)
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. (1993). *Waldbericht 1992*. Abgerufen am 4. Jänner 2021 von parlament.gv.at: [https://www.parlament.gv.at/PAKT/VHG/XVIII/III/III\\_00148/imfname\\_547610.pdf](https://www.parlament.gv.at/PAKT/VHG/XVIII/III/III_00148/imfname_547610.pdf)
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. (1994). *Waldbericht 1993*. Abgerufen am 4. Jänner 2021 von parlament.gv.at: [https://www.parlament.gv.at/PAKT/VHG/XIX/III/III\\_00004/imfname\\_537636.pdf](https://www.parlament.gv.at/PAKT/VHG/XIX/III/III_00004/imfname_537636.pdf)

- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. (1995). *Waldbericht 1994*. Abgerufen am 4. Jänner 2021 von parlament.gv.at:  
[https://www.parlament.gv.at/PAKT/VHG/XX/III/III\\_00010/imfname\\_529649.pdf](https://www.parlament.gv.at/PAKT/VHG/XX/III/III_00010/imfname_529649.pdf)
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. (1996). *Waldbericht 1995*. Abgerufen am 4. Jänner 2021 von parlament.gv.at:  
[https://www.parlament.gv.at/PAKT/VHG/XX/III/III\\_00069/imfname\\_533586.pdf](https://www.parlament.gv.at/PAKT/VHG/XX/III/III_00069/imfname_533586.pdf)
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. (1998). *Waldbericht 1996*. Abgerufen am 4. Jänner 2021 von parlament.gv.at:  
[https://www.parlament.gv.at/PAKT/VHG/XX/III/III\\_00139/imfname\\_534850.pdf](https://www.parlament.gv.at/PAKT/VHG/XX/III/III_00139/imfname_534850.pdf)
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. (1999). *Grüner Bericht 1998*. Abgerufen am 4. Jänner 2021 von parlament.gv.at:  
[https://www.parlament.gv.at/PAKT/VHG/XX/III/III\\_00203/imfname\\_537280.pdf](https://www.parlament.gv.at/PAKT/VHG/XX/III/III_00203/imfname_537280.pdf)
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. (2000). *Grüner Bericht 1999*. Abgerufen am 4. Jänner 2021 von parlament.gv.at:  
[https://www.parlament.gv.at/PAKT/VHG/XXI/III/III\\_00061/imfname\\_522058.pdf](https://www.parlament.gv.at/PAKT/VHG/XXI/III/III_00061/imfname_522058.pdf)
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. (kein Datum). *Grüner Bericht 1997*. Abgerufen am 4. Jänner 2021 von parlament.gv.at:  
[https://www.parlament.gv.at/PAKT/VHG/XX/III/III\\_00149/imfname\\_535096.pdf](https://www.parlament.gv.at/PAKT/VHG/XX/III/III_00149/imfname_535096.pdf)
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. (17. August 2015). *Datensammlung zum österreichischen Wald*. Abgerufen am 15. Jänner 2021 von wienerzeitung.at:  
[https://www.wienerzeitung.at/\\_em\\_daten/\\_wzo/2015/08/17/150817\\_1126\\_datensammlung\\_waldbericht\\_2015\\_uploadend.pdf](https://www.wienerzeitung.at/_em_daten/_wzo/2015/08/17/150817_1126_datensammlung_waldbericht_2015_uploadend.pdf)
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. (15. Juli 2015). *Holzeinschlagsmeldung 2014*. Abgerufen am 4. Jänner 2021 von bmlrt.gv.at:  
<https://www.bmlrt.gv.at/dam/jcr:8d419429-5237-4096-8748-cd1f6a9c8a41/Holzeinschlag%202014.pdf>
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. (2. Mai 2016). *Holzeinschlagsmeldung 2015*. Abgerufen am 4. Jänner 2021 von bmlrt.gv.at:  
[https://www.bmlrt.gv.at/dam/jcr:a1d56345-a08e-43f1-9068-14659387b496/Holzeinschlag\\_2015%20CI%20mit%20BF.pdf](https://www.bmlrt.gv.at/dam/jcr:a1d56345-a08e-43f1-9068-14659387b496/Holzeinschlag_2015%20CI%20mit%20BF.pdf)
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. (kein Datum). *Holzeinschlagsmeldung 2016*. Abgerufen am 4. Jänner 2021 von bmlrt.gv.at:  
<https://www.bmlrt.gv.at/forst/oesterreich-wald/wirtschaftsfaktor/Holzeinschlag2016.html>
- Bundesministerium für Landwirtschaft, Tourismus und Regionen. (23. April 2020). *Holzeinschlagsmeldung 2019*. Abgerufen am 8. Jänner 2021 von bmlrt.gv.at:  
<https://www.bmlrt.gv.at/dam/jcr:057c342e-3444-4541-acac-faa21ddd98d5/Holzeinschlag%202019.pdf>

Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus. (8. Mai 2018). *Holzeinschlagsmeldung 2017*. Abgerufen am 4. Jänner 2021 von bmlrt.gv.at: <https://www.bmlrt.gv.at/forst/oesterreich-wald/wirtschaftsfaktor/holzeinschlag2017.html>

Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus. (5. April 2019). *Holzeinschlagsmeldung 2018*. Abgerufen am 4. Jänner 2021 von bmlrt.gv.at: <https://www.bmlrt.gv.at/forst/oesterreich-wald/wirtschaftsfaktor/holzeinschlag2018.html#:~:text=Laut%20offizieller%20Holzeinschlagsmeldung%20des%20Bundesministeriums,dem%20Wert%20des%20Jahres%202017.>

Güldner, D. (26. November 2020). *Forstwirtschaftliche Gesamtrechnung nach Bundesländern*. Abgerufen am 4. Jänner 2021 von statistik.at: [http://www.statistik-austria.com/wcm/idc/idcplg?IdcService=GET\\_PDF\\_FILE&dDocName=027259](http://www.statistik-austria.com/wcm/idc/idcplg?IdcService=GET_PDF_FILE&dDocName=027259)

Spannlang, R. (19. März 2018). *2017: Käferholzmenge so groß wie noch nie*. Abgerufen am 16. Jänner 2021 von bauernzeitung.at: [http://www3.bauernzeitung.at/netautor/napro4/appl/na\\_professional/parse.php?mlay\\_id=20000&mdoc\\_id=5016397&npf\\_counter\[hits\]=931&npf\\_set\\_pos\[hits\]=24](http://www3.bauernzeitung.at/netautor/napro4/appl/na_professional/parse.php?mlay_id=20000&mdoc_id=5016397&npf_counter[hits]=931&npf_set_pos[hits]=24)

Statistik Austria. (kein Datum). *Holzeinschlag 2000-2013*. Abgerufen am 4. Jänner 2021 von statistik.at: [http://www.statistik.at/web\\_de/wcmsprod/groups/zd/documents/statueb/022586.pdf](http://www.statistik.at/web_de/wcmsprod/groups/zd/documents/statueb/022586.pdf)

## Abkürzungen

Abb.	Abbildung
Abk.	Abkürzung
BMLRT	Bundesministerium Landwirtschaft, Regionen und Tourismus
BOKU	Universität für Bodenkultur Wien
Efm	Erntefestmeter
Efm o.R.	Erntefestmeter ohne Rinde
HFM	Holzflussmanagement
Mio.	Million
ÖBf	Österreichische Bundesforste Aktiengesellschaft
RCA	Rail Cargo Austria AG
vgl.	vergleiche

**Universität für Bodenkultur Wien**  
**Institut für Produktionswirtschaft und Logistik**

Feistmantelstrasse 4

1180 Wien

<https://boku.ac.at/wiso/pwl>