



UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR WIEN

Masterarbeit

Analyse der österreichischen Holzlieferkette mit Fokus auf den Holztransport

verfasst von

Lorenz Kolbitsch, BSc

im Rahmen des Masterstudiums

Holztechnologie und Management

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

Wien, Mai 2022

Betreut von:

Honorarprofessor Priv.-Doz. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Peter Rauch

Institut für Produktionswirtschaft und Logistik

Department für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere an Eides statt, dass ich diese Masterarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Alle Gedanken, die im Wortlaut oder in grundlegenden Inhalten aus unveröffentlichten Texten oder aus veröffentlichter Literatur übernommen wurden, sind ordnungsgemäß gekennzeichnet, zitiert und mit genauer Quellenangabe versehen.

Die vorliegende Arbeit wurde bisher weder ganz noch teilweise in gleicher oder ähnlicher Form an einer Bildungseinrichtung als Voraussetzung für den Erwerb eines akademischen Grades eingereicht. Sie entspricht vollumfänglich den Leitlinien der Wissenschaftlichen Integrität und den Richtlinien der Guten Wissenschaftlichen Praxis.

Ort, Datum

Vorname NACHNAME (eigenhändig)

Danksagung

Zum Abschluss dieser Arbeit, und zur Beendigung meines Studiums, möchte ich jenen vielen Menschen danken, die mit mir durch die guten und schlechten Zeiten des Studiums gegangen sind. Besonders bei meinen Eltern, Hannes und Christine, die mir durch Ihre Großzügigkeit, ihr Wissen und ihre Unterstützung immer unter die Arme gegriffen haben, so es notwendig war, und ein unbeschwertes Studieren ermöglichten. Ebenso möchte ich mich bei meiner geliebten Freundin Nina bedanken, die mir unendliche Geduld, Verständnis und emotionale Unterstützung entgegengebracht hat, wann immer es bei der Fertigstellung dieser Arbeit von Nöten war. Ich möchte diese Arbeit auch meiner Großmutter Annemarie widmen, deren Wunsch es war, meinen Abschluss noch miterleben zu dürfen. Ich möchte mich auch bei meinen Freund*innen und Kommiliton*innen bedanken, die mir meine Zeit als Student zur lustigsten, aufregendsten und spannendsten Zeit gemacht haben. Schließlich gilt mein noch Dank all jenen Expert*innen, die mir in zahlreichen Interviews - in schriftlicher, telefonischer oder persönlichen Form – bei der Erstellung der Arbeit durch ihr Wissen verholpen haben.

Aus tiefer Dankbarkeit,

Lorenz

Inhalt

Eidesstattliche Erklärung	i
Danksagung	ii
Inhalt.....	iii
Kurzfassung	v
Abstract	vi
1. Einleitung.....	1
1.1 Relevanz und Motivation	1
1.2 Ausgangssituation des österreichischen Holztransportes	1
1.3 Problemstellung	2
1.4 Aufgabenstellung und Ziele	3
2. Methodik	5
2.1 Literaturrecherche.....	5
2.2 Expert*inneninterviews	5
2.3 Datenauswertung	6
3. Ergebnisse.....	8
3.1 Akteure der Holzlieferkette.....	8
3.1.1 Akteure der Forstwirtschaft	8
3.1.2 Akteure des Holztransportes.....	10
3.1.3 Akteure der Holzverarbeitenden Industrie.....	29
3.1.4 Sonstige Akteure	33
3.2 Holztransport in Österreich.....	35
3.2.1 Transportmodi.....	35
3.2.2 Holz-LKW-Typen	37
3.2.3 Bahn.....	41
3.2.4 Schiff	43
3.2.5 Sortimente.....	44
3.2.6 Wertschöpfungsprozesse und daraus resultierende Produkte.....	47
3.2.7 Inputs.....	50
3.2.8 Outputs.....	52
3.2.9 Modal Split des Holztransportes	53
3.3 Nass- und Trockenlager in Österreich	55
4. Diskussion.....	60
4.1 Unimodaler Transport durch Einsatz von Kran-LKW.....	61
4.2 Gestaffelter unimodaler Transport durch Einsatz von Kran-LKW und Sattel-LKW	65
4.3 Multimodaler Transport durch Einsatz von LKW und Bahn	69

4.4	Multimodaler Transport durch Einsatz von LKW und Schiff	73
5.	Conclusio	76
6.	Tabellenverzeichnis	79
7.	Abbildungsverzeichnis.....	80
8.	Literaturverzeichnis.....	82

Kurzfassung

Österreich ist ein Wald- und Holzland mit einer stark exportorientierten holzabnehmenden Industrie, die große Mengen an Rohholz aus dem Ausland importiert, um den Rohstoffbedarf zu decken. Sowohl der Klimawandel als auch die steigende Nachfrage nach Holz und Holzprodukten stellen diese Lieferkette vor neue Herausforderungen, da eingespielte Prozesse bei hohen Schadholzmengen bzw. hoher Nachfrage aus dem Gleichgewicht geraten. Der Holztransport ist das zentrale, verbindende Element in dieser Lieferkette, das den Abtransport von Holz aus dem Wald sowie die Rohstoffversorgung der Industrie sicherstellt.

In dieser Arbeit wird der Fokus auf den österreichischen Holztransport per LKW, Bahn und Schiff gelegt und dieser als entscheidender Teil der Lieferkette untersucht. Dazu werden die Akteure des Holztransports sowie mit diesen interagierenden Akteure der Lieferkette vorgestellt und deren Verbindungen zu einander aufgezeigt. Die Arbeit beleuchtet, welche Holz- und Holzproduktmengen von welcher Quelle zu welcher Senke mittels welchen Transportmittels transportiert werden. Die Charakterisierung des österreichischen Holztransportes schafft ein fundiertes Verständnis für dieses wichtige Glied der Holzlieferkette und unterstützt die Bewältigung vorhandener Probleme durch konkrete Maßnahmen und abgeleitete Strategien. Als wichtigste konkrete Maßnahmen und Strategien sind der Einsatz neuer LKWs, intensivere Schulungen, um neue LKW-Fahrer*innen zu akquirieren, verstärkter Einsatz anderer Transportketten, verstärkte Kommunikation innerhalb der Holzlieferkette sowie ein Ausbau der Bahninfrastruktur ins spezielle der Bahnanschlüsse zu nennen.

Abstract

The Austrian wood supply chain has been quite successful in the past. Great amounts of wood need to be imported to Austria to match the forest-based industry's need for raw materials as the export ratio of wood products, such as sawn wood, fibreboards, paper, etc. is tremendous. Both climate change and rising demand for wood and wood products challenge the supply chain. Although the wood supply chain has gained great consistency and durability over the last decades, these new challenges can cause imbalances in processes and operations. Transport of wood plays an essential role in the supply chain, as it makes sure that logs are being transported out of the forests and that forest-based industry gets its supply. The whole supply chain with all its stakeholders depends on each other, especially in the face of upcoming challenges. For that reason, it is surprising that wood transport has not received much attention from politics and science yet.

In this thesis the wood transport, i.e., transport by truck, rail or inland waterway, will be analysed as part of the wood supply chain. Results show who the relevant players are, not only in the wood transport, but also in the supply chain, how they interact with each other and how they operate the supply chain. Furthermore, this thesis shows how much of wood and wood products are being transported from which start to which end within the chain, additionally it will point out the transport mode used for those transports. A sound understanding is considered necessary to solve the problems of timber transport, to derive strategies and thus to maintain not only functionality of timber transport, but of the whole supply chain. The most important strategies to meet these problems are the use of new trucks, better trainings for new truck drivers, enhanced use of new transport chains, intensified communication not only within the supply chain, but also among transportation companies, and an expansion of the railway infrastructure.

1. Einleitung

1.1 Relevanz und Motivation

Die österreichische Holzlieferkette besteht im Wesentlichen aus dem Forst, also der Urproduktion des Holzes, der Holzernte, dem Holztransport, der das Holz vom Forst zur weiterverarbeitenden Industrie liefert, und der weiterverarbeitenden Industrie, in der die Wertschöpfung zu den verschiedensten Holzprodukten geschieht. Forst- und Holzwirtschaft sind für den Wirtschaftsstandort Österreich von großer Bedeutung (Fachverband der Holzindustrie, 2019). In diesem Wirtschaftssegment wird eine für Österreich wichtige Wertschöpfung erzielt und es werden rund 300.000 Arbeitsplätze, das entspricht österreichweit jeden 15. Arbeitsplatz, gesichert (FHP, 2019). In der Holzlieferkette Österreichs werden 20 Mrd. Euro Bruttowertschöpfung generiert (Fachverband der Holzindustrie, 2021). Die österreichische Forstwirtschaft stellt die Schutz-, Nutz-, Erholungs- und Wohlfahrtsfunktion des Waldes sicher, leistet also nicht nur einen wirtschaftlichen, sondern auch einen gesellschaftlichen Beitrag. Die österreichische Holzindustrie ist eine der bedeutendsten in Europa und sogar weltweit ein relevanter Player. Sie erwirtschaftet eine Exportquote von 70% (hauptsächlich nach Europa) und ist der größte Hersteller von Brettsperrholz (Fachverband der Holzindustrie, 2019). Die für Österreich so bedeutende Sägeindustrie ist der siebtgrößte Exporteur von Schnittholz (Fachverband der Holzindustrie, 2019). Auch die Papier- und Zellstoffindustrie hat eine hohe Bedeutung und erwirtschaftete 2016 eine Exportquote von 88% (Austropapier, 2019).

Eine Fortschreibung dieses Erfolgs setzt voraus, dass alle Teile der Lieferkette aufeinander abgestimmt agieren. Es ist also sehr wichtig, dass die Sparten Urproduktion – Transport – stoffliche/energetische Nutzung gut miteinander verzahnt sind, da nur durch einen effektiven Transportstrom das gesamte Potential der Lieferkette genutzt und Wettbewerbsvorteile daraus generiert werden können. Dieser Konnex ist bei einigen Branchenkonkurrenten aus Schweden und Finnland bereits besonders ausgeprägt, in denen eine hohe vertikale Integration innerhalb der Holzlieferkette gegeben ist.

1.2 Ausgangssituation des österreichischen Holztransportes

Holz ist durch sein hohes Volumen, hohes Gesamtgewicht der Stämme und seine schlechte Stapelbarkeit schon generell ein schwierig zu verladendes Produkt, das mittels Forwarder oder Traktor (bzw. im steilen Gelände mittels Seilkran) an die Forststraße gerückt werden muss, bevor es mit an Spezial-LKWs befestigten Kränen von der Straße verladen und aus dem Wald gebracht werden kann. Zweitens bedingt die Topographie Österreichs einerseits eine regionale Aufteilung der einzelnen Betriebe (beispielsweise in verschiedene Täler), andererseits erschwert sie die Forstwirtschaft, die Holzernte und den Holztransport vor allem in den westlichen Bundesländern. Und drittens ist die österreichische Holzlieferkette, mit einigen Ausnahmen, vor allem durch Kleinbetriebe gekennzeichnet, deren Zusammenspiel und Koordination sich oft schwierig gestaltet (Kogler, 2016).

Holz kann durch die drei Transportmittel LKW, Bahn und Schiff transportiert werden. In Österreich werden hauptsächlich Rungen-LKWs mit integriertem Kran eingesetzt, um das Holz von der Waldstraße ans öffentliche Verkehrsnetz zu bringen, unabhängig davon, mit welchem Transportmittel das Holz schließlich zum Abnehmer befördert wird. Dadurch ergeben sich besondere Anforderungen an den Transport und damit an die gesamte Lieferkette. Denn diese ist von geeigneten LKWs, qualifizierten Fahrer*innen und deren Know-how abhängig. Viele Holzfrachtunternehmen sind kleine Familienbetriebe, in denen mehrere Familienmitglieder arbeiten. Eine Betriebsnachfolge von Vater auf Sohn ist häufig (Becker, 2019); wenn eine solche aber nicht in Betracht kommt, steht der Betrieb oft vor dem Aus. Rundholz-LKWs sind teuer in der Anschaffung,

Maut und Löhne steigen kontinuierlich, Dieselpreise fluktuieren. Der hohe wirtschaftliche Druck wird dadurch verstärkt, dass sowohl Forst als auch Industrie versuchen, beim Holztransport zu sparen. Die Transportkosten von Holz sind in Österreich im internationalen Vergleich sehr hoch und machen ca. 30% der Rundholzkosten aus (Hirsch, 2011).

Außerdem wird die Holzlieferkette, im Vergleich zu anderen Branchen, als traditionell und konservativ charakterisiert (Kogler, 2016) und gilt als wenig innovationsfreudig. Forst- und Holzindustriebetriebe agieren i.d.R. für sich und nicht gemeinsam, für die Kommunikation werden oft veraltete Technologien eingesetzt, Logistikprozesse werden nur langsam verbessert bzw. erneuert. Die österreichische Holzlieferkette kann jedoch nur erfolgreich sein, wenn Holz in entsprechenden Qualitäten und Mengen zum richtigen Zeitpunkt zur Verfügung gestellt werden kann. Die gesamte Lieferkette vereint der Rohstoff Holz, der im Wald produziert wird. Zusätzlich wird der internationale Wettbewerb immer stärker (Von Bodelschwingh, 2005). Holz und Holzprodukte sind ein wichtiger Teil der österreichischen Wirtschaft, der viele Arbeitsplätze sichert und durch Exporte den Wirtschaftsstandort stärkt.

In Österreich wurden im Jahr 2018 über 19 Mio. fm Holz geerntet (BMNT, 2019). Diese Menge muss in geeigneter Weise zu den Abnehmern befördert werden. Der davon größte Strom, nämlich Sägerundholz, geht zur österreichischen Sägeindustrie (10 Mio. fm), zusätzlich werden 7,5 Mio. fm Sägerundholz importiert. Aus dieser Industrie werden über 10 Mio. m³ Schnittholz produziert, von denen ca. 6 Mio. m³ Schnittholz exportiert werden. Sägenebenprodukte wie zum Beispiel Sägespäne oder Hackschnitzel müssen zur Papier- und Zellstoffindustrie, zur Plattenindustrie oder zur thermischen Nutzung weitertransportiert werden. Ebenso müssen Industrierundholz und Holz, das direkt der thermischen Nutzung zugeführt wird, zu den Abnehmenden transportiert werden. Der Erfolg der österreichischen Holzlieferkette hängt also maßgeblich mit dem Holztransport, sowohl innerstaatlich als auch beim Import und Export, zusammen.

Die Holzproduktion wird massiv vom Klimawandel beeinflusst. Windwürfe, Borkenkäferbefall oder eine Kombination der beiden treten immer häufiger auf. Als Folge davon steigen die Schadholzmengen, und dies beeinflusst auch den Holztransport, da Schadholz ehestmöglich transportiert werden sollte. Andererseits steht auch das Gütergewerbe, das einen erheblichen Anteil der CO₂-Emissionen verursacht, immer mehr im Fokus der Klimadiskussion. 2015 verursachte der Gütertransport bereits neun Mio. Tonnen CO₂ – das entspricht 43% der Emissionen des Verkehrs (Gansterer, 2015). Obwohl der Bahnanteil in Österreich im EU-Vergleich relativ hoch ist, werden viermal so viele Güter auf der Straße wie auf der Schiene transportiert (Gansterer, 2015). Auch im Holztransport werden die Stimmen lauter, klimafreundlicher und nachhaltiger zu werden. Eine Möglichkeit dazu ist die Verlagerung des Transportes von der Straße auf die Schiene. In den vergangenen Jahren war aber eine gegenteilige Entwicklung zu beobachten, da immer mehr Verladebahnhöfe schließen und immer weniger Mengen mit der Bahn transportiert werden (Kogler, 2016).

Holz speichert CO₂; der Einsatz von Holz in Möbeln, aber vor allem im Bausektor, kann maßgeblich dazu beitragen, klimafreundlicher zu wohnen. Dieses Bewusstsein wird nun auch durch die Politik aufgegriffen (z.B. Einrichtung des österreichischen Waldfonds (Forstzeitung, 2021)) und ist auch durch die steigende Nachfrage nach Holz und Holzprodukten zu bemerken (Holzkurier, 2021). Mehr Nachfrage bedeutet natürlich auch mehr Transporterfordernisse, die v.a. durch die österreichischen Holzfrachtunternehmen bewältigt werden müssen.

1.3 Problemstellung

Obwohl der Holztransport ein essentieller Teil der Holzlieferkette ist, wurde er wissenschaftlich bisher nur wenig beleuchtet. Daher ergeben sich einige Fragestellungen, die im Rahmen dieser Arbeit

bearbeitet werden sollen. So fehlt etwa eine umfassende Charakterisierung der österreichischen Holzfrachtunternehmen. Eine solche Charakterisierung soll einerseits die einzelnen Akteure des Holztransportes beschreiben und eine Übersicht über deren Anzahl und Verteilung bieten, und andererseits deren strukturelle Probleme umreißen. Während es auf Seiten der Waldbesitzer*innen und der Unternehmen in den verschiedenen Industrien eigene Interessenvertretungen, politische Vertretungen und ausgeprägte Lobbying-Arbeit gibt, fehlen diese Einrichtungen auf Seiten der Holzfrachtunternehmen fast zur Gänze; es gibt kaum einschlägige Fachverbände und Vereine für den Holztransport. Mangels einer Interessenvertretung, die branchenspezifische Daten erfasst, fehlen für den österreichischen Holztransport fundierte Zahlen zur Struktur der Frachtunternehmen wie Anzahl und Art der eingesetzten LKWs sowie zur Betriebsgröße (Anzahl der LKWs pro Betrieb).

Während es in der Holzverarbeitenden Industrie einige große Akteure (v.a. in der Papier- und Zellstoffindustrie sowie der Holzwerkstoffindustrie) gibt und sogar auf Seiten der Forstwirtschaft gewichtige Player genannt werden können (etwa die Österreichische Bundesforste AG), ist die Zahl der großen Holzfrachtunternehmen in Österreich begrenzt. Daraus ergibt sich eine tendenziell schwächere Position des Holzfrachtgewerbes am Markt. Da sowohl Forst als auch Industrie versuchen, Transportkosten zu sparen, kommen Holzfrachtunternehmen durch dieses Machtungleichgewicht immer mehr in Bedrängnis; verstärkt wird dieser Umstand noch durch die regionale Abhängigkeit der Holzfrachtunternehmen vom Forst und/oder der Industrie. Durch die in den letzten Jahrzehnten zu beobachtende Änderung der Kundenstruktur von ursprünglich vielen kleinen Abnehmenden von Rundholz hin zu wenigen, großen Abnehmenden ist ein Nachfrageoligopol entstanden, welches sich negativ auf die Holzfrächter*innen auswirkt (Becker, 2019).

Es ist bekannt, wieviel Holz in Österreich geerntet, eingeschnitten oder anderen Wertschöpfungsprozessen zugeführt wird. Bislang kann aber keine Aussage darüber getroffen werden, welchen Anteil die einzelnen Transportmittel LKW, Bahn und Schiff am Transport der jeweiligen Holzsortimente haben. Die Anforderungen an die Transportmittel steigen, u.a. um auch bei Katastrophen große anfallende Schadholzmengen schnell abzutransportieren oder um den Bedarf der Holzindustrie an Sägerundholz zu stillen, da aus Seiten der Bevölkerung die Nachfrage nach Holz und Holzprodukten konstant steigt. Dazu muss der Abtransport aus dem Wald intensiviert werden. Eine Aufstellung darüber, welchen Anteil die einzelnen Transportmodi am Holztransport haben, hilft dabei, den Holztransport in seiner Gesamtheit zu verstehen und auch ein Bewusstsein dafür zu entwickeln, durch welche Maßnahmen den Problemen dieses Sektors begegnet werden könnte.

Schließlich bedingen Schadereignisse wie Windwürfe und Borkenkäferbefall, dass die Holzlieferkette vor neue Herausforderungen gestellt wird. Das sensible Gleichgewicht zwischen Holzangebot und Holznachfrage wird durch teilweise massive Schadholzmengen gestört. Schadholz muss alsbald aus dem Wald geschafft werden, um einen weiteren Käferbefall zu verhindern. Holzläger werden dazu eingesetzt, um dieses Ungleichgewicht temporär auszugleichen, und spielen damit eine wichtige Rolle im Transportgeschehen. In diesem Kontext muss es als Defizit bezeichnet werden, dass es keine Gesamtübersicht über die aktuellen Läger in Österreich gibt und welche Kapazitäten dort gelagert werden könnten. Ein solches Wissen wäre jedoch für die Planung wichtig, um für Holzüberangebote (etwa im Fall von Katastrophen) gewappnet zu sein und dieses Überangebot rasch distribuieren zu können.

1.4 Aufgabenstellung und Ziele

Primäres Ziel dieser Arbeit ist es, den österreichischen Holztransport in seiner Gesamtheit zu charakterisieren. Weiters soll der Holztransport an seinen Schnittstellen zu den anderen Teilen der Holzlieferkette (Urproduktion, Holzverarbeitende Industrie) beschrieben werden. Mithilfe von

Literaturrecherche, Auswertungen von Daten und Statistiken sowie von die Holzlieferkette umspannenden Expert*innen-Interviews soll analysiert und beschrieben werden, wie Holz transportiert wird. Ziel ist es, die Holzlieferkette nach Akteuren, Materialflüssen (also die Prozesse, die zwischen Forst und Industriebetrieb geschehen und die Stationen, die Holz durchläuft) und Massenströmen (also wie viel von welchem Holzsortiment zu den einzelnen Sparten fließt) zu beschreiben und zu analysieren. Auf Grundlage dieser Beschreibung bzw. Analyse werden Stärken und Schwächen des Holztransportes ausgemacht, Potentiale erkannt und Lösungsvorschläge für eine Verbesserung der Situation der Holzfrachtunternehmen abgeleitet. Im Einzelnen liegt der Fokus dieser Arbeit auf folgenden Forschungsfragen:

- 1) Welche Akteure der Holzlieferkette sind für den Holztransport von Bedeutung?
- 2) Mit welchen Transportmitteln wird der Holztransport durchgeführt?
- 3) Wie kann der Modal Split quantifiziert und übersichtlich dargestellt werden?

2. Methodik

Um zu den Ergebnissen zu kommen, auf denen letztlich die Diskussion dieser Arbeit beruht, wurden drei verschiedene methodische Ansätze gewählt: Literaturrecherche, Expert*innen-Interviews bzw. Interviews mit Akteuren aus der Holzlieferkette und die Analyse von Daten. Diese Ansätze werden hier nun ausführlicher beschrieben, und überdies werden die aus diesen methodischen Ansätzen generierten Informationsinhalte in diesem Kapitel dargelegt.

2.1 Literaturrecherche

Im Rahmen der Literaturrecherche wurden einerseits Publikationen, die die Betreuer bzw. das Institut für Produktionswirtschaft und Logistik der Universität für Bodenkultur Wien dem Autor zur Verfügung stellten, und andererseits Publikationen, die im Internet aufgefunden wurden, herangezogen. Dabei lag der Schwerpunkt auf Literatur aus dem Bereich der Logistik, auf Branchenberichten und -publikationen sowie auf Arbeiten über die Holzlieferkette. Um diese Publikationen zu finden, wurden Suchmaschinen wie *Google Scholar* und *BASE* verwendet. Einerseits wurde eine Top-down-Internetsuche angewandt, in der nach allgemeinen und zusammenfassenden Begriffen gesucht wurde. Suchwörter, die zu den gewünschten Publikationen führen sollten, waren „Holzlieferkette“, „Wood supply chain“ und „Österreichischer Holztransport“. Andererseits lieferte eine Bottom-up-Suche spezifische Literatur (vor allem zum österreichischen Holztransport) zu Begriffen wie „Akteure Holztransport“, „Transportflüsse Holz“, „Holzlager“ und „Holzfrächter“.

Die Literaturrecherche lieferte wesentliche Ergebnisse für die Kapitel 1.1 und 1.2 jeweils in der Einleitung sowie für die Kapitel 3.1, 3.2, 3.3 und 3.6 jeweils im Ergebnisteil. Einerseits wurden Zahlen und Fakten für die Einleitung über die österreichische Holzlieferkette gefunden. Andererseits lieferten die Publikationen wertvolle allgemeine Informationen über den Holztransport (u.a. Beförderungsformen von verschiedenen Holzsortimenten, verschiedene Verkehrsmittel für den Holztransport, technische Details zu Transportmitteln). Weiters konnten Informationen zur Charakterisierung der Holzfrachtunternehmen und zu deren allgemeinen Problemen gewonnen werden. Die Ergebnisse zu den Akteuren der österreichischen Holzlieferkette stammen ebenfalls aus Branchenberichten und Publikationen, die im Rahmen der Literaturrecherche gefunden wurden. Das gesamte Kapitel der Materialflüsse gründet sich auf Publikationen, die dem Autor von seinen Betreuern zur Verfügung gestellt wurden. Die Literaturrecherche lieferte auch wesentliche Erkenntnisse für die Darstellung der Inputs, Outputs, Sortimente und Stationen innerhalb der Transportflüsse des Holztransportes. Schließlich konnten anhand der Ergebnisse der Literaturrecherche die Formen und Zwecke der verschiedenen Holzlägertypen beschrieben werden.

2.2 Expert*inneninterviews

Expert*innen-Interviews und Interviews mit Akteuren der Holzlieferkette trugen maßgeblich zu den Inhalten dieser Arbeit bei. Zu Beginn wurde vom Autor in Abstimmung mit seinen Betreuern aufgelistet, welche Informationen für diese Arbeit relevant sein können und welche Themenblöcke nicht (allein) durch Literaturrecherche ausgeleuchtet werden können. Im nächsten Schritt wurden daraus potentielle Interviewpartner*innen abgeleitet. Auch hier kann zwischen Interviews, die nach dem Top-down-Prinzip durchgeführt wurden, und Interviews, die nach dem Bottom-up-Prinzip geführt wurden, unterschieden werden. Aufgrund des Top-down-Prinzips wurden wesentliche Vertreter*innen aus der Holzlieferkette aus Interessenvertretungen (nämlich FHP, pro:Holz, Land&Forst Betriebe) sowie öffentlichen Einrichtungen (WKO, BMLRT, Waldverbände, Landwirtschaftskammern, etc.) kontaktiert und interviewt. Im Gegensatz dazu wurde bei den Interviews nach dem Bottom-up-Prinzip versucht, durch (viele) niederschwellige und spezifische Interviews auf das große Ganze zu schließen. Dieser Ansatz wurde vor allem bei der Erstellung der Holzfrächter*innenliste bei zahlreichen quantitativen Interviews mit Holzfrachtunternehmen und bei

der Befragung zur Abschätzung der Holzlägerkapazitäten angewandt. Außerdem wurden so zahlreiche Vertreter*innen anderer Sektoren der Holzlieferkette (Forstbetriebe, holzverarbeitende Industrie) befragt. Schließlich halfen ausgewählte qualitative Interviews mit Dienstleistungsvertreter*innen und Interessenvertretungen, Fragestellungen zu spezifischen Themen abzudecken. Im Rahmen dieser Arbeit wurden qualitative Interviews mit Akteuren aller Bereiche der Holzlieferkette, i.e. Forstbetriebe, Holzernteunternehmen, Holzfrachtunternehmen und holzverarbeitende Industrie, durchgeführt, um die wesentlichen Akteure, Schnittstellen, Strukturen, Anforderungen an den Holztransport sowie Stärken/Schwächen auszumachen.

Die Expert*innen-Interviews lieferten wesentliche Ergebnisse für die Kapitel 3.1, 3.2, 3.4, 3.5 und 3.6 aus dem Ergebnisteil. Sie halfen besonders, die Akteure des Holztransportes zu erforschen, da hier die Literaturrecherche nicht überall schlüssige Ergebnisse lieferte. Die Interviews brachten jedoch auch wertvolle Informationen zu den Transportmitteln in der Holzlieferkette. Interviews mit Holzfrachtunternehmen gaben Einblick in den Alltag, die Struktur und die Probleme des Holztransportes. Außerdem konnten durch Expert*inneninterviews technische Daten und Abbildungen für den Holztransport per LKW eingeholt werden. Die Inhalte des Unterkapitels zur Wood Paying Capability wurden beinahe vollständig, das Unterkapitel zu Holzlagern zu großen Teilen durch Expert*inneninterviews generiert.

Die Daten für die Auflistung der Holzlagerkapazitäten wurden im Zeitraum Februar – Mai 2021 in Expert*innen-Interviews erhoben. Dabei wurden, um eine möglichst breit gestreute Aufstellung über die Lagerkapazitäten zu erhalten, Landes- (oder Bezirks)forstdirektion und/oder Forstschutzbehörden, Waldverbände und Landwirtschaftskammern, evtl. Waldwirtschaftsgemeinschaften aller acht Bundesländer, mit Ausnahme von Wien, kontaktiert. Des Weiteren wurden große private Forstbetriebe kontaktiert und bei diesen nachgefragt, ob sie Holzläger führten. Außerdem wurden die ÖBF kontaktiert, um die Holzläger der Bundesforste in der Aufstellung zu integrieren. Da Holzläger nicht nur auf Seite des Forsts, sondern auch auf Seiten der Holzindustrie errichtet werden können, kontaktierte der Autor Vertreter*innen der Papier- und Zellstoffindustrie, der Sägeindustrie und der Holzwerkstoffindustrie. Schließlich stimmte der Autor seine Erhebungen noch mit dem BMLRT ab. Insgesamt ergaben sich so 33 schriftliche bzw. mündliche Interviews.

Expert*inneninterviews waren auch die maßgebliche Methodik zur Aufstellung der SWOT-Tabellen in der Diskussion. Durch den Input von Holzfrachtunternehmen, Vertreter*innen der Holzindustrie, Forstbetrieben und Interessenvertretungen konnten, gepaart mit Erkenntnissen aus der Literaturrecherche, interne Stärken und Schwächen, sowie externe Chancen und Risiken eruiert werden. Weiters konnte der Autor durch die Interviews wertvollen Input für Strategieableitungen gewinnen.

2.3 Datenauswertung

Um die angestrebte Charakterisierung der österreichischen Holzlieferkette im gewünschten Umfang zu bewerkstelligen, wurden nicht nur Literaturrecherchen und Expert*innen-Interviews durchgeführt. Denn nicht alle Fragen konnten durch diese beiden Methoden beantwortet werden. Aus diesem Grund wurden zusätzlich noch Daten ausgewertet, wodurch eine valide Abbildung der tatsächlichen Gegebenheiten in der Holzlieferkette ermöglicht wurde. Die Daten wurden auf unterschiedliche Weise gewonnen. So wurden Daten, deren Analyse wesentliche Ergebnisse zum Unterkapitel 3.4 (Transportflüsse) beitrugen, im Rahmen einer Internetrecherche gefunden und durch den Autor ausgewertet. Dies betraf vor allem die Mengen und Stationen der verschiedenen Holzsortimente innerhalb der Massenströme.

Um den Modal Split nach Holzsortimenten bzw. Transportmittel abzuschätzen, verfolgte der Autor zwei Ansätze: Der Autor generierte Daten über den Modal Split durch Befragungen an Unternehmen innerhalb der Holzlieferkette. Die Befragung wiederum geschah über zwei unterschiedliche Ansätze. Einerseits wurden persönliche Interviews mit Vertreter*innen der Holzverarbeitenden Industrie durchgeführt. Dadurch konnte der Modal Split für den Antransport von Rohholz bzw. den Abtransport von Schnittholz und Sägenebenprodukten für einige, große österreichische Sägewerke, sowie der Modal Split für den Antransport innerhalb der Papier-, Holzwerkstoff- und Biomasseindustrie abgedeckt werden. Um auch den Modal Split für die zahlreichen, kleinen Sägewerke abzuschätzen, und um eine bessere geographische Verteilung der Berechnung für die Sägeindustrie zu erreichen, führte der Autor mit Hilfe des Fachverbands der Holzindustrie eine Befragung per Mailaussendung durch, um möglichst flächendeckend Daten innerhalb der Sägeindustrie zu erhalten. So konnte der Autor den Modal Split für mehr als 50% des Holzeinschnitts direkt ableiten, um diesen dann für die gesamte österreichische Sägeindustrie hochzurechnen.

Andererseits wurden Daten der Datenbank der Europäischen Union EUROSTAT (2021a) heruntergeladen und für die aktuelle Situation ausgewertet. Diese Daten stehen frei zur Verfügung, die Auswertung erfolgte nach der Methodik von Gruber (2017). Durch diese beiden Ansätze gelang es dem Autor, den Modal Split im Holztransport durch zwei Ansätze zu vergleichen und zu validieren, um eine zielgenauere Aussage treffen zu können.

Um auf die Anzahl der Rungen- und Langholz-LKWs bzw. -anhänger je Bundesland zu kommen, wurden Daten der Statistik Austria erworben und analysiert (Unterkapitel 3.1.2). Die Daten wurden hinsichtlich zeitlichen Verlaufs, regionaler Entwicklung je Bundesland, Anteil von Sattelschleppern bzw. -aufliegern und hinsichtlich Fahrzeugart/Aufbauart analysiert. Im nächsten Schritt wurden diese Analysen graphisch dargestellt und ausgewertet.

Die aus Expert*innen-Interviews erhobenen Daten über Holzläger wurden zusammengetragen, in eine Gesamtübersicht verpackt und nach Bundesland und Kapazitäten analysiert (Kapitel 3.6). Die Methodik zur Datengenerierung ist in Kapitel 2.2 erläutert.

3. Ergebnisse

3.1 Akteure der Holzlieferkette

3.1.1 Akteure der Forstwirtschaft

Österreich ist ein sehr walddreiches Land: etwa die Hälfte der österreichischen Fläche ist bewaldet (BMLFUW, 2015), womit Österreich im EU-Schnitt an siebter Stelle liegt. Wirtschaftlich genutzt werden können ca. 80% der Waldfläche. In den österreichischen Wäldern stehen in etwa 1,2 Mrd. fm Holz als Vorrat (Austropapier, 2019). Die dominierende Baumart in Österreich ist die Fichte mit ca. 57% Anteil, gefolgt von der Buche mit 12% und der Kiefer mit 5% Anteil (proHolz Austria, 2013). Die in Österreich hauptsächlich gehandelten Sortimente von Holz sind Sägerundholz über 20 cm Durchmesser, das 46% des gesamten Holzes ausmacht, Sägerundholz unter 20 cm Durchmesser mit 6%, Industrierundholz mit 18% und Energieholz mit 30%. Jährlich werden ca. 19 Mio. fm geerntet, während die Waldfläche jedes Jahr um 3.400 ha nachwächst – dies spricht für die Nachhaltigkeit der österreichischen Forstwirtschaft. Im Jahr 2019 hat es ungefähr 12 Mio. fm Schadholz gegeben (BMLRT, 2020). Die gesamte Menge an Holz wird vor allem an die Holzverarbeitende Industrie in Österreich geliefert, die der größte Abnehmer des österreichischen Holzes ist. Ein Teil wird zusätzlich noch ins Ausland exportiert.

Entlang der österreichischen Holzlieferkette sind rund 300.000 Personen tätig (BMLFUW, 2015). Hierbei entfallen auf die Forstwirtschaft in etwa 7.200 Arbeitende und Angestellte, zusätzlich zu den Waldbesitzer*innen. Zahlreiche weitere Personen sind als Mitarbeiter*innen von Dienstleistern für die Forstwirtschaft tätig (etwa im Bereich der Holzernte, des Waldbaus, etc.) und können insofern diesem Segment zugeordnet werden. Es wird geschätzt, dass die Zahl der in den Forstbetrieben fix angestellten Personen vor 10 Jahren noch um etwa 1/3 höher war. Der Anteil an Unternehmer*innen, die Dienstleistungen im Forst erbringen, steigt indessen (Sekot, 2018).

In Österreich sind 82% des Waldes im Besitz von privaten Personen. Dabei ist die österreichische Forstwirtschaft vor allem durch Klein- und Kleinstbetriebe (<200 ha Waldfläche) gekennzeichnet, die zusammen (über 98% der Betriebe) nur knapp mehr als die Hälfte (54 %) der Waldfläche besitzen. Gemessen an der Gesamtzahl ist die Zahl der Großbetriebe (>200 ha) nur sehr gering; diese 1,5% der Betriebe besitzen jedoch 31 % der Waldfläche (Statistik Austria, 2020; BFW, 2020). Die verbleibenden 15% des Waldes entfallen auf die Österreichischen Bundesforste AG. Damit belegt Österreich in der Europäischen Union den zweiten Platz betreffend den Anteil an Privateigentümer*innen im Vergleich zu Staatsbesitz. Lediglich in Portugal ist der Anteil an Privateigentümer*innen höher (BMLUFW, 2015). Die österreichische Forstwirtschaft ist demzufolge von vielen Kleineigentümer*innen geprägt. Schon durch diese Eigentumsstruktur ergeben sich besondere Anforderungen an und Schwierigkeiten für den Holztransport, andererseits aber auch ein gewisses Potential.

Viele der Kleinwaldeigentümer*innen nutzen den Wald, anders als die meisten Großeigentümer*innen, nicht in erster Linie dafür, aufgrund von Holzeinschlag und -verkauf wirtschaftlich zu profitieren, sondern sehen das Holz eher als Wertanlage und für den Eigenbedarf (beispielsweise Brennholz) (Hogl et al., 2003). Vor allem die urbanen – oder „neuen“ – Waldeigentümer*innen betreiben eine andere als die ökonomisch orientierte Bewirtschaftung (oder gar keine), wie sie bei Großgrundbesitzer*innen üblich ist. Aufgrund dieser Gegebenheiten ergeben sich für die gesamte Holzlieferkette einige Schwierigkeiten, sowohl hinsichtlich der Profitabilität der Holzlieferkette als auch für den Holztransport selbst. Im Gegensatz dazu wird der Wald von den meisten Großeigentümer*innen primär dazu verwendet, um das Holz zu verkaufen.

Im Vergleich zum Großwald lässt sich das Holz im Kleinwald aus den genannten Gründen schwerer mobilisieren. Kleinwaldeigentümer*innen schneiden Holz oft nur bei hohem Holzpreis ein, es kann

ein sogenannter „Bauernbuckl“ und/oder ein Sommerloch entstehen. Häufig fehlt Waldeigentümer*innen Know-how zum Betrieb einer Forstwirtschaft. Oft ist die Holzernte wegen der geringen Mengen zu teuer; Maschinen müssen ausgeborgt werden, Rungen-LKWs können nicht vollständig beladen fahren. Eine Lösung dieses Problems ist die Bildung von Waldgemeinschaften, die in der englischen Literatur als *Forest Owner Cooperations* beschrieben werden (Gruber, 2017), durch die Synergien bei mehreren Kleinwaldeigentümer*innen erzielt werden können.

Um eine Übersicht über die wichtigsten Akteure der österreichischen Forstwirtschaft zu geben, wurden zwei Quellen herangezogen: Das *Forstjahrbuch* liefert eine Übersicht über Betriebe über 500 ha je Bundesland. Dieses ist aber auf freiwillige Meldungen der Waldeigentümer*innen angewiesen (Grube Forst, 2020). Aus diesem Grund wurden die daraus generierten Daten mit dem *Zuschnitt* verglichen (proHolz, 2013). Die unten dargestellte Tabelle 1 bietet eine Auflistung aller im *Forstjahrbuch* aufscheinenden und hinsichtlich des *Zuschnitts* validierten Betriebe, die größer als 5.000 ha sind. Diese Größe von 5.000 ha wurde vom Autor frei gewählt, um einflussreichere von weniger einflussreichen Forstbetrieben zu trennen:

Tabelle 1: Übersicht über die wichtigsten Akteure der Forstwirtschaft (Forstbetriebe > 5.000 ha) (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Forstjahrbuch 2020, Grube Forst, 2020 und Zuschnitt 2013, proHolz Austria, 2020)

Name	Waldfläche [ha]	Bundesland
Österreichische Bundesforste AG	510.000	Österreich
MA 49 Forst- und Landwirtschaftsbetriebe der Stadt Wien	41.977	Wien
Forstbetrieb Franz Mayr-Melnhof-Saurau	27.400	Steiermark
Esterhazy Betriebe GmbH, Eisenstadt	22.300	Burgenland
Forstbetrieb St. Martin, Bayrische Staatsforsten	18.500	Steiermark
Fürstl. Schwarzenberg'sche Familienstiftung, Murau	18.341	Steiermark
Steiermärkische Landesforste, Forstdirektion Admont	16.415	Steiermark
Wirtschaftsdirektion des Benediktinerstifts Admont	14.312	Steiermark
Habsburg-Lothring'sches Gut Persenbeug	12.735	Niederösterreich
Forstverwaltung Wasserberg, Gaal	11.700	Steiermark
Forstverwaltung der Waldwirtschaftsgemeinschaften Burgenland	11.500	Burgenland
Forstdirektion des Zisterzienserstiftes Lilienfeld	11.200	Niederösterreich
Forstverwaltung Neuhaus GmbH	11.119	Niederösterreich
Stand Montafon, Forstfonds	8.865	Vorarlberg
Gräflich Foscari-Widmann-Rezzonico'sche Forstdirektion	8.700	Kärnten
Stiftung Fürst Liechtenstein, Forst Kalwang	8.667	Steiermark
Bistum Gurk	8.508	Kärnten
Forstverwaltung Hollenburg	8.450	Kärnten
Forstbetrieb des Stiftes Klosterneuburg	8.050	Niederösterreich
Forstverwaltung Weyer, Baufond der Kath. Kirche Österreichs	7.150	Oberösterreich
Fürstliche Schaumburg Lippische Forstverwaltung	7.005	Oberösterreich
Hoyos'sche Forstverwaltung Kernhof	6.812	Niederösterreich
Herzoglich Sachsen-Coburg und Gotha'sche Forstverwaltung Greinburg	6.494	Oberösterreich
Dreher's Forstamt	6.406	Oberösterreich
Leobner Realgemeinschaften	6.000	Steiermark
Czernin-Kinsky Forstgut Rosenhof GmbH u.Co.KG	5.928	Oberösterreich
Forstdirektion Prinz Alfred v.u.z. Liechtenstein	5.895	Steiermark
Mayr Melnhof-Forstverwaltung Salzburg	5.878	Salzburg
Forstverwaltung des Prämonstratenser-Chorherrenstiftes Schlägl	5.772	Oberösterreich
Fürst Esterházy'sche Privatstiftung Lockenhausen	5.720	Burgenland
Forstgut Aflenz	5.700	Steiermark
Fürst Starhemberg'sche Familienstiftung	5.635	Oberösterreich
Forstamt des Benediktinerstiftes Kremsmünster	5.280	Oberösterreich
Erzbischöfliches Forstamt Kirchberg	5.184	Niederösterreich
Forstamt Stift Göttweig	5.135	Niederösterreich

3.1.2 Akteure des Holztransportes

Die österreichische Holztransportbranche ist überwiegend kleinstrukturiert; die Zahl der großen Akteure im Holztransport ist überschaubar. Abbildung 1 gibt einen Überblick der durch eigene Erhebungen erfassten 60 Holzfrachtunternehmen. Für die Darstellung wurde eine Untergrenze für den Fuhrpark von fünf LKWs gewählt. Zwar gibt es in Österreich zahlreiche Holzfrachtunternehmen, die weniger als fünf LKWs für den Holztransport einsetzen, jedoch zählen diese nicht zu den wichtigsten Akteuren im Holztransport. Die Angaben zum Fuhrpark stammen von den einzelnen Holzfrachtunternehmen selbst.

Laut Interviews mit den Holzfrächter*innen und Internetrecherchen gibt es nur eine Handvoll Betriebe, die mit mehr als 25 LKWs Holz transportieren (Kran-LKWs und -sattelschlepper für Roh- und Schnittholz, Schubboden-LKWs für Hackschnitzel, Sägespäne, etc.). Wie aus Abbildung 1, Abbildung 4 und Abbildung 13 zu erkennen ist, gibt es besonders viele Holzfrachtunternehmen bzw. Rungen-LKWs und -anhänger in den Bundesländern Niederösterreich, Steiermark, Kärnten und Oberösterreich; diese Bundesländer stellen auch ca. 75% des österreichischen Holzeinschlages. Besondere Konzentrationen von Holzfrachtunternehmen gibt es in den Bezirken/Regionen Krems-Land, Melk und Zwettl in Niederösterreich, Gmunden und Wels-Land in Oberösterreich, im Mur- bzw. Mürztal in der Steiermark sowie in Wolfsberg (Kärnten) bzw. Deutschlandsberg (Steiermark) (vgl. Abbildung 1). Weniger ausgeprägt ist die Konzentration von Holzfrachtunternehmen in den dargestellten Größenklassen in den westlichen Bundesländern Tirol und Vorarlberg sowie im Osten Österreichs (Wien, östliches Niederösterreich und Burgenland).

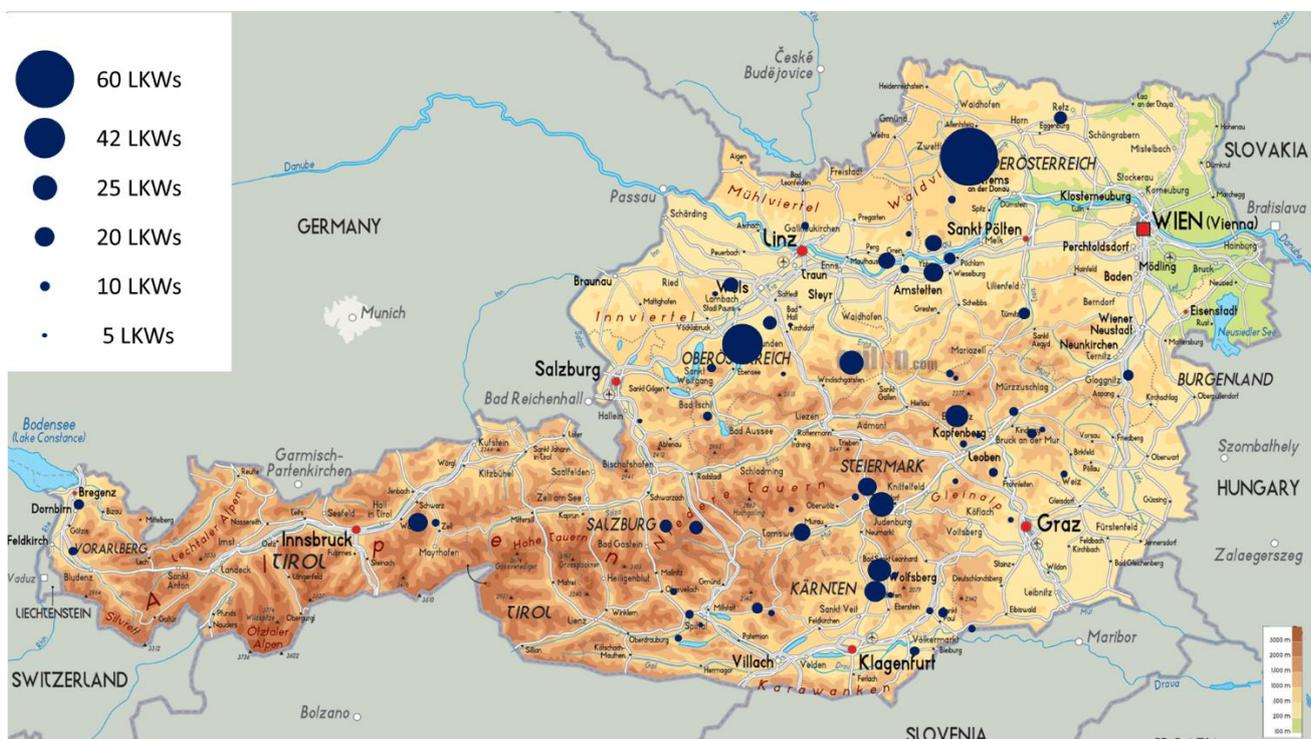


Abbildung 1: Räumliche Verteilung und Fuhrparkgröße erhobener Holzfrachtunternehmen (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

Zur Aussagekraft von Abbildung 1 muss allerdings auf einige Einschränkungen hingewiesen werden: Einerseits wurden alle Holzfrachtunternehmen, die laut Internetrecherche und/oder persönlichem Interview weniger als fünf LKWs im Betrieb besitzen, nicht dargestellt. Gerade Klein- und Kleinstbetriebe sind über ganz Österreich verteilt, in großer Anzahl vorhanden und übernehmen wesentliche Teile des Holztransportes. Anhand der in Kapitel 3.1.2.3 dargestellten Ergebnisse lässt sich abschätzen, dass die durch eigene Erhebungen erfassten 60 Holzfrachtunternehmen mit ihren jeweiligen Fuhrparkgrößen ca. 50% der Gesamtleistung des österreichischen Holztransportes ausmachen, beruhend auf der Anzahl der LKWs im Fuhrpark, die die Holzfrachtunternehmen aus der Liste angaben, im Vergleich zur Gesamtzahl an LKWs, wie es in Kapitel 3.1.2.3 dargestellt ist. Aus Gründen der Nachverfolgbarkeit und der Übersichtlichkeit wurden diese kleinen Betriebe allerdings nicht in die Liste aufgenommen. Andererseits enthält die Abbildung 1 wahrscheinlich nicht alle Holzfrachtunternehmen mit einer Fuhrparkgröße über fünf LKWs. Da auch in der

Interessenvertretung (Wirtschaftskammer Österreich – Sparte Transport und Verkehr – Güterbeförderungsgewerbe) Daten darüber fehlen, wie viele Holzfrachtunternehmen es in Österreich gibt, scheint es beinahe unmöglich, alle nur durch Recherche und persönliche Interviews zu erfassen. Das liegt zum einen an der großen Anzahl von Klein- und Kleinstbetrieben, zum anderen aber auch am mangelnden Netzwerk der Holzfrachtunternehmen sowie deren fehlender Medien- und Onlinepräsenz. Zu guter Letzt transportieren Holzfrachtunternehmen oft nicht nur Holz, sondern auch andere Güter (Schüttgüter, Baumaterialien, Mineralien, etc.) – eine klare Trennung ist in vielen Fällen nicht möglich.

Der relevanteste Akteur im Bahntransport ist die RailCargo (RCA). Laut Daten der RCA beförderte diese 2019 knapp über 2 Millionen Tonnen an Rundholz und operierte an 185 Verladebahnhöfen. Neben der RCA sind für Österreich, gerade im Bereich Import/Export, auch andere staatliche Bahnunternehmen der Nachbarländer (Deutsche Bahn, Tschechische Bahn, Slowakische Bahn, etc.) von Bedeutung (Klaus, 2021). Sowohl für den Import/Export als auch für den innerösterreichischen Transport gibt es einige private Anbieter, die Holztransporte per Bahn durchführen (z.B. Graz-Köflacher Eisenbahn GmbH, LTE Austria GmbH, Steiermarkbahn Transport und Logistik GmbH).

Der Schifftransport spielt im österreichischen Holztransport nur eine sehr untergeordnete Rolle. Mengemäßig werden Holz oder Holzprodukte nur in sehr geringem Umfang mit dem Schiff transportiert (vgl. Kapitel 3.2.4 und 3.4.5). Laut Expert*innen gibt es auf der Donau keinen Akteur, der sich ausschließlich oder primär auf den Holztransport spezialisiert hat (Meinel, 2021). Grundsätzlich kann jedoch jedes Schiffsunternehmen, das Trockengüterschiffe einsetzt auch Holz transportieren. Als Akteur ist hierbei das Schiffsunternehmen *PAN EUROPE LINE GmbH Reederei* zu nennen, das im Jahr 2021 ca. 7.000 Tonnen Rohholz von Deutschland nach Österreich transportiert hat. Die Schiffsunternehmen *MULTINAUT Donau Logistik GmbH* und *K&N Euroshipping* transportieren ebenfalls Rohholz von Deutschland nach Österreich und das Schiffsunternehmen *First-DDSG Logistic Holding GmbH* transportierte in der Vergangenheit Holz in Form von Schüttgut nach Österreich (Meinel, 2021).

3.1.2.1 Charakterisierung der LKW-Holzfrachtunternehmen

LKWs werden praktisch immer für den Abtransport des Holzes aus dem Wald eingesetzt; beim unimodalen Transport bildet der LKW-Transport das einzige Transportmittel und auch beim multimodalen/intermodalen Transport kommen LKWs de facto immer zum Einsatz (vgl. Kapitel 3.2 Transportmodi) (Kogler und Rauch, 2018). Auch für den Transport von Sägenebenprodukten werden LKWs eingesetzt (Ohnesorg und Freise, 2015).

Die österreichischen LKW-Holzfrachtunternehmen sind regional und klein strukturiert und durch viele kleine Betriebe (mit verhältnismäßig wenigen LKWs) und durch einige wenige Großbetriebe gekennzeichnet. Zur weiteren Charakterisierung der LKW-Holzfrachtunternehmen werden nun die Daten aus der Liste (vgl. Abbildung 1) im Detail analysiert. Abbildung 2 zeigt die daraus ermittelte Häufigkeitsverteilung der LKW-Holzfrachtunternehmen mit mindestens fünf LKWs Fuhrparkgröße. Daraus lässt sich eine starke Häufung bei fünf bis zehn LKWs pro Betrieb erkennen (62%), während es nur wenige Betriebe gibt, die 20 oder mehr LKWs betreiben (14%).

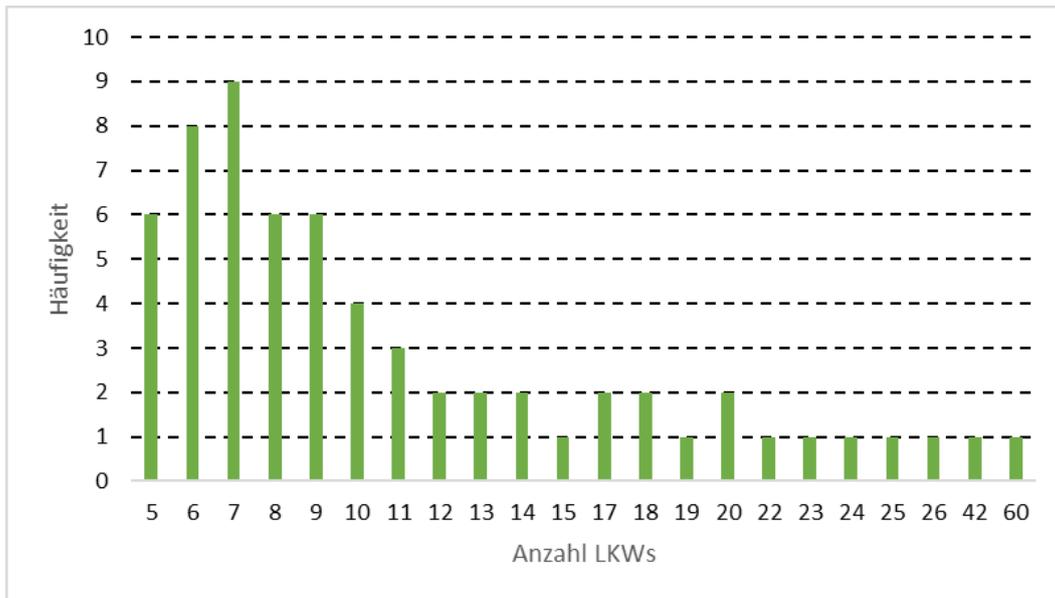


Abbildung 2: Häufigkeit der LKW-Anzahl in Holzfrachtunternehmen (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

Im Durchschnitt haben die LKW-Holzfrachtunternehmen aus der Liste ca. acht Kran-LKWs und zwischen drei und vier Sattelschlepper im eigenen Fuhrpark. Schüttgut-LKWs (wie Schubboden-LKWs) wurden ebenfalls in die Liste aufgenommen; allerdings betreiben nur vereinzelte Akteure (selten hauptsächlich, mehrheitlich zusätzlich) auch Schüttguttransport von Holz, aber auch von Kies und anderen Schüttgütern. Das betrifft vor allem den Transport von Sägespänen, Hackschnitzeln und sonstiger Biomasse. Auch hier ist die Streuung groß und liegt zwischen zwei und 17 LKWs. Zählt man alle LKW-Typen zusammen, so ergibt sich der im Boxplot ersichtliche Mittelwert von 12 LKWs. 50% der LKW-Holzfrachtunternehmen liegen zwischen sieben und 14 LKWs (vgl. Abbildung 3).

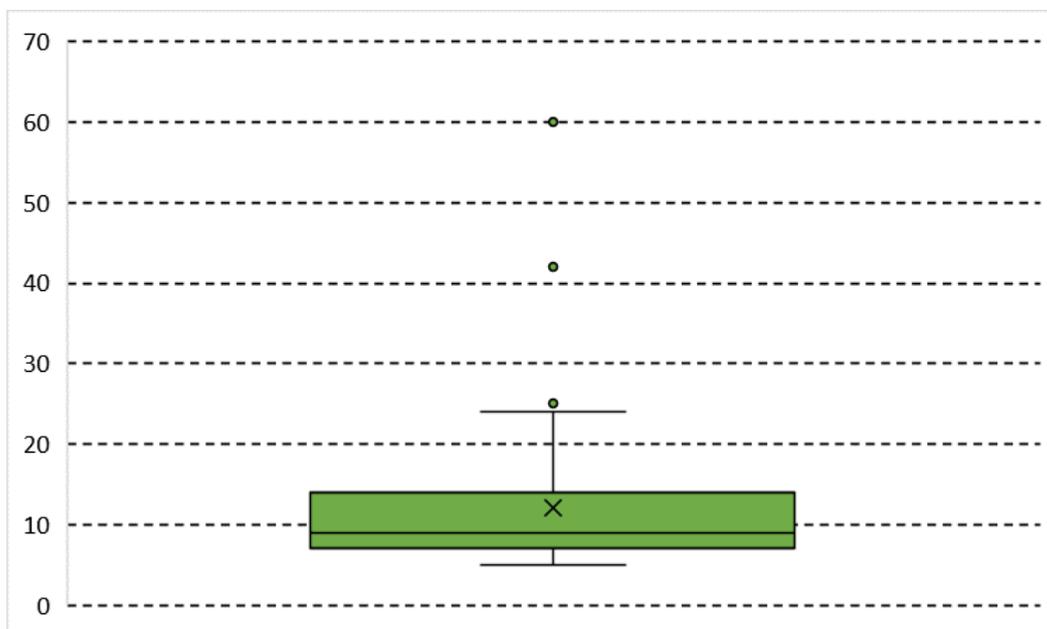


Abbildung 3: Statistische Verteilung der LKWs nach Fuhrparkgröße (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

Die LKW-Holzfrachtunternehmen als Bindeglied zwischen Forstwirtschaft und holzverarbeitender Industrie müssen regional an beide Akteure angepasst sein, weil ein Transport per LKW (vor allem per Kurzholzzug mit integriertem Kran) nur über eine gewisse Entfernung gewinnbringend sein kann. Laut der Marktstudie von Gößwein (2019) transportieren kleine LKW-Holzfrachtunternehmen pro

LKW in Deutschland mehr Holz pro Jahr als LKWs von großen LKW-Holzfrachtunternehmen. Dies kann laut Gößwein (2019) daran liegen, dass größere Frachtunternehmen auch Holztransporte mit größerer Distanz fahren (und damit die Transportmenge natürlich sinkt), oder daran, dass bei kleinen (oft familiär geführten) Holzfrachtunternehmen eher eine zweite Person auf demselben LKW fährt, wenn die Lenkzeit der ersten Person zu Ende gegangen ist. Außerdem haben große LKW-Holzfrachtunternehmen mehr LKWs ohne Kraneinheit (Sattelzüge) (Gößwein, 2019).

Unternehmenszusammenschlüsse, wie es sie in vielen anderen Branchen gibt, sind im Bereich der LKW-Holzfrachtunternehmen eher unüblich (Hohegger, 2019), trotzdem gibt es auch Ausnahmen, wie zum Beispiel die Firma *Stadler GmbH & CO KG*, die u.a. durch Unternehmensübernahmen gewachsen ist (Forstzeitung, 2020). Unter anderem daraus ergibt sich eine schlechte Marktposition der LKW-Holzfrachtunternehmen gegenüber großen Waldbesitzenden (etwa der ÖBF AG) und großen Holzverarbeitenden Industrien oder Einkaufsgesellschaften (z.B. Papierholz Austria GmbH). Dieser Effekt wird noch dadurch verstärkt, dass die LKW-Holzfrachtunternehmen, anders als die Forstwirtschaft und die Holzverarbeitende Industrie, keine eigene Interessenvertretung haben.

Die Zahl der LKW-Holzfrachtunternehmen hat in den letzten Jahren abgenommen (Holzer, 2020; Becker, 2019; Hohegger, 2019; Ohnesorg und Freise, 2015). Der Beruf des Holzfrächters/der Holzfrächterin wird als immer weniger attraktiv wahrgenommen. Einerseits gibt es einen natürlichen Abgang an LKW-Fahrer*innen, die in Pension gehen, andererseits fehlt die Nachfolge an neuen, jungen Arbeitskräften. Hinzu kommt, dass vor allem kleine, oft familiengeführte Frachtunternehmen einen enormen Preisdruck durch die Akteure der Forstwirtschaft und der Holzverarbeitenden Industrie verspüren und infolgedessen kaum rentabel sind (Becker, 2019).

Die Geschlechterverteilung in LKW-Holzfrachtunternehmen ist deutlich männerdominiert. So erhob Beiglböck (2021) in einer Umfrage unter 23 LKW-Holzfrachtunternehmen in Österreich einen Frauenanteil von nur 17%. Bezogen auf die LKW-Fahrerinnen geht Gößwein (2019) für Deutschland sogar von einem Frauenanteil von unter 1% aus. Die Berufserfahrung der Holzfrächter*innen liegt im Schnitt bei 24 Jahren (Beiglböck, 2021). Dieser Wert deckt sich auch mit den Erfahrungen aus vor allem vom Autor geführten Interviews mit LKW-Holzfrachtunternehmen. Die Altersstruktur deutscher LKW-Fahrer*innen ist als problematisch zu bezeichnen, da knapp 60% zwischen 40 und 60 Jahren alt sind, während nur 10% ein Alter zwischen 20 und 30 Jahren aufweisen (Becker, 2019). Es ist anzunehmen, dass diese Umstände ebenfalls auf österreichische LKW-Fahrer*innen zutreffen. Ausbildungen für LKW-Fahrer*innen werden kaum angeboten (Becker, 2019), neue Fahrende werden hauptsächlich über Empfehlungen gewonnen (Gößwein, 2019).

Vor allem in der gebirgigen westlichen Hälfte Österreichs, transportieren LKW-Holzfrachtunternehmen Holz vor allem aus den Talschaften zu den regionalen Industriebetrieben. Die durchschnittliche Distanz der Holzlieferungen in Österreich beträgt 78km (Beiglböck, 2021). Dies deckt sich auch mit der Erhebung von Becker (2019) für Deutschland, demzufolge über 50% der Transporte unter 120 km Entfernung stattfinden, und ein Drittel zwischen 60 und 80 km. Dabei steigt laut Gößwein (2019) der Transportradius mit größerem Fuhrpark: demnach haben große LKW-Holzfrachtunternehmen einen um 78% größeren Transportradius als kleine. LKW-Holzfrachtunternehmen beliefern i.d.R. mehr als einen abnehmenden Betrieb. Dies zeigte sich auch in mehreren Interviews sowie in der Umfrage von Beiglböck (2021), wo der Durchschnitt bei über zwölf Abnehmenden lag. Laut Gößwein (2019) kommen in Bayern 43% der Aufträge von der Industrie, 30% von Waldeigentümer*innen, 21% von Holzhandelsgesellschaften und knapp 7% durch sonstige Auftraggebende. Diese Werte sind ähnlich für Österreich; allerdings wird der Anteil der Aufträge, die von der Industrie kommen, höher geschätzt (Weis, 2021; Holzer, 2020); Aufträge von Seiten „des Waldes“ kommen vor allem vom Großwald, insbesondere von den ÖBF (Holzer, 2020).

Die Anzahl der LKW-Holzfrachtunternehmen, die von einem Holzverarbeitenden Werk (Sägewerk, Papier- und Zellstoffwerk) mit dem Holztransport beauftragt werden, erhöht sich mit steigender Werksgröße (Schnedl, 2021). Von Industriebetrieben werden sowohl Familienunternehmen mit einer geringen Fuhrparkgröße als auch größere LKW-Holzfrachtunternehmen beauftragt (Rumplmayr, 2021). Von 41 befragten Holzverarbeitenden Industriebetrieben wurden im Mittel ca. 46 Rundholzlieferungen pro Tag angegeben; die Streuung liegt hier aber im Bereich von 1 – 200 Lieferungen pro Tag (Beiglböck, 2021).

Der Anteil des multimodalen Transports mit der Bahn variiert von Region zu Region bzw. je nach Forst-/Industriebetrieb und ist von der Nähe des nächsten Holzverladebahnhofs abhängig. Viele LKW-Holzfrachtunternehmen standen in diversen Interviews dem multimodalen Holztransport in Kombination mit der Bahn kritisch gegenüber, obwohl immerhin über 70% angaben, einen Standort innerhalb von 30 km zum nächsten Holzverladebahnhof zu haben. Auch wenn viele LKW-Holzfrachtunternehmen den Anteil des eigenen Transportes zu Holzverladebahnhöfen als gering einschätzen, gaben über 90% an, zumindest teilweise Holz an Bahnhöfen umzuschlagen (Beiglböck, 2021).

Abbildung 4 zeigt, wie die LKW-Holzfrachtunternehmen der Liste den jeweiligen Bundesländern zugeordnet werden können. Die meisten LKW-Holzfrachtunternehmen haben demnach ihren Standort in der Steiermark (22), gefolgt von Kärnten (13) sowie Niederösterreich und Oberösterreich (beide jeweils 10). Dies deckt sich auch mit den Ergebnissen für Rungen- bzw. Langholz-LKWs (vgl. Abbildung 13).

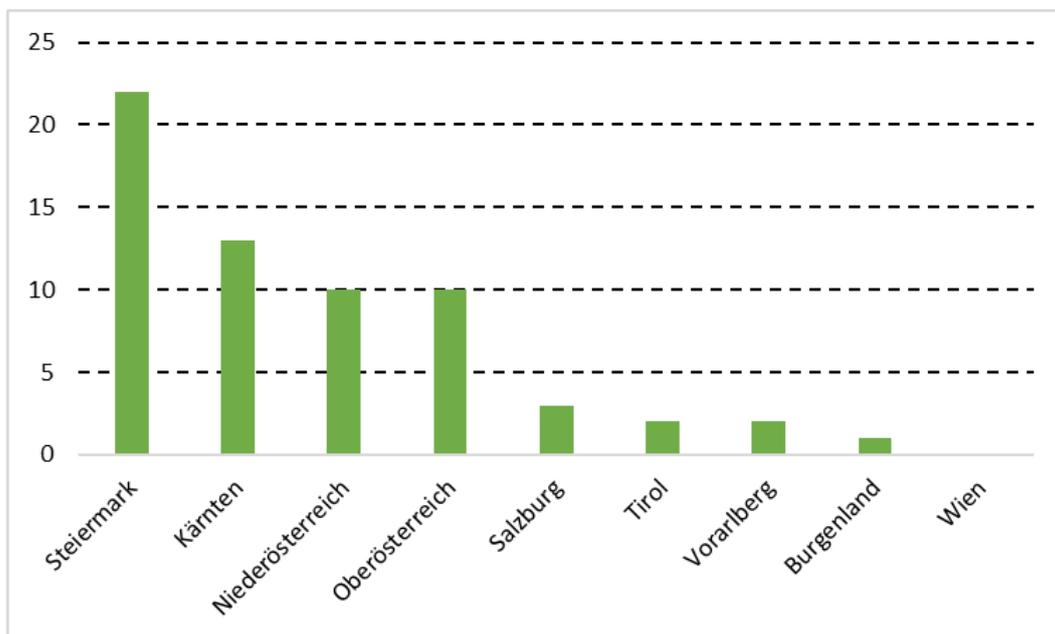


Abbildung 4: Anzahl der Frächter*innen pro Bundesland (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

3.1.2.2 Probleme der Kran-LKW-Fahrer*innen

Der Beruf des Kran-LKW-Fahrenden wird im Allgemeinen als anspruchsvoll und körperlich sowie geistig herausfordernd beschrieben. Einerseits ist höchste Konzentration bei der Befahrung von (teils steilen) Waldstraßen mit Rundholz-LKWs notwendig, andererseits wird der Arbeitsalltag als eintönig beschrieben, weil Abläufe und Routen oft ähnlich sind. Nicht selten müssen Kran-LKW-Fahrende 10 bis 12 Stunden pro Tag arbeiten (teilweise auch am Wochenende), etwa weil Aufträge abzuarbeiten sind oder weil Staus, das Anlegen von Schneeketten im Wald im Winter, oder Wartezeiten bei der Industrie zu Zeitverzögerungen führen. Die durchschnittliche Arbeitszeit wird mit 53 Stunden pro

Woche angegeben (Becker, 2019), zudem müssen Kran-LKW-Fahrende die gesetzlich vorgeschriebenen Pausen einhalten. In den meisten Fällen beginnt der Arbeitstag sehr früh und kann noch bis deutlich nach dem Ende der Holzübernahme durch die Holzverarbeitende Industrie dauern, weil der LKW noch zum eigenen Firmenstandort zurückgefahren und gereinigt werden muss.

Aus den oben genannten Gründen stehen die Holzfrachtunternehmen vor dem Problem des Fahrer*innenmangels (Kogler, 2020; Borchert et al., 2019; Gößwein, 2019;). Aufgrund der ungünstigen Altersstruktur ist in den nächsten Jahren ein überdurchschnittlich hoher Abgang an LKW-Fahrenden in die Alterspension zu erwarten. Durch fehlendes Schulungsangebot, unattraktive Rahmenbedingungen und wirtschaftlichen Druck wird es immer schwieriger, diesen Abgang an älteren LKW-Fahrenden mit Neuzugängen zu kompensieren. Nachbesetzungen geschehen, vor allem in Familienbetrieben (Kleinbetrieben) innerhalb der Familie; wenn diese Nachfolge ausfällt, ist häufig das Weiterbestehen des Betriebs gefährdet.

Viele Anforderungen stellen sich den Kran-LKW-Fahrenden bereits im Wald. Sie müssen häufig selbst das Routing übernehmen und sich überlegen, wann und in welcher Reihenfolge sie die einzelnen Polter anfahren. Bedingt durch oft veraltete Kommunikationsmittel und teilweise schlechten Informationsfluss stellt das Auffinden der Holzpolter im Wald z.T. eine zeitraubende Tätigkeit dar (Holzer, 2020). Zwar kommt bereits häufig ein Navigationsgerät für öffentliche Straßen zum Einsatz, zur Koordination und Orientierung im Wald wird jedoch noch viel mit Förster*innen telefoniert und durch diese eingewiesen (Becker, 2019). Weiters müssen LKW-Fahrer*innen in der Lage sein, eigenständig Holzsortimente im Holzpolter auszusortieren und die Masse, die bis zum Erreichen des höchstzulässigen Gesamtgewichts auf den LKW geladen werden darf, zu schätzen (Kogler und Rauch, 2020). Dies ist, vor allem bei Holz mit hoher Feuchtigkeit, oft schwierig.

In Österreich dürfen LKWs grundsätzlich 40 Tonnen zulässiges Gesamtgewicht nicht überschreiten; diese Beschränkung kann sich aber auf 44 Tonnen erhöhen, falls Start- und Zielpunkt des Holztransportes innerhalb von 100 km Luftlinie liegen (Kogler et al., 2021) und das Holz aus dem Wald transportiert wird (Rutter, 2021). In Ausnahmefällen (etwa bei starken Kalamitäten) wurde das höchstzulässige Gesamtgewicht schon auf bis zu 50 Tonnen erhöht (Rutter, 2021; Weiss, 2021; Krenn, 2017). Holzfrachtunternehmen können, z.B. bei extremen Kalamitäten, einen entsprechenden Antrag bei der jeweiligen Landesregierung stellen. Diese kann diese Ausnahmeregelung bewilligen, wenn es die aktuelle Situation erfordert und die Straßen eine Befahrung mit 50-Tonnen-LKWs zulassen. Laut Rutter (2021) gibt es Rungen-LKWs mit zwei (höchstzulässiges Gesamtgewicht von 18 Tonnen) oder drei (höchstzulässiges Gesamtgewicht von 26 Tonnen) Achsen sowie 2-Achs-Anhänger (höchstzulässiges Gesamtgewicht von 18 Tonnen) und 3-Achs-Anhänger (höchstzulässiges Gesamtgewicht von 24 Tonnen). Die häufigste Kombination ist, aufgrund der 44-Tonnen-Regelung, eine Kombination von 3-Achs-LKW und 2-Achs-Anhänger (26 + 18 Tonnen). Jedoch liegt das technisch mögliche Höchstgewicht laut Weiss (2021) bei einer 5-Achs-Kombination (3-Achs-LKW und 2-Achs-Anhänger) bei 48 bis 49 Tonnen. Die Nutzung einer Erhöhung des höchstzulässigen Gesamtgewichts in den oben beschriebenen Ausnahmefällen kann mit einer Kombination aus 3-Achs-LKW und 3-Achs-Anhänger problemlos bewältigt werden (Rutter, 2021).

Einige Berichte, Publikationen und Befragungen (Gößwein, 2019; Kogler und Rauch, 2019; Ohnesorge und Freise, 2015) gehen davon aus, dass im Holztransport das maximal zulässige Höchstgewicht teilweise überschritten wird. Einerseits fehlen in den Fahrzeugen Waagen, sodass das Gewicht von Fahrenden geschätzt werden muss. Andererseits wird eine Überladung teilweise bewusst in Kauf genommen, um mehr Holz mit einer Fahrt zu transportieren, um rentabler zu sein. Die meisten Rungen-LKWs sind ohnehin dazu fähig, höhere Gewichte als das höchstzulässige Gesamtgewicht von 40 bzw. 44 Tonnen zu befördern (Ohnesorg und Freise, 2015).

Im Kleinwald lässt sich ein gewisser saisonaler Effekt erkennen, da viele der Kleinwaldbesitzer*innen landwirtschaftlichen Tätigkeiten nachgehen, die besonders viel Zeit im Frühling, Sommer und in den frühen Herbstmonaten beanspruchen, und e in diesen Monaten weniger Holz einschlagen, es wird vor allem durchforstet und Schadholz aufgearbeitet. Für den regulären Holzeinschlag werden vor allem die Herbst- und Wintermonate genutzt. Insofern ist der Holztransport im Kleinwald im Herbst und Winter mehr ausgelastet, es ergibt sich ein saisonaler Effekt und die Auslastung der Rundholztransporte ist tendenziell am höchsten (Weiss, 2021).

Ein Flaschenhals des Holztransportes ist die (oft lange) Wartezeit am Industriegelände. Laut Interviews (Hohegger, 2019) und Borchert et al. (2019) kommt es wegen fehlender Koordination oft zu Wartezeiten bei der Einfahrt in den Industriebetrieb bzw. beim Abwiegen der LKWs. Diese Wartezeiten verlängern den Arbeitstag der LKW-Fahrer*innen, weil in dieser Zeit keine anderen Transporte durchgeführt werden können. Laut der Marktstudie von Gößwein (2019) könnten, nach Einschätzung der Holzfrächter*innen, zwischen 9 und 11% mehr Holz transportiert werden, wenn es keine Wartezeiten gäbe. Daten für Österreich von Beiglböck (2021) lassen für die Sattelumladung im Normalbetrieb auf ein Äquivalent von 6% des Holz-Transportvolumens als Wartezeitverluste, bei Bahnumladung 8% und beim LKW-Transport direkt zur Industrie sogar 9% schließen, die sich nach Kalamitäten jedoch noch entscheidend erhöhen können. Die Ankünfte bei der Holzverarbeitenden Industrie können nur innerhalb der Öffnungszeiten erfolgen, womit für die LKW-Fahrer*innen, ein zusätzlicher Stress entsteht. Um Staus durch den Morgenverkehr zu vermeiden, geschieht der erste Transport zum Sägewerk meistens zwischen 6:00 und 7:00 Uhr, eine zweite Anfahrtsspitze ist zwischen 13:00 und 16:00 Uhr zu bemerken, weil es kaum entsprechende Steuerungsmaßnahmen (z.B. Time-Slots für die LKW-Fahrer*innen) gibt, um Anfahrtsspitzen zu glätten (Gößwein, 2019).

Vor allem beim Rundholztransport müssen Kran-LKW-Fahrer*innen mit einer gewissen Autonomie agieren. In der Praxis werden meistens von Seiten der Industrie Aufträge an Holzfrachtunternehmen bezüglich Transportmenge und Transportzeitraum kommuniziert, diese Aufträge werden dann an einzelne Fahrer*innen weitergegeben (Hohegger, 2019). Der elektronische Lieferschein findet immer breitere Anwendung, jedoch ist das Auffinden des zu transportierenden Holzes und die Kommunikation mit Holzernteunternehmen oder Förster*innen meistens Sache der einzelnen Fahrer*innen. Normen wie FHPDAT bzw. Systeme wie der elektronische Lieferschein helfen, die administrativen Prozesse des Holztransportes effektiver zu gestalten und schneller abzuwickeln. Aber es ist es immer noch unabdingbar, dass LKW-Fahrer*innen sich telefonisch bei Förster*innen über die Befahrbarkeit von Forststraßen oder bei Forstunternehmer*innen über die tatsächliche Bereitstellung des Holzes informieren müssen. Auch das Auffinden der Polter geschieht nur teilweise mittels GPS basierender Systeme, häufig muss deren Position mündlich oder schriftlich beim/bei der Förster*in bzw. Forstunternehmer*in erfragt werden (Schnedl, 2021; Weiss, 2021).

Die Konsolidierung von Holzmengen aus dem Forst und deren Zuteilung an Holzfrachtunternehmen bzw. LKW-Fahrer*innen mit der Besonderheit, dass Kran-LKWs beladen aus dem und nicht-beladen in den Wald fahren, wird als *Timber Transport Vehicle Routing Problem* (TTRVP) beschrieben (Gronalt und Hirsch, 2006). Durch die Lösung eines TTRVP mittels Optimierung kann die Disposition verbessert werden. Allerdings sind weder bei den Abnehmern in Österreich solche Systeme in Anwendung, noch gibt es auf Seiten der Holzfrächter*innen oder LKW-Fahrer*innen Routenoptimierungen. Dies ist vor allem durch uneinheitliche Transportauftragsvergaben, fehlende Vernetzung und uneinheitlichen Informations- bzw. Datenfluss zu erklären (Gößwein, 2019). Weiters agieren LKW-Fahrer*innen mit einer gewissen Autonomie; weil sie das Waldgebiet und dessen Straßen selbst besser kennen und wissen, wo das Holz liegt, und kommunizieren direkt mit Forstunternehmer*innen oder Förster*innen. Andererseits birgt die Autonomie der LKW-Fahrer*innen ein Gefahrenpotential für

das Holzfrachtunternehmen, weil bei einem Ausfall von einzelnen Fahrer*innen nicht nur deren Arbeitskraft, sondern auch deren Wissen und Erfahrung fehlen.

Der Holztransport per LKW findet jedoch, nicht nur für Rohholz, sondern auch für Holzprodukte, Sägenebenprodukte und Sägeabfälle statt. Für diese Sortimente ist in der Regel kein Spezial-LKW (ein mit Rungen ausgestatteter LKW) vonnöten, und es kommen (kostengünstigere) Sattelschlepper anstelle von Kran-LKWs zum Einsatz.

Der Informationsfluss zwischen den Holzfrachtunternehmen (und den LKW-Fahrer*innen) und der Industrie bei Rohholztransporten unterscheidet sich vom Transport von Sägenebenprodukten. Während beim Transport von Rohholz LKW-Fahrer*innen mit gewisser Autonomie agieren (z.B. Schätzung, mit wie viel Holz die LKWs beladen werden können) ist die Autonomie der LKW-Fahrer*innen beim Transport von Sägenebenprodukten geringer, weil die Routen oft zwischen einzelnen Industriestandorten verlaufen. Beim Rohholztransport müssen Informationen nicht nur mit der Industrie, sondern auch mit dem Forst und der Holzernte ausgetauscht werden. Hingegen müssen beim Transport von Sägenebenprodukten nur Informationen mit der Industrie ausgetauscht werden. Auch ist hier weniger Eigenverantwortung der LKW-Fahrer*innen gefragt, weil (vor allem im Bereich der Beschaffung der Papier- und Zellstoffindustrie) Aufträge bereits wesentlich öfter in digitaler Form und damit transparenter übermittelt werden (Hochegger, 2019). Für Faserholz werden Aufträge, also der elektronische Lieferschein, bereits wesentlich öfters über z.B. die FrachtGo App der Firma FelixFracht abgewickelt und können auf dem Smartphone der Frächter*innen bedient werden. Die Aufträge werden von den Holzeinkäufer*innen (beispielsweise der Papierholz Austria GmbH) in der Frachtbörse eingegeben. Dabei wird vor allem kommuniziert, welche Holzmengen in welchem Zeitraum benötigt werden. Diese Entwicklung der Digitalisierung ist im Bereich des Rohholztransportes noch weniger ausgeprägt (Schnedl, 2021). Außerdem unterscheiden sich Transporte von Rohholz und Sägenebenprodukten bezüglich der Kontinuität und Regelmäßigkeit: während der Transport vom Forst zu Industriebetrieben stochastischen Schwankungen, etwa bedingt durch Witterungseinflüsse, Borkenkäferbefall und Windwürfen, unterliegt, und dadurch Tourenplanungen und Informationsflüsse erschwert werden, ist der Transport von Sägenebenprodukten aus Sägewerken hin zu Betrieben der Papier- und Zellstoffindustrie, der Plattenindustrie oder Biomasseanlagen deutlich weniger Unregelmäßigkeiten unterworfen.

Eine große Schwäche, die in vielen Publikationen beschrieben wird und sich durch den gesamten Bereich des österreichischen Holztransportes per LKW zieht, ist das Problem der Leerfahrten (Gronalt et al., 2005). Wenn Rohholz aus dem Wald z.B. zur Sägeindustrie transportiert wird, gibt es für diese Transporte keinen umgekehrten Materialfluss von der Industrie in den Wald zurück.

Schnittholz wird vor allem zu sekundären Abnehmenden in Österreich wie der Holzbauindustrie, den Tischlereien oder Möbelherstellern geliefert, jedoch auch zu einem bedeutenden Anteil ins Ausland exportiert (Niederacher, 2021). Dieser Transport geschieht durch die Bahn, Sattelschlepper u.Ä. – dafür sind also keine Kran-LKWs notwendig. Rungen-LKWs mit Spezialaufbau und integriertem Kran sind nicht optimal dafür geeignet, Schnittholz und Sägenebenprodukte zu transportieren, weil sie, im Vergleich zu gewöhnlichen Sattelschleppern, kostenintensiver pro Kilometer sind, eine geringere Nutzlast haben, mehr Sprit verbrauchen und der Rungenaufbau das Schnittholz sogar beschädigen kann. Laut Becker (2019) wird der aus all diesen Umständen resultierende Leerfahrtenanteil von Rungen-LKWs auf über 40% geschätzt.

3.1.2.3 Anzahl der österreichischen Rungen-LKWs

Im Unterschied zu österreichischen Forstbetrieben und Betrieben der Holzindustrie ist die Datenverfügbarkeit, etwa, wie viele LKW-Holzfrachtunternehmen es gibt und wie viele Spezialfahrzeuge diese im Einsatz haben, sehr schlecht. Das liegt vor allem daran, dass es für sie (im

Unterschied zu anderen Teilen der Holzlieferkette) keine spezifische, eigene Interessenvertretung gibt. Zwar sind LKW-Holzfrachtunternehmen zu einer Mitgliedschaft in den Wirtschaftskammern der einzelnen Bundesländer verpflichtet, der Fokus der Interessenvertretung liegt aber auf allgemeinen Themen des Güterverkehrs und nicht auf dem Holztransport.

Um möglichst genau die Anzahl der für den Rohholztransport in Österreich zum Einsatz kommenden LKWs einzuschätzen, wurde folgender Zugang gewählt: Rungen-LKWs, die für den Rohholztransport geeignet sind, können anhand ihrer speziellen Aufbauart erkannt werden. Die Statistik Austria (Fischer, 2021) führt eine Datenbank mit Art (Aufbau- und Fahrzeugart) und Anzahl der in den einzelnen Meldestellen registrierten Fahrzeugen. Für den Holztransport sind die Aufbauarten *F Rungen*, *MN Rungen* und *17 Langholz*, die Fahrzeugart *Lastkraftwagenklasse N3* sowie die Anhängerklassen *R*, *O1-O4* relevant. Die Aufbauart *F* bzw. *MN* können dabei laut Fischer (2021) gleichgesetzt bzw. zusammengefasst werden, die Aufbauart *F* ist lediglich die ältere Klassifikation, während die Aufbauart *MN* erst ab 2007 eingeführt wurde. Sowohl *F* als auch *MN* sind durch den Rungenaufbau für den Holztransport von Kurzholz geeignet. Die Aufbauart *17 Langholz* ist darüber hinaus auch für den Transport von langen Blochen geeignet.

Fahrzeuge der *Lastkraftwagenklasse N3*, die vorrangig für den Holztransport verwendet werden, sind definiert als Fahrzeuge zur Güterbeförderung, wobei die zulässige Gesamtmasse mehr als 12 Tonnen überschreiten darf. Da Holz ein schweres Gut ist, werden vorrangig LKWs eingesetzt, die eine entsprechende zulässige Gesamtmasse überschreiten dürfen; das schließt LKWs der Klasse *N1* (höchstzulässige Gesamtmasse 3,5 Tonnen) bzw. *N2* (höchstzulässige Gesamtmasse 3,5-12 Tonnen) aus (Österreichs digitales Amt, 2021). Eine beispielhafte Illustration zu dieser LKW-Klasse inkl. Rungenaufbau ist in Abbildung 5 ersichtlich.

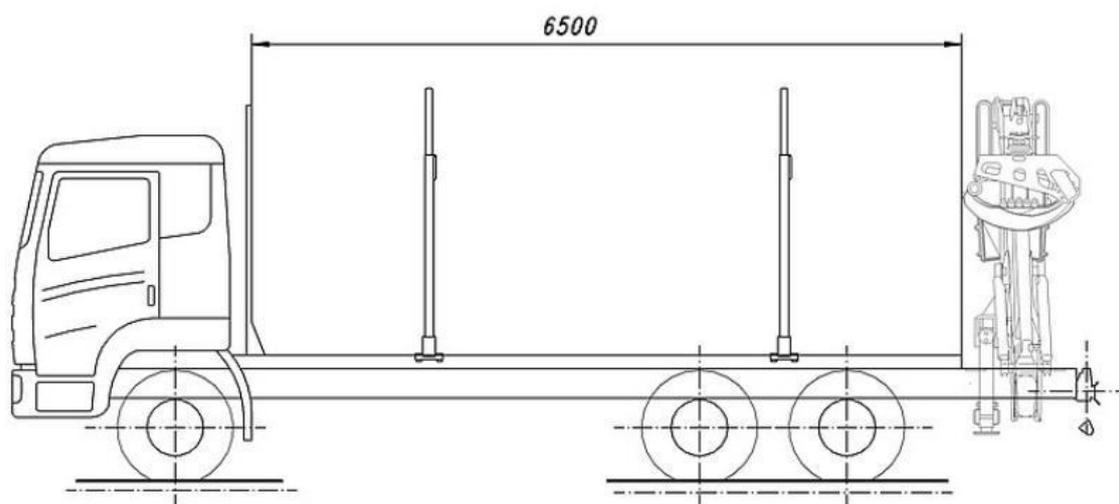


Abbildung 5: Illustration der LKW-Klasse N3 mit Rungenaufbau F/MN (Quelle: Schwarzmüller, 2021a)

Die Anhängerklasse *O* ist definiert als Anhänger mit einer zulässigen Gesamtmasse von bis zu 750 Kilogramm (*O1*), zwischen 750 Kilogramm und 3,5 Tonnen (*O2*), zwischen 3,5 und 10 Tonnen (*O3*) und mit mehr als 10 Tonnen (*O4*) (Österreichs digitales Amt, 2021). Für den Holztransport ist, ähnlich den LKW-Klassen, die Anhängerklasse *O4* wegen der höchsten zulässigen Gesamtmasse die gebräuchlichste (vgl. Tabelle 2). In den Anhängerklassen kann weiters nach Sattelauflegern, Deichselanhängern und Zentralachsanhängern unterteilt werden (vgl. Abbildung 6). Je nachdem, wie

der Holztransport organisiert ist, werden unterschiedliche Anhänger genutzt. Für den gestaffelt unimodalen Transport bestehend aus Kran-LKW und Sattelschlepper werden Sattelaufleger eingesetzt (Kogler et al. 2020); für den unimodalen Transport durch einen Kran-LKW werden Deichselanhänger und Zentralachsenanhänger eingesetzt.

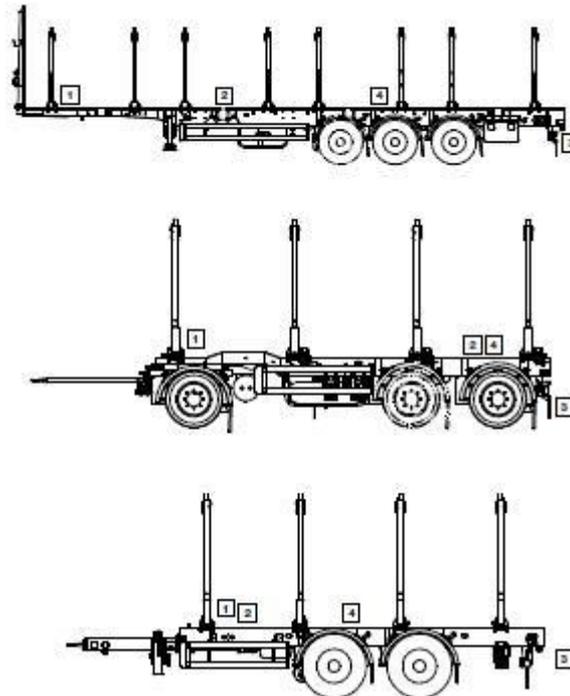


Abbildung 6: Illustration der Anhängerkategorie O4; von oben nach unten: Sattelaufleger, Deichselanhänger und Zentralachsenanhänger (Aufbauart F/MN) (Quelle: Schwarzmüller, 2021b)

Die Anhängerkategorie *R* wird in der Darstellung der Statistik Austria nicht näher untergliedert, obwohl diese Kategorie in die Unterkategorien *a/b*, *R1-R4* unterteilt wird. Es ist davon auszugehen, dass die *Anhängerkategorie R4* am relevantesten ist, weil mit Anhängern dieser Kategorie die Summe der technisch zulässigen Masse pro Achse mehr als 21 Tonnen betragen darf (Österreichs digitales Amt, 2021). Anhänger der Kategorie *R* sind definiert als land- und forstwirtschaftliche Anhänger (Abbildung 7). Für den Holztransport sind das sogenannte Holzrückewägen oder Rückeanhänger. Anhänger dieser Kategorie werden vor allem von Traktoren oder Forwardern gezogen. Oft ist ein Kran zur Be- und Entladung am Anhänger integriert, weil Traktoren selbst i.d.R. keinen Kran dafür besitzen. Diese Kombination, nämlich Anhänger der Kategorie *R* und Traktor, wird vor allem in der Kleinwaldbewirtschaftung sowie in alpinen Regionen eingesetzt und bietet viele Vorteile: Anhänger der Kategorie *R* kosten um ein Vielfaches weniger als Anhänger der Kategorie *O4* und können leichter von Traktoren gezogen werden. Außerdem ist mit dieser Kombination eine Befahrung von steilem Gelände und engen Straßen leichter möglich, teilweise kann auch im Bestand gefahren werden. Der Nachteil an dieser Kombination ist vor allem ein deutlich geringeres Volumen, das pro Anhänger transportiert werden kann.

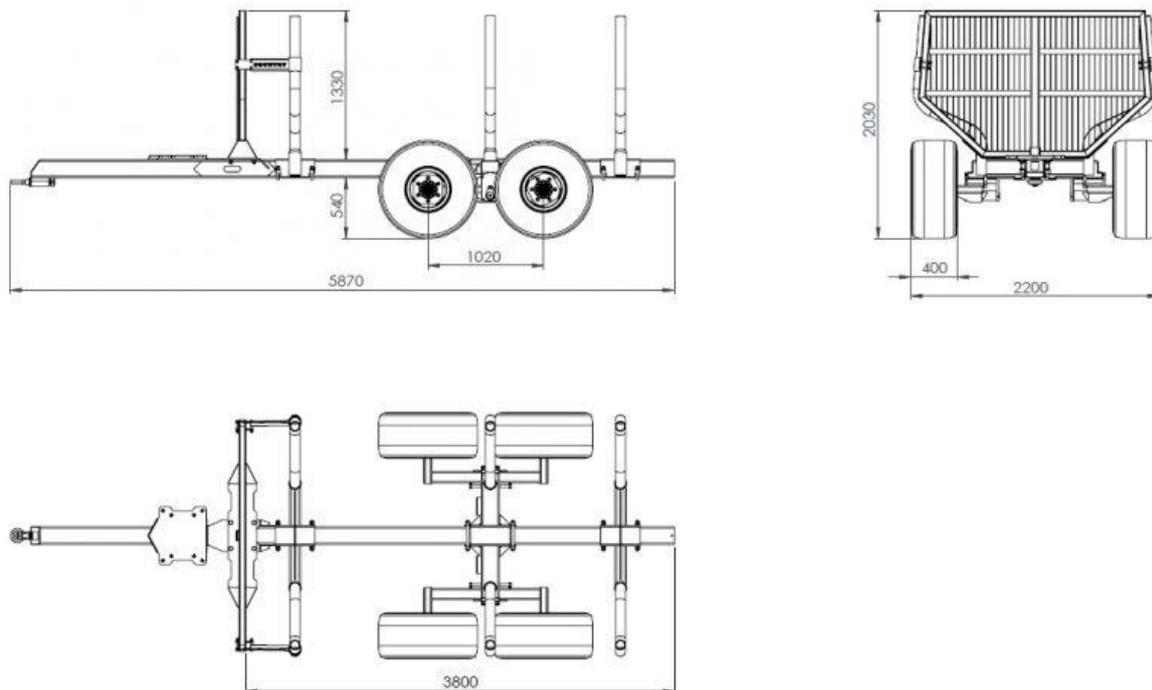


Abbildung 7: Illustration der Anhängerklasse R (Quelle: Rohse Fahrzeugtechnik, 2021)

Um nun die Anzahl der Rungen-LKWs und -Anhänger auszumachen, wurden zwei Statistiken herangezogen: einerseits eine Statistik mit einer Gesamtübersicht der Rungen-LKWs bzw. -Anhänger auf nationaler Ebene für den Zeitraum 2006 – 2020, andererseits eine genauere Übersicht auf Meldebezirksebene für den Zeitraum 2016 – 2020. Anhand der Statistik lässt sich feststellen, wie viele Rungen-LKWs und -Anhänger es seit 2006 in Österreich insgesamt gibt und wie sich der Bestand über diesen Zeitraum entwickelt hat. Die Daten zeigen den aktuellen Stand der gesamten zugelassenen Fahrzeuge des jeweiligen Jahres. Mithilfe der detaillierteren Statistik auf Meldebezirksebene lassen sich Rungen-LKWs und -Anhänger regional zuordnen.

Tabelle 2 zeigt die Übersicht der Fahrzeugarten Rungen-LKWs (*Lastkraftwagenklasse N3*) bzw. der Rungen-Anhänger (*Anhängerklasse R, O1-O4*) auf nationaler Ebene für den Zeitraum 2006 – 2020. Anzumerken ist, dass die Klassifizierung in der Darstellung der Statistik Austria hier die erste der beiden Aufbauarten, also Rungen, sowohl in die Klassen *F Rungen* als auch in *MN Rungen* einteilt. Aus Gründen der Einfachheit wurden diese beiden Aufbauarten zusammengefasst. Dazu ist zu erwähnen, dass die Zahl der Rungen-LKWs und der Rungen-Anhänger mit Ausnahme der Klassen *O1* und *O3* im genannten Zeitraum kontinuierlich gestiegen ist. Das deckt sich mit den Ergebnissen bei Becker (2019) für Deutschland. Lediglich im Jahr 2020 stagnierte bzw. sank die Zahl der meisten Fahrzeugarten.

Für den Holztransport per Rungen-LKW und -Anhänger sind offensichtlich die Fahrzeugarten *N3, R* und *O4* mengenmäßig am bedeutendsten (vgl. Tabelle 2), die Veränderung der Anzahl dieser Fahrzeugarten im Zeitverlauf ist in Abbildung 8 dargestellt. Demnach ist für alle drei gängigen Fahrzeugarten ein stetiges Wachstum zu bemerken, vor allem für die Fahrzeugart *Anhängerklasse R*. Es sei an dieser Stelle jedoch darauf hingewiesen, dass die Erfassung der Daten für die Anhängerklasse R, vor allem in früheren Jahren, fraglich scheint, und die Zahl der Anhänger R offensichtlich unterschätzt wurde. In der Realität muss die Zahl der Anhänger der Klasse R höher gelegen sein. Weiters ist beim Anstieg der Anzahl der *Fahrzeugarten N3* und *O4* eine Abflachung im

Jahr 2018 auf 2019 und sogar eine geringfügige Senkung von 2019 auf 2020 zu erkennen. Letzteres kann mit der Covid-19-Pandemie und der damit verbundenen Wirtschaftskrise zusammenhängen.

Tabelle 2: Anzahl der Rungen-LKWs/-anhänger im Zeitraum 2006 – 2020 (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Statistik Austria, Abteilung Kraftfahrzeuge, 2021)

Aufbauart Rungen F/MN	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Lastkraftwagenklasse N3	462	523	637	691	716	813	892	935	1.010	1.043	1.096	1.129	1.199	1.227	1.189
Anhängerklasse R	1	5	7	12	29	58	98	153	216	296	356	428	539	636	726
Anhängerklasse O1	10	11	12	15	15	16	15	16	16	14	14	14	14	16	22
Anhängerklasse O2	19	19	19	22	25	28	29	38	55	63	64	67	79	81	83
Anhängerklasse O3	21	19	19	21	22	22	22	20	20	19	21	21	21	21	19
Anhängerklasse O4	811	885	1.045	1.122	1.160	1.239	1.319	1.329	1.384	1.419	1.486	1.528	1.609	1.690	1.650
	1.324	1.462	1.739	1.883	1.967	2.176	2.375	2.491	2.701	2.854	3.037	3.187	3.461	3.671	3.689

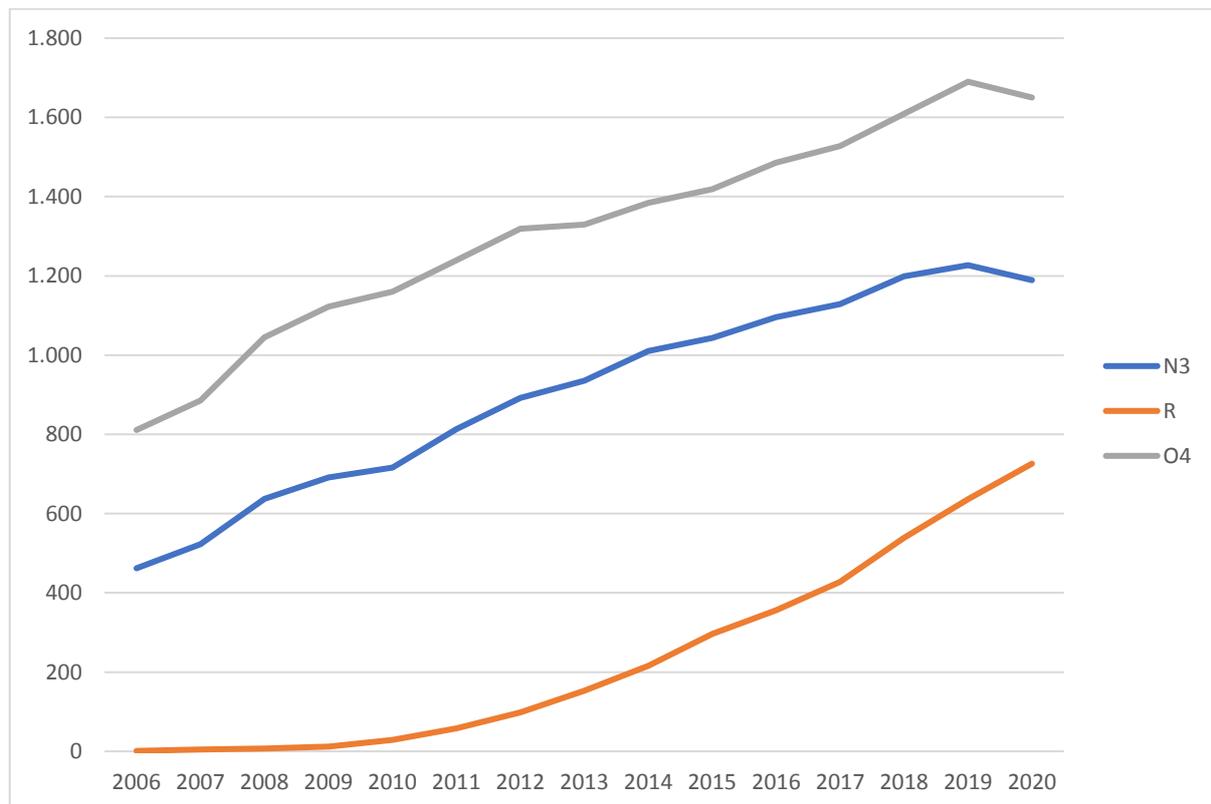


Abbildung 8: Anzahl Aufbauart F/MN Rungen gängige Modelle (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Statistik Austria, Abteilung Kraftfahrzeuge, 2021)

Vergleicht man diese Entwicklung mit dem Holzeinschlag der letzten Jahre (vgl. Abbildung 9) deckt sich der Anstieg der LKWs der Klasse N3 mit der geernteten Holzmenge: auch bei der Holzerntemenge gibt es, langfristig einen Anstieg (von ca. 13,5 Mio. Festmeter im Jahr 2000 auf ca. 19 Mio. Festmeter im Jahr 2018), sowie eine Abflachung der Kurve bzw. eine Senkung für die Jahre 2018 und 2019 (ca. 18,5 Mio. Festmeter). Eine Ausnahme ist der Zeitraum 2006 – 2008, in denen die Holzerntemengen deutlich höher waren (über 20 Mio. Festmeter). Diese Ausreißer aus dem langjährigen Trend der Holzerntemenge finden sich bei der Entwicklung der Rungen-LKWs bzw. -Anhänger nicht wieder. Trotzdem mussten diese höheren Erntemengen aus dem Wald abtransportiert werden. Der Schadholzanteil am Gesamteinschlag war, 2007 mit fast 50%, aber vor allem im Jahr 2008, mit über 60%, sehr hoch (Beiglböck, 2021). In Jahren mit besonders hohen Schadholzmengen werden andere Mechanismen in der Holzlieferkette geschaltet: Einerseits ließe sich die überdurchschnittliche Transportleistungen dadurch erklären, dass Holzfrachtunternehmen in diesen Jahren besonders gut ausgelastet waren und mehr Holzmengen als sonst transportiert haben.

Andererseits werden bei großen Schadholzereignissen Holzläger als Puffer in der Holzlieferkette befüllt, um das Schadholz schnell aus dem Wald abzutransportieren und um es dann bedarfskonform zur Industrie zu transportieren (vgl. Kapitel 3.6). Schließlich wird auch per Bahn, besonders bei Schadholzereignissen, mehr Holz transportiert.

Entwicklung der Einschlagsmenge

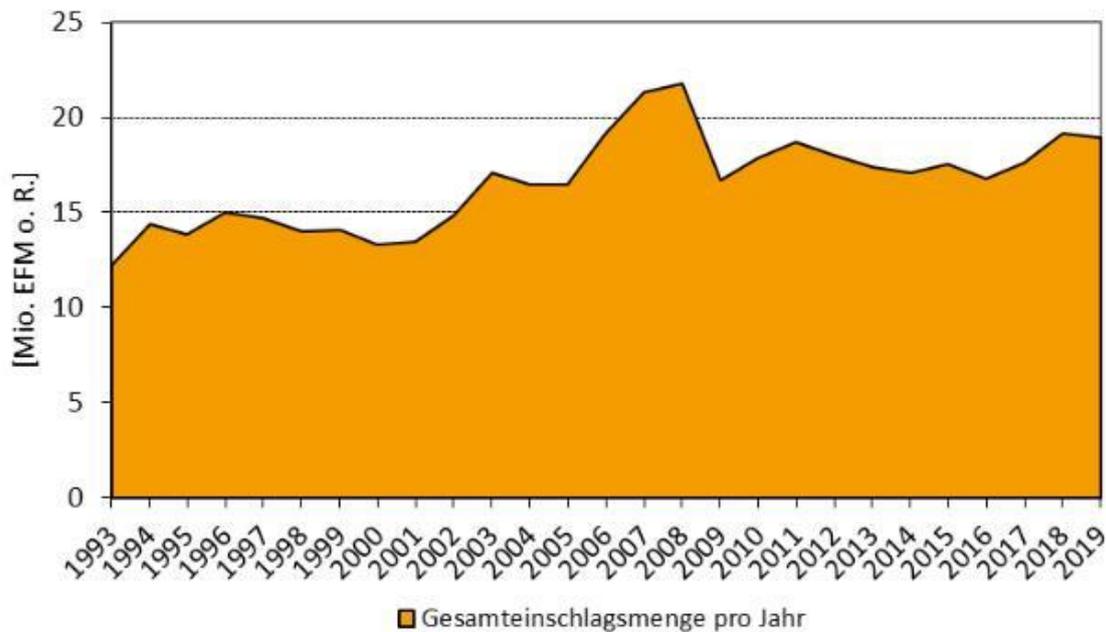


Abbildung 9: Entwicklung der Einschlagsmengen in den Jahren 1993-2019 (Quelle: BMK Infothek, 2020b)

Die Anhängerklassen O1, O2 und O3 sind Spezialmodelle, die weniger zum Einsatz kommen (vgl. Tabelle 2). Die Veränderung der Anzahl dieser Anhängerklassen im Zeitverlauf ist in Abbildung 10 dargestellt. Vor allem die *Anhängerklasse O2* verzeichnete über den dargestellten Zeitraum ein kräftiges Wachstum, während die beiden anderen *Anhängerklassen O1* und *O3* abnahmen bzw. stagnierten. Stand 2020 wurden also 1.189 Rungen-LKWs in Österreich registriert. Gleichzeitig wurden 1.650 Rungen-Anhänger der Klasse O4 sowie 726 Rungen-Anhänger der Klasse R erfasst.

Der Grund des starken Anstiegs der Anhängerklasse O2, mit der zwischen 750 Kilogramm und 3,5 Tonnen transportiert werden dürfen, ist nicht genau bekannt. Mögliche Gründe für den Anstieg könnten jedoch einerseits die forcierte Nutzung im Kleinwald sein, da für den Abtransport geringer Holzmengen oft kein großer Anhänger (z.B. der Klasse O3) notwendig ist. Andererseits kann der Anstieg auch mit einer konsequenteren Datenerfassung durch die Zulassungsbehörden bzw. die Statistik Austria erklärt werden.

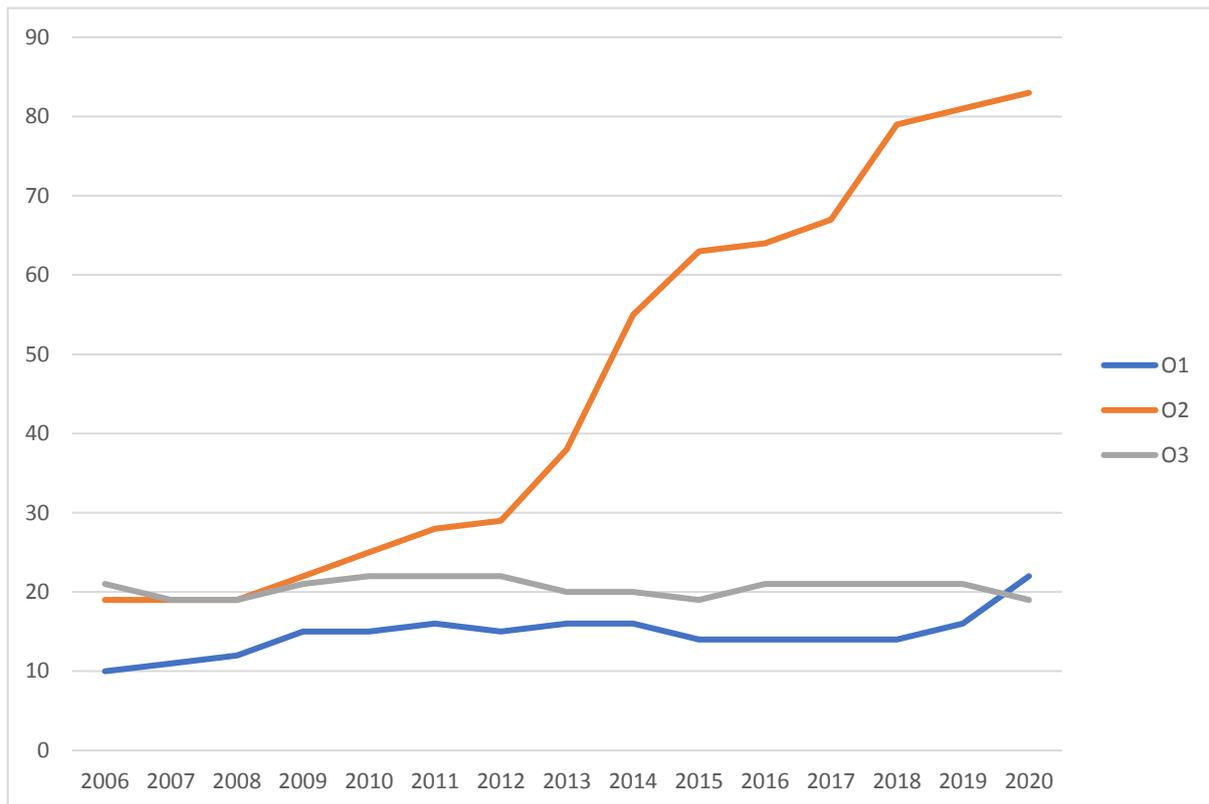


Abbildung 10: Anzahl der Anhängerklassen der Aufbauart F/MN Rungen, Spezialmodelle (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Statistik Austria, Abteilung Kraftfahrzeuge, 2021)

Schließlich wurden die Daten der Anhängerklassen O3/O4 für den Zeitraum 2016 – 2020 bezüglich des Anteils der Sattelaufleger analysiert. Während im Jahr 2016 nur 252 der 1.507 (16,7%) registrierten Anhänger Sattelaufleger waren, waren es im Jahr 2020 330 von 1.669 (19,8%). Dieser Trend ist für den gesamten Zeitraum zu erkennen, mit besonders starkem Wachstum von 2018 auf 2019 und mit einer Abflachung des Wachstums von 2019 auf 2020 (vgl. Abbildung 11). Es stieg nicht nur die absolute Anzahl der Sattelaufleger, sondern auch der Anteil der Sattelaufleger in Bezug auf die Gesamtzahl der Anhänger. Dies könnte durch den vermehrten Einsatz von gebrochenen Transportketten (gestaffelt unimodaler Transport) erklärbar sein.

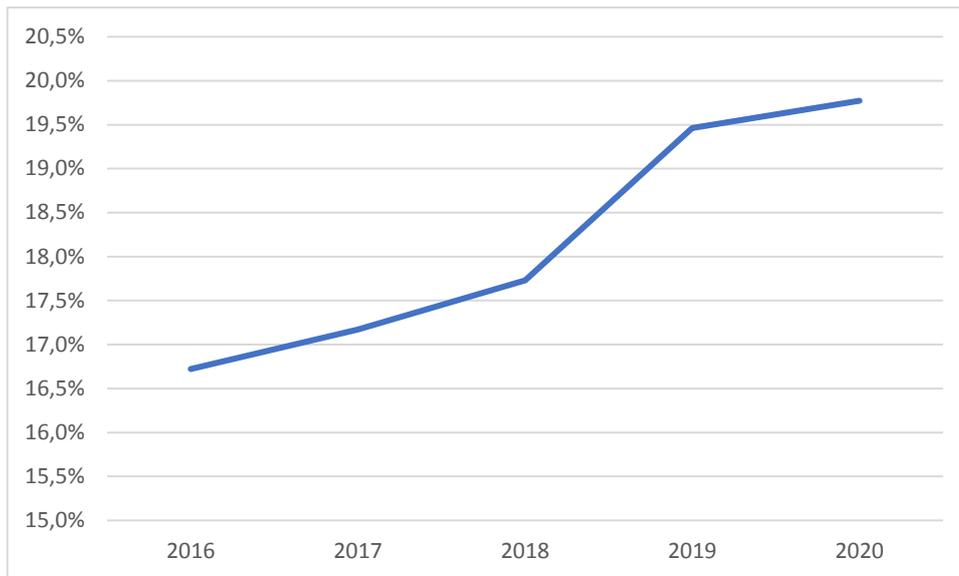


Abbildung 11: Anteil der Sattelaufleger in den Anhängerklassen O3/O4 (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Statistik Austria, Abteilung Kraftfahrzeuge, 2021)

Als zweite Aufbauart ist die Aufbauart **17 Langholz** definiert (vgl. Abbildung 12, Abbildung 19). Tabelle 3 zeigt die Entwicklung dieser Aufbauart für die Jahre 2016 – 2020. Langholz-LKWs bzw. -Anhänger spielen mengenmäßig eine untergeordnete Rolle im österreichischen Holztransport, weil Langholz für die österreichische Holzlieferkette weniger wichtig als Kurzholz ist. Das hat mehrere Gründe: Langholz ist zum einen schwerer zu rücken, zum anderen benötigt es mehr Platz bei der Lagerung, und zudem ist es noch schwerer zu transportieren (aufgrund höherer Schwenkradien). Industriell ist Langholz schwerer zu verarbeiten. Werden höhere Längen etwa von Holzbaufirmen gefordert, so wird dies oft durch das Verkleben von sogenannten Leimbindern erreicht. Schließlich ist die Ausbeute beim Einschnitt von Langholz geringer als bei Kurzholz. Trotzdem ist auch hier eine starke Zunahme an Registrierungen zu bemerken.



Abbildung 12: Beispiel eines LKWs mit Aufbauart 17 Langholz (Quelle: forstpraxis.de, 2018)

Tabelle 3: Anzahl Langholz-LKWs/-anhänger im Zeitraum 2016 – 2020 (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Statistik Austria, Abteilung Kraftfahrzeuge, 2021)

Aufbauart 17 Langholz	2016	2017	2018	2019	2020
Lastkraftwagenklasse N3	1	1	3	18	65
Anhängerklasse R	-	-	-	-	-
Anhängerklasse O1	-	-	-	-	-
Anhängerklasse O2	-	-	-	-	-
Anhängerklasse O3	-	-	-	-	-
Anhängerklasse O4	1	1	50	125	224
	2	2	53	143	289

Die folgenden drei Abbildungen zeigen die Veränderung der Anzahl der Fahrzeugart N3 im Zeitverlauf für die Aufbauart F bzw. MN Rungen. Aus Abbildung 13 lässt sich schließen, dass in der Steiermark (284) mit großem Abstand die meisten Fahrzeuge der LKW-Klasse N3 registriert wurden. Allerdings zeigt die Zeitreihe einen sinkenden Trend der Anzahl der Rungen-LKWs; die meisten LKWs scheinen 2018, nach einem geringen Rückgang 2016 und 2017, auf. Die Bundesländer Kärnten (207), Oberösterreich (200) und Niederösterreich (199) verzeichnen für 2020 alle eine ähnlich große Anzahl an LKWs der Klasse N3. In diesen drei Bundesländern gab es in den Jahren 2015 – 2019 ein bemerkbares Wachstum, jedoch stagnierte bzw. sank dann dort die Anzahl der LKWs von 2019 auf 2020. Für die beiden Bundesländer Salzburg und Tirol lässt sich über den Betrachtungszeitraum kaum eine Veränderung bei der Anzahl der LKW-Klasse N3 erkennen. Die Bundesländer Vorarlberg und Burgenland, aber vor allem Wien, spielen, bezogen auf die Anzahl der LKWs der Klasse N3, eine untergeordnete Rolle im österreichischen Holztransport.

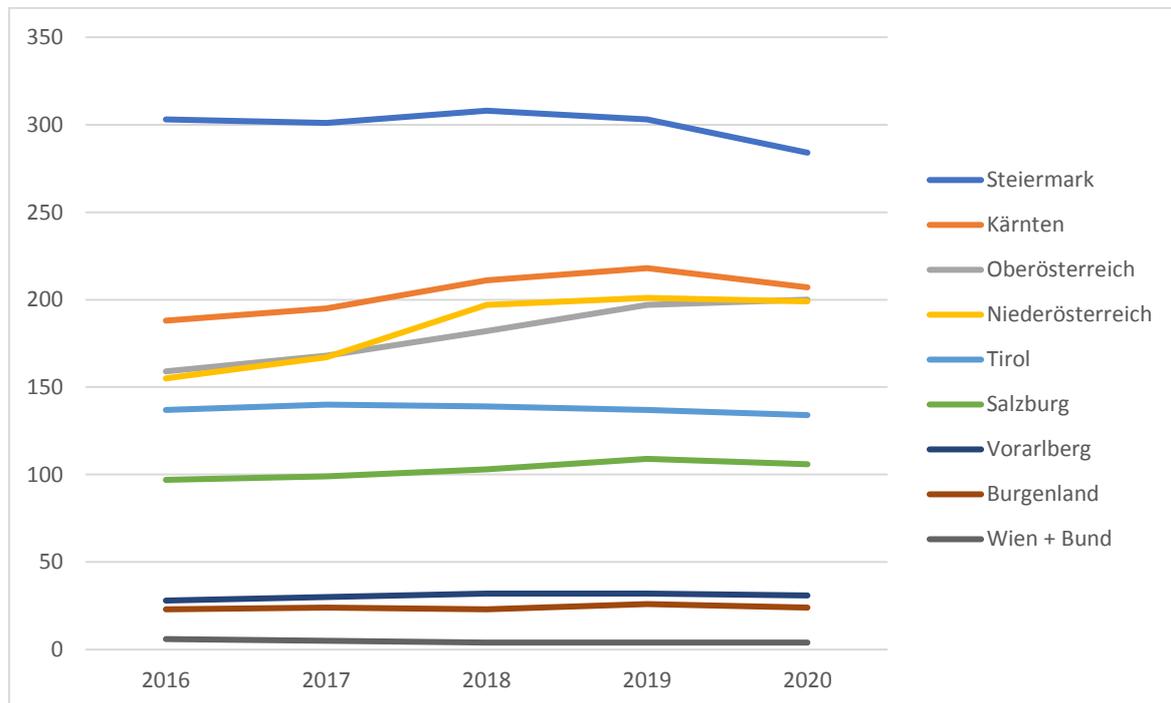


Abbildung 13: Anzahl Aufbauart F/MN Rungen Fahrzeugart N3 auf Bundesländerebene (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Statistik Austria, Abteilung Kraftfahrzeuge, 2021)

Ein ähnliches Bild zeigt sich aus der Abbildung 14: Die Steiermark verzeichnete 2020 mit großem Abstand die meisten Anhänger der Klassen O3 und O4 (425). Dieser Wert liegt jedoch deutlich unter dem Höchstwert aus dem Jahr 2019 (457), der die Spitze des konstanten Wachstums über den Betrachtungszeitraum darstellt. Konstantes Wachstum mit einer dann folgenden Stagnation bzw. geringen Senkung ist auch für Kärnten (299), Oberösterreich (268) und Niederösterreich (256)

festzustellen. Deutlich weniger Veränderungen sind wiederum für Tirol (191) und Salzburg (137) zu erkennen. Ähnlich wie bei den LKWs der Klasse *N3* bilden die drei Bundesländer Vorarlberg, Burgenland und Wien die Schlusslichter für die *Anhängerklassen O3* bzw. *O4*, jedoch wurden 2020 in Vorarlberg immerhin 65 Anhänger verzeichnet.

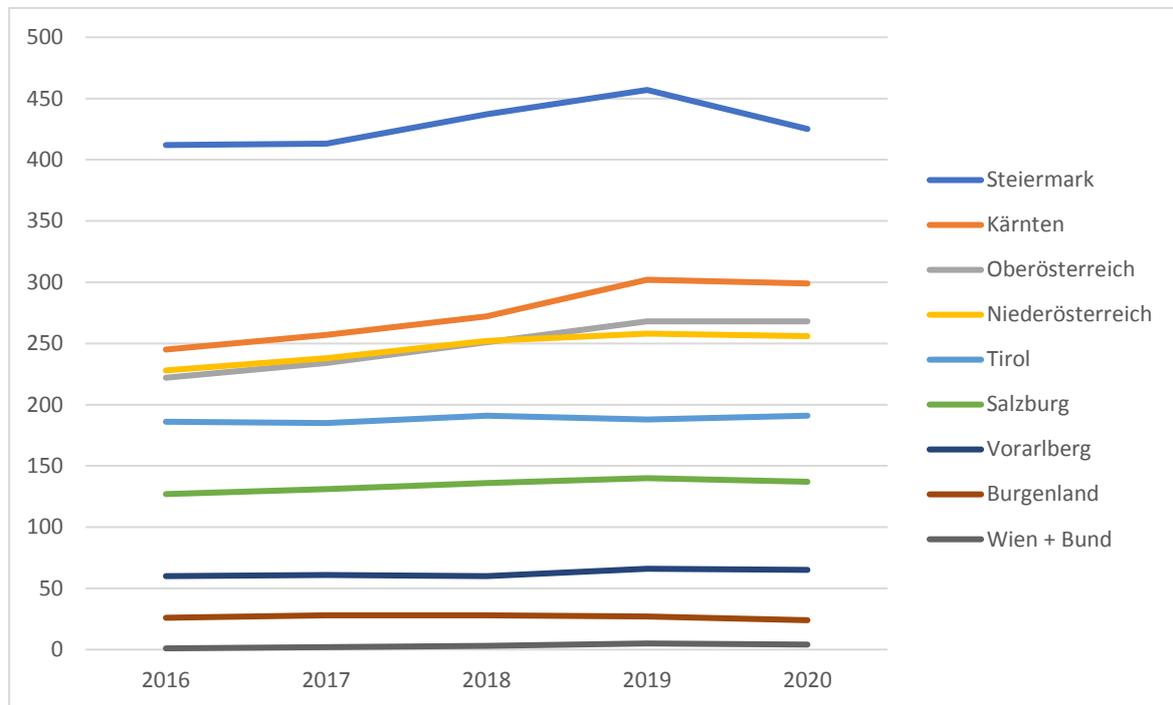


Abbildung 14: Anzahl Aufbauart F/MN Rungen Anhängerklassen *O3* bzw. *O4* auf Bundesländerebene (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Statistik Austria, Abteilung Kraftfahrzeuge, 2021)

Ein etwas anderes Bild im Vergleich zur Fahrzeugklasse *N3* bzw. den Anhängerklassen *O3* und *O4* ist für die *Anhängerkategorie R* in der Abbildung 15 zu erkennen: Im Allgemeinen ist der Zuwachs pro Bundesland stärker; außerdem ist keine starke Abflachung des Wachstums oder Senkung von 2019 auf 2020 aufgrund der Covid-19-Pandemie (wie für *N3* bzw. *O3* und *O4*) festzustellen. Für einige Bundesländer gab es in diesem jüngeren Zeitraum sogar einen Zuwachs. Anders als bei den anderen Anhängerklassen liegt das Bundesland Oberösterreich mit großem Abstand (281) vor der Steiermark (142). Beide Bundesländer haben über die letzten Jahre ein starkes Wachstum vorzuweisen, wieso es in Oberösterreich deutlich mehr Anhänger dieser Klasse gibt, ist nicht bekannt, ein möglicher Grund könnte wiederholt eine andere/konsequenterer Registrierung auf Seiten der Zulassungsbehörden sein. Im Jahr 2020 erreichte die Anzahl an Anhänger der *Anhängerkategorie R* (726) weniger als die Hälfte der *Anhängerklassen O3* und *O4* (1.669), jedoch war das Verhältnis im Jahr 2015 in etwa nur 1:5. Daraus lässt sich ableiten, dass die *Anhängerkategorie R* in den letzten Jahren stark gewachsen ist und ihre Bedeutung zugenommen hat. Ähnlich wie bei den anderen Anhängerklassen haben die drei Bundesländer Wien, Vorarlberg und Burgenland einen nur geringen Anteil an dieser Anhängerklasse.

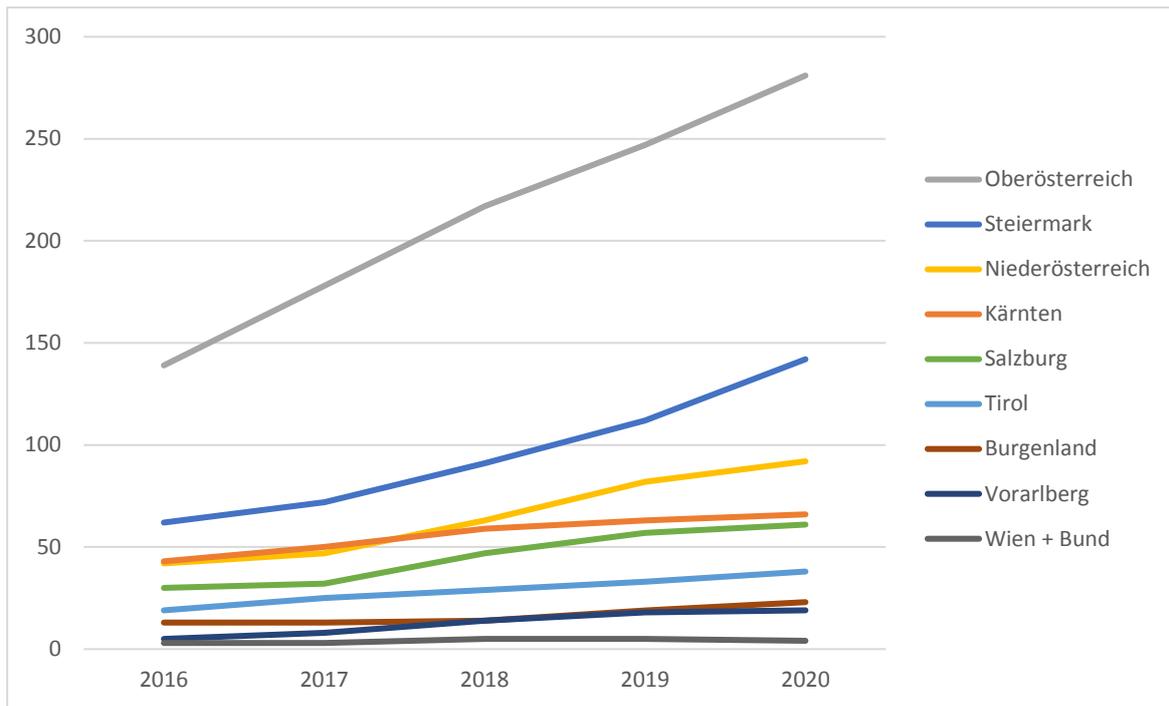


Abbildung 15: Anzahl Aufbauart F/MN Rungen Anhängerklasse R auf Bundesländerebene (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Statistik Austria, Abteilung Kraftfahrzeuge, 2021)

Zusammenfassend lässt sich aus den in diesem Kapitel dargestellten Ergebnissen also schließen, dass die Zahl der meisten Fahrzeugarten über die letzten Jahre kontinuierlich gestiegen ist, die Auswirkungen der Covid-19-Pandemie jedoch das Wachstum gebremst hat. Rohholz wird in Österreich hauptsächlich durch LKWs der LKW-Klasse N3 transportiert, die Zahl der Rungen-LKWs stieg in den Jahren von 2010 bis 2020 von 716 auf 1.189. Da es immer mehr Betriebsschließungen gibt (vgl. Kapitel 3.1.2.1), die Zahl der LKWs aber in den letzten Jahren gestiegen ist, steigt demnach die durchschnittliche Zahl an LKWs pro Betrieb. Aber auch Traktoren sind für den Holztransport, besonders im Kleinwald, von Bedeutung. Zahlenmäßig sind die *Anhängerklassen O4* und *R* am relevantesten für den Holztransport; bei beiden Klassen ist ein starkes Wachstum über die letzten Jahre zu verzeichnen. Es gibt deutlich mehr Anhänger (gesamt 2.500) als LKWs (1.189). Die Spezialmodelle (*Anhängerklassen O1-O3*) machen eine beträchtlich geringere Anzahl bei den Rungen-Anhängern aus, wobei ein starker Zuwachs in der *Anhängerklasse O2* zu verzeichnen ist.

Die Zunahme der Anhänger der Klasse *R* sowie der steigende Anteil der Sattelaufleger in der Klasse *O* deuten darauf hin, dass, sowohl der Anteil des gestaffelten unimodalen Transportes (bzw. in englischer Literatur: „*multi echelon unimodal transport*“), als auch der Anteil der Holztransporte, in denen Holz durch Rückewägen – und nicht durch LKW-Anhänger – transportiert wird, steigt. Einerseits ist ein steigender Anteil des gestaffelten unimodalen Transportes vonnöten, um dem Fahrer*innenmangel entgegenzuwirken, andererseits ist ein Umladen von Kran-LKWs auf Sattelaufleger erst ab einer gewissen Distanz rentabel. Je größer das Gebiet ist, aus dem z.B. Sägewerke Rohholz beschaffen, umso wichtiger werden demnach auch Sattelaufleger für den Holztransport. Besondere Bedeutung kommt dem Holztransport mit Traktor und Rückewagen zu, wenn die Distanz zum Sägewerk klein ist, Holz entweder aus dem Kleinwald oder von schwer zu erreichenden Poltern transportiert werden soll. Außerdem können im Fall von großen Schadholzmengen solche Holztransporte helfen, Engpässe zu überwinden, weil sie flexibler sind.

Auf Bundesländerebene lässt sich zusammenfassen, dass in der Steiermark die meisten Rungen-LKWs und -Anhänger (mit Ausnahme der *Anhängerklasse R*) registriert wurden. Die Bundesländer Kärnten,

Oberösterreich und Niederösterreich sind, bezogen auf die Anzahl der Rungen-LKWs und -Anhänger, in derselben Größenordnung und auch die Entwicklung über die letzten Jahre ist vergleichbar. Die Bundesländer Burgenland und Vorarlberg, aber vor allem Wien verzeichnen nur eine geringe Anzahl an Rungen-LKWs und -Anhängern. Sowohl Langholz-LKWs (*Fahrzeugklasse N3*) als auch Langholz-Anhänger (*Anhängerklasse O4*) sind mengenmäßig, im Vergleich zu Rungen-LKWs und -Anhängern, in nur sehr geringer Zahl vertreten. Allerdings zeigt diese Fahrzeug- bzw. Anhängerklasse ein veritables Wachstum über die letzten Jahre.

3.1.3 Akteure der Holzverarbeitenden Industrie

Die österreichische Holzindustrie (diese umfasst die Sägeindustrie, die Holzbauindustrie, die Plattenindustrie, die Möbelindustrie, die Skiindustrie sowie etliche kleine Industrien wie Paletten- und Sargindustrie) stellt den größten Teil der Holzverarbeitenden Industrie dar. 2019 umfasste sie 1.266 Betriebe, erwirtschaftete ein Produktionsvolumen von ca. 8,3 Mrd. € und exportierte Waren im Wert von knapp 6 Mrd. € (Fachverband der Holzindustrie, 2019). Jährlich benötigt die Holzverarbeitende Industrie (Holzindustrie inklusive holzbasierter Bioenergie, Pelletsindustrie) ungefähr 40 Mio. fm Holz (BMK, 2018), das durch Holzimporte, den Holzeinschlag und sonstiges Holzaufkommen gedeckt wird. 2014 war Österreich sogar nach China der in absoluten Mengen zweitgrößte Importeur von Holz weltweit (8,1 Mio. fm) (Der Standard, 2014). Die verschiedenen Industrien benötigen für ihre Produktion unterschiedliche Holzsortimente, aber auch unterschiedliche Baumarten. Dabei besteht, wie in vielen anderen Märkten auch, ein Konkurrenzkampf um den Rohstoff Holz. Die Holzverarbeitende Industrie ist ein wesentlicher Teil der Holzlieferkette, in ihr geschieht die Wertschöpfung vom Urprodukt durch stoffliche oder energetische Nutzung.

3.1.3.1 Sägeindustrie

Von den geernteten ca. 19 Mio. Festmetern Holz (ohne Rinde) gehen rund 10 Mio. Festmeter zunächst in die Sägeindustrie (BMLRT, 2020). Damit ist Österreich der neuntgrößte Schnittholzproduzent weltweit (Fachverband der Holzindustrie, 2019). Die größten Einzelströme in Österreich sind Rundholz aus dem Einschlag zur Sägeindustrie (9,8 Mio. fm) und Rundholz aus dem Import zur Sägeindustrie (Strimitzer et al., 2020). Das für die Sägeindustrie benötigte Sortiment Rundholz variiert einerseits nach Baumart (zum Beispiel Fichte, Lärche, Buche) und andererseits nach Qualität (A-C, D, Käferholz, etc.) (FHP, 2007). Im Jahr 2019 haben die ca. 1.000 Betriebe der österreichische Sägeindustrie mit insgesamt 6.000 Beschäftigten einen Umsatz von 2,4 Mrd. € erzielt. Die Exportquote liegt bei 60% (Fachverband der Holzindustrie, 2019). Der Einzugsradius eines österreichischen Sägewerks für die Rundholzversorgung im Inland liegt, abhängig von der Größe, bei durchschnittlich 150 km. Diese Gegebenheiten bringen – allein bezogen auf die Sägeindustrie – interessante Anforderungen an den Holztransport in Österreich mit sich. Je größer das Sägewerk, auf umso mehr Frächter*innen kann zurückgegriffen werden, umso flexibler kann auf örtliche Engpässe bzw. Flaschenhälse reagiert werden. Je größer das Sägewerk bzw. je mehr Holz verbraucht wird umso höher der Transportradius, da auch Holz aus nicht-regionalen Werken beschafft werden muss. Ab einer gewissen Distanz kommen dann andere Transportmodi zum Einsatz (Schnedl, 2021). Wichtige Akteure und Standorte der Sägeindustrie sind in Tabelle 4 gelistet.

Tabelle 4: Sägewerksstandorte in Österreichs nach dem jährlichen Einschnitt (Eigene Darstellung, Daten: Größte Sägewerke in Österreich 2019, Holzkurier, Datum: 7.1.2020)

Rang	Unternehmen	Standorte	Einschnitt 2019 [1.000 fm]
1	Mayr-Melnhof Holz Holding	Leoben	1.300
2	Holzindustrie Maresch	Retz	1.290
3	Stora Enso Wood Products	Ybbs	1.190
4	Binderholz	Fügen	1.050
5	Hasslacher Norica Timber	Sachsenburg, Preding	850
6	Stora Enso Wood Products	Brand	770
7	Donausäge Rumpfmayr	Enns, Altmünster	750
8	VM-Holz	Vöcklamarkt	660
9	Pfeifer Holzindustrie	Kundl	600
10	Stora Enso Wood Products	Bad St. Leonhard	590
11	Brüder Theurl	Assling	500
12	Mosser Holzindustrie	Wolfpassing	350
13	Gebrüder Steininger	Rastenfeld	330
14	Troger-Holz	Vomp	325
15	Rubner Holzindustrie	Rohrbach/Lafnitz	310
16	Hasslacher Norica Timber	Preding	275
17	Schößwendter Holz	Saalfelden	250
18	Hasslacher Hermagor	Hermagor	180
19	Egger Holz	Liezen	140
20	Neuschmied Holz	Hopfgarten/Brixental	130
21	Holzindustrie Kaml & Huber	Rottenmann	120
22	Holzindustrie Kirnbauer	Prigglitz	120
23	Schaffer Sägewerk & Holzexport	Eppenstein	105
24	Planegger Holz	Launsdorf	100
		Summe	12.285

Auch in der vor allem durch Klein- und Mittelbetriebe charakterisierten Sägeindustrie (mit vielen Familienbetrieben) kam es in der Vergangenheit zu Konzentrationsprozessen: Die Anzahl der Sägewerke sank, dafür stieg der Einschnitt pro Werk. Je höher der Einschnitt eines Sägewerkes ist, umso größer ist im Allgemeinen der Beschaffungsradius des Holzes, umso mehr Holzfrachtunternehmen werden für den Holztransport engagiert und desto eher gibt es eigene Bahnanschlüsse (Von Bodelschwingh, 2005). Die in Tabelle 4 aufgelisteten 24 größten Sägewerke Österreichs schneiden zusammen über 12 der ca. 20 Mio. fm ein (Strimitzer et al., 2020).

Hohe Schadholzmengen in den letzten Jahren (vor allem im Nordosten des Landes), enorme Schadholzimportmengen (überwiegend aus Tschechien) und das saisonal auftretende Sommerloch in der Holzernte waren prägend für die österreichische Sägeindustrie. Die Sägeindustrie profitierte jedoch i.d.R. vom unterdurchschnittlich niedrigen Rundholzpreis in den vergangenen Jahren. Grundsätzlich hat sich die Holzindustrie gut mit den verfügbaren Schadholzmengen versorgen können, durch diese gute Verfügbarkeit war der preisliche Anreiz für die Bereitstellung von frischem Rundholz nicht vorhanden. Es wurde weniger Frischholz geerntet, vor allem im Kleinwald. Die Corona-Pandemie beeinflusste die Sägeindustrie erheblich: Da die Sägeindustrie stark exportorientiert ist und Exporte vor allem im ersten Lockdown im Frühling 2020 deutlich eingeschränkt waren, konnte die Sägeindustrie weniger Schnittholz beispielsweise nach Italien oder Deutschland verkaufen, zudem herrschte große Unsicherheit (Holzkurier, 2020). Grundsätzlich waren

der Schnittholzpreis sowie der Rundholzpreis bis ca. zum letzten Quartal 2020 auf einem niedrigen Niveau. Die Rundholzpreise waren, v.a. durch die enormen Schadh Holz mengen, teilweise sehr günstig. Schon damals war der Schnittholzpreis weniger an den Rundholzpreis gekoppelt als zuvor. Der Zeitraum vom erstem bis zum dritten Quartal 2021 war gezeichnet von einer hohen Dynamik am Schnittholzmarkt; Quartalspreise sind durch Monatspreise bzw. Wochenpreise abgelöst worden, es kam zu einer Preisexplosion von Schnittholz und den daraus gewonnenen Bauprodukten (z.B. Leimbinder). Das ist auf mehrere Gründe zurückzuführen: Gestörte Lieferketten, überdurchschnittliche Nachfrage nach Holz aus der Bevölkerung, da viel (Urlaubs)Geld in Wohnungen, Häuser oder Renovierungen geflossen ist, niedrige Zinsen und der damit verbundene Immobilienboom, Aufschwung im Do-it-yourself-Bereich, usw. Der Rundholzpreis war dann gänzlich abgekoppelt vom Schnittholzpreis und ist langsamer gestiegen als der Schnittholzpreis, da die befürchteten Schadh Holz mengen nicht eingetreten sind. Die Lieferzeiten waren häufig deutlich länger als bisher, weswegen größere Mengen Rundholz, als sonst üblich, auf einmal und von mehreren Rundholzverkäufern bestellt wurden. Das führte dann aber auch dazu, dass die Einkaufsmenge nicht mehr dem tatsächlichen Bedarf widerspiegelt hat, was schlussendlich zu vollen Lägern und einem starken Preissturz von Schnittholz im letzten Quartal 2021 geführt hat. Die Rundholzpreise blieben allerdings mehr oder weniger stabil (Köhl, 2022).

Die österreichische Sägeindustrie ist aufgrund der im Produktionsprozess anfallenden Sägenebenprodukte (ca. 40% des Einschnittes laut Niederacher (2021) und Knaus (2019)), die für Pellets, Platten, Papier- und Zellstoff und andere stoffliche Nutzungen sowie für die thermische Verwertung benötigt werden, auch ein wesentlicher Rohstofflieferant. Einerseits benötigt die Sägeindustrie große Mengen an Holz aus den heimischen Wäldern und aus dem Import, andererseits werden große Mengen von Schnittholz und Sägenebenprodukten aus der Sägeindustrie in die weiterverarbeitenden Industrien transportiert. Insofern beeinflusst die Sägeindustrie den Holztransport maßgeblich. Für den Transport von Rohholz für die Sägeindustrie sind die meisten Rungen-LKWs (Kran-LKWs und Sattel-LKWs) im Einsatz, für den Transport zwischen den Industrien, etwa für den Transport von Schnittholz zur Holzbauindustrie oder für den Transport von Sägenebenprodukten zu Plattenindustrie, kommen Planen-, Schubboden- oder Kipplastkraftwagen zum Einsatz. Die Betriebe der Sägeindustrie stehen in engen Austausch mit Holzfrachtunternehmen, über den elektronischen Lieferschein werden Mengen und Zeitraum an das Holzfrachtunternehmen weitergegeben. Bei der Anlieferung des Holzes gilt es zu beachten, dass LKW-Fahrer*innen die vom Sägebetrieb vorgesehenen Öffnungszeiten einhalten, andererseits, dass es zu möglichst wenig Anlieferungsspitzen kommt und die Ankunft der LKWs verteilt wird.

3.1.3.2 Holzwerkstoffindustrie (Plattenindustrie)

Im Unterschied zur Sägeindustrie, aber ähnlich der Papier- und Zellstoffindustrie, ist die Holzwerkstoffindustrie nicht durch Klein- und Mittelbetriebe gekennzeichnet, sondern durch wenige, große Akteure. Das ist einerseits durch Konzentrationsprozesse, andererseits und vor allem aber durch hohe Kapital- und Investitionskosten zu erklären (Von Bodelschwingh, 2005). Die österreichische Plattenindustrie hat im Jahr 2019 Holz und Holzprodukte im Ausmaß von 2,46 Mio. fm (davon 1,15 Mio. fm Industrierundholz und 1,31 Mio. fm Sägenebenprodukte) konsumiert; davon stammen 1,97 Mio. fm aus dem inländischen Holzeinschlag und 0,49 Mio. fm aus Importen (Fachverband der Holzindustrie, 2019). Zusätzlich dazu kommen noch ca. 1,05 Mio. fm Altholz, sodass sich ein Gesamtverbrauch von 3,51 Mio. fm für die Holzwerkstoffindustrie ergibt (de Menech, 2021).

Die Plattenindustrie besteht, laut Podlesnig (2020), aus den drei Unternehmen Egger (mit den österreichischen Produktionsstandorten in St. Johann in Tirol, Wörgl und Unterradlberg), Kaindl (mit österreichischem Standort in Wals) und Fundermax (mit österreichischen Standorten in St. Veit a. d.

Glan, Neudörfel und Wiener Neudorf). Sie produzieren Holzwerkstoffe wie Spanplatten, MDF, OSB und Dekorplatten. Die Exportquote liegt bei 80% (Fachverband der Holzindustrie, 2019); exportiert wird vor allem zur Möbelindustrie nach Deutschland und Italien.

Die Holzwerkstoffindustrie beschafft einerseits Sägenebenprodukte, die beim Wertschöpfungsprozess für Schnittholz entstehen, andererseits benötigt sie Industrierundholz, das aus dem Wald (mit Rungen-LKWs) transportiert werden muss. So müssen also zwei heterogene Transportabläufe am jeweiligen Standort koordiniert werden.

3.1.3.3 Papier- und Zellstoffindustrie

Die Papier- und Zellstoffindustrie ist vor allem aufgrund der hohen Errichtungskosten der Papier- und Zellstoffanlagen durch wenige große Akteure charakterisiert, der Grad der Modernisierung ist der höchste in der Holzlieferkette (von Bodelschwingh, 2005). Die in der Papier- und Zellstoffindustrie betriebenen Produktionsstätten lassen sich in die drei Kategorien Halbstoffhersteller, Papierfabriken (Verarbeitung von Halbstoffen zu Papier) und integrierte Papierfabriken (Halbstoff- und Papierherstellung an einem Standort) unterteilen (Klima- und Energiefonds, 2018). Die Papier- und Zellstoffindustrie erwirtschaftete im Jahr 2019 einen Umsatz von 4,2 Mrd. € und beschäftigte 8.020 Mitarbeiter*innen an 24 Standorten. Es wurden 5 Mio. Tonnen Papier (nämlich 2,4 Mio. Tonnen Verpackungspapier, 2,3 Mio. Tonnen graphische Papiere und 310.000 Tonnen Spezialpapiere) produziert. Die Exportquote lag bei 87,7% (Austropapier, 2019).

Im selben Jahr wurden ca. 2,1 Mio. Tonnen Zellstoff (Papierzellstoff mit dem größten Anteil, gefolgt von Textilzellstoff und Holzstoff) produziert. Die Papier- und Zellstoffindustrie hatte nach eigenen Angaben im Jahr 2019 einen Holzbedarf von 8,9 Mio. fm Holz. Dabei konnte der Importanteil von Holz, das für die Produktion verwendet wird, auf 30% gesenkt und so mehr heimisches Holz genutzt werden. Diese Entwicklung hing mit den hohen Schadholzmengen des Jahres 2019 zusammen. 4,8 Mio. fm kamen als Input in Form von Hackschnitzeln aus der Sägeindustrie; 4,1 Mio. fm waren Durchforstungsholz (Rundholz) (Austropapier, 2019).

Der größte Produzent ist die Heinzl Group (mit Produktionsstandort in Pöls) mit einem Verbrauch von 2,3 – 2,5 Mio. fm, gefolgt von Mondi (mit den österreichischen Produktionsstandorten in Frantschach, Hausmending und Kematen/Ybbs) mit einem Verbrauch von 1,45 – 1,5 Mio. fm und Sappi (mit dem österreichischen Produktionsstandort in Gratkorn) mit einem Verbrauch von 1,2 Mio. fm. Die drei größten Unternehmen haben also zusammen einen Holzverbrauch von rund 5 Mio. fm. Die nächstgrößeren Standorte sind (mit etwa gleich hohem Verbrauch) Smurfit Kappa (Haid) und AustroCel Hallein (Hallein), Lenzing Papier (Lenzing) und Norske Skog (Bruck a.d. Mur) (Austropapier, 2021).

Ähnlich wie bei der Plattenindustrie beschafft die Papier- und Zellstoffindustrie sowohl Sägenebenprodukte als auch Industrierundholz. Die Anforderungen an den Holztransport sind daher ähnlich wie bei der Plattenindustrie. Jedoch gibt es bei einigen Akteuren die Papierholz Austria als gemeinsame Einkaufsgesellschaft (vgl. 3.1.4.2), die zentral Transportaufträge vergibt, flächendeckend agiert und mit wesentlich mehr Holzfrachtunternehmen zusammenarbeitet.

3.1.3.4 Biomasse- und Bioenergieindustrie

Im Bereich der thermischen Nutzung von Holz und Holzprodukten kann man prinzipiell drei Produktkategorien unterscheiden. Erstens Produkte, die direkt aus dem Wald kommen, wie z.B. Waldhackgut und Brennholz. Diese Produkte werden von fortwirtschaftlichen Betrieben erzeugt und verkauft. Zweitens unbehandelte Industrieprodukte, wie Sägespäne, Industriehackgut, Rinde und Holzstaub, die zur thermischen Verwertung verwendet werden können. Produktionen bzw. Verkaufende sind hier vor allem die Sägeindustrie und andere Holzverarbeitende Betriebe. Und

drittens gibt es noch Nebenprodukte bei der Produktion von Zellulose (v.a. Schwarzlauge). Die wichtigsten biogenen Energieträger in Österreich waren im Jahr 2017 Holzabfälle (etwa Hackgut, Sägenebenprodukte, Rinde) mit 37%, Brennholz (23%), Laugen der Papier- und Zellstoffindustrie (14%), Biotreibstoffe (9%) und Pellets (6%); der restliche Anteil teilt sich vor allem auf Biogas, Biomüll und andere biogene Feststoffe auf (Pfeifer et al., 2019a). Ein kräftiges Wachstum ist vor allem bei Pellets zu erwarten. In der Zeit von 2007 bis 2017 hat sich die Pelletsproduktion in Österreich verdoppelt; befeuert von finanziellen Anreizen (etwa die Förderung von Pelletsheizungen) wird sich dieser Trend fortsetzen (Pfeifer et al., 2019b).

Strimitzer et al. (2020) unterscheiden bei der thermischen Nutzung von Holz und Holzprodukten vier Verwendungsarten: KWK-Anlagen und Prozessdampferzeugung, Heizanlagen > 1 Megawatt (MW) Produktion, Heizanlagen < 1 MW Produktion sowie Brenn- und Scheitholz-Feuerungsanlagen. Demnach stehen der industriellen thermischen Nutzung von Holz und Holzprodukten (KWK-Anlagen und Prozessdampferzeugung, Heizanlagen > 1 MW) die kleinstrukturierte Nutzung von Brennholz und Briketts sowie die thermische Nutzung von Holz und Holzprodukten in Heizanlagen < 1 MW gegenüber.

Die industrielle thermische Nutzung von Holz und Holzprodukten besteht im Wesentlichen aus der Verbrennung von Lauge, die bei der Papier- und Zellstoffherzeugung entsteht, sowie aus der Verbrennung von Industrierestholz und Sägenebenprodukten, Rinde und Hackgut. Für Heizanlagen < 1 MW werden ebenfalls Industrierestholz und Sägenebenprodukte, aber auch Pellets, Hackgut und teilweise Rinde verwendet. Brenn- und Scheitholz-Feuerungsanlagen werden mit Brennholz und Briketts versorgt. Durch Holzenergie wird vor allem Wärme produziert (> 90 %). Zusätzlich werden jährlich auch etwa 2 Terrawattstunden (TWh) Strom in Holzkraftwerken produziert. Insgesamt werden aus Biomasse inkl. Biogas jedes Jahr rund 5 TWh Strom erzeugt (Strimitzer et al., 2020).

Die heterogene Gruppe der Biomasse und -energieindustrie benötigt verschiedene Sortimente bzw. Formen von Holz. Dementsprechend stellen sich spezifische Anforderungen für den Holztransport, i.e. ob Brennholz an Privathaushalte oder Sägenebenprodukte an Pellets- und Briketthersteller geliefert werden soll. Hier kommen vermehrt die Kombination Traktor + Anhängerklasse R zum Einsatz.

3.1.4 Sonstige Akteure

3.1.4.1 Forstunternehmen

Zum Großteil wird die Holzernte – also das Fällen, das Aufarbeiten und die Rückung von Holz zu Poltern bzw. zur Forststraße – von Forstunternehmen durchgeführt. Vor allem im Materialfluss und im Informationsfluss ist die Holzernte eng mit dem Holztransport verbunden, hat aber selbstverständlich auch Schnittstellen zur Forstwirtschaft und teilweise sogar zur Holzindustrie. Da die Bereiche Holzernte/Rückung und Holztransport örtlich und zeitlich eng zusammenhängen und die beiden Aktivitäten oft aufeinander abgestimmt werden, gibt es einzelne (meist größere) Unternehmen, die beide Bereiche mit entsprechender Dienstleistung abdecken können. Jedoch dominieren im Bereich der Forstunternehmen ebenfalls kleine und regionale Strukturen; und es gibt nur wenige große Akteure, beispielhaft zu nennen sind Holzklade GmbH, Lau Forstservice, Gebrüder Konrad GmbH oder Promegger Holzernte GmbH.

3.1.4.2 Holzeinkaufsgesellschaften/ Holzhandel

Zwei weitere erwähnenswerte Dienstleistungen sind die Bereiche Holzeinkaufsgesellschaften und Holzhandel. Industriebetriebe können den Holzeinkauf entweder selbst durchführen, das Holz durch andere Unternehmen kaufen lassen oder selbst sogenannte Holzeinkaufsgesellschaften gründen.

Letztere hat den Vorteil, dass ein gemeinsames Auftreten mehrerer Unternehmen eine größere Marktmacht und damit einhergehend meist bessere Preise für die einzelnen Unternehmen, aber damit eine Gefahr für Holzfrachtunternehmen, mit sich bringt. Weitere Vorteile, die ein gemeinsames Auftreten den Betrieben der Holzindustrie bzw. Holzeinkaufsgesellschaften (bei gleichzeitiger Gefahr für Holzfrachtunternehmen) in diesem Fall bringen, wären ein größeres Portfolio an Holzfrachtunternehmen, deren Leistung herangezogen werden kann oder eine leichtere Einführung von für die Industrie vorteilhaften Systemen (z.B. elektronischer Lieferschein), die für nicht alle Holzfrachtunternehmen einen Vorteil bringen. Die größte Holzeinkaufsgesellschaft ist die Papierholz Austria (Schnedl, 2021), eine GesmbH mehrerer Papierunternehmen (Sappi Austria Produktions GmbH & Co. KG, Mondi Frantschach GmbH, Heinzl-Group Zellstoff Pöls und Norske Skog Bruck GmbH), für die ein einzelnes Unternehmen den Holzeinkauf übernimmt und sich selbst als Bindeglied zwischen den Waldeigentümer*innen und der Holzverarbeitenden Industrie sieht (Kogler 2016).

3.1.4.3 Interessenvertretungen

In Österreich gibt es einerseits aufgrund der starken Holzindustrie und andererseits aufgrund des hohen Waldanteils und der vielseitigen Interessen am Wald zahlreiche Interessenvertretungen, die entweder die Belange der Waldeigentümer*innen oder jene der einzelnen Holzindustrien vertreten. Interessensvertretungen helfen Betrieben und Personen dabei, gemeinschaftliche Interessen durchzusetzen. Mithilfe von Interessensvertretungen schaffen es Unternehmensgruppen oder Sparten, mit ihren Forderungen in z.B. der Politik zu Gehör zu finden. So helfen Interessensvertretungen auch innerhalb der Holzlieferkette, die Interessen der Forstbetriebe, der Betriebe der Holzverarbeitenden Industrie, der Forstunternehmen, usw. zu vermitteln und eine Verbesserung anzustreben. Um die Holzlieferkette, in der die einzelnen Sparten eng verbunden sind, zu charakterisieren, ist es notwendig zu verstehen, welche Interessenvertretungen für die einzelnen Sparten arbeiten. Mit Forst Holz Papier (FHP) oder pro:Holz gibt es auch branchenübergreifende Interessenvertretungen. Für Holzfrachtunternehmen gibt es – anders als für die Bereiche Forstwirtschaft, Forstunternehmen und Holzverarbeitende Industrie – keine spezifische Interessenvertretung. Auch deshalb hilft auch die Beschreibung der Interessensvertretungen der anderen Sparten innerhalb der Holzlieferkette im Unterschied zum Holztransport, die Situation der Holzfrachtunternehmen besser zu verstehen. Durch eine eigene Interessensvertretung wäre es für Holzfrachtunternehmen einfacher, ihre Forderungen umzusetzen, beispielsweise, die geforderte Tonnagenerhöhung zu erreichen.

In Österreich gibt es für Unternehmen und Betriebe grundsätzlich Interessensvertretungen, deren Mitgliedschaft verpflichtend ist (i.e. Landwirtschaftskammern, Wirtschaftskammern) und Interessensvertretungen, deren Mitgliedschaft freiwillig ist (z.B. Industriellenvereinigung). Interessensvertretungen der Forstwirtschaft sind die Land&Forst Betriebe Österreich, die Landwirtschaftskammern, der österreichische Forstverein, die österreichischen Forstfrauen sowie die österreichischen Waldverbände. Interessensvertretungen für die Holzbe- und -verarbeitende Industrie (Sägewerke, Holzwerkstoffindustrie, Möbel- und Tischlereiindustrie, etc.) sind die Wirtschaftskammer Österreich, der Fachverband der Holzindustrie, der Österreichische Ingenieurholzverband und pro:Holz. Weiters vertritt Austropapier die Interessen der Papier- und Zellstoffindustrie sowie PROPAK die Interessen der Verpackungsindustrie in Österreich.

Um die Interessen der Biomasse-Industrie (etwa der Pellets- oder Brikettproduktion) zu vertreten, wurde der Österreichische Biomasse-Verband gegründet; außerdem hat die österreichische Pelletsindustrie mit proPellets Austria zusätzliche eine eigene Interessensvertretung. Die Interessen der Forst- und Holzernteunternehmer*innen werden durch den Österreichischen Forstunternehmerverband vertreten. Die Kooperationsplattform Forst Holz Papier (FHP) und der

Verband der Holzwirte Österreich (VHÖ) sind als Interessenvertretungen mehreren Abschnitten der Holzlieferkette zuzuordnen.

3.2 Holztransport in Österreich

Es wird zwischen der Rückung und dem Holztransport unterschieden. Unter der Rückung wird der Transport vom Ort der Holzernte (Fällung) zur Waldstraße bezeichnet. Der Holztransport bezeichnet den Abtransport des Holzes von der Waldstraße aus dem Wald hin zur Holzverarbeitenden Industrie (direkt oder indirekt über Umschlagplätze). In dieser Arbeit liegt der Fokus auf dem Holztransport. Die Wahl des geeigneten Transportmittels hängt wesentlich von der Transportentfernung ab; so lohnt sich etwa der Transport des Holzes per Bahn erst ab einer Transportdistanz von ca. 100km (Kogler, 2016) und ein Umschlag auf Sattel-LKWs ab ca. 40km (Hochegger, 2019). Andererseits sind auch die Art der Verladung und die Verladungsmöglichkeiten für die Wahl der Transportmodi ausschlaggebend.

3.2.1 Transportmodi

Der Holztransport wird in Österreich durch die Transportmodi Straße, Schiene und Wasserwege durchgeführt. Der LKW-Transport macht mit Abstand den größten Anteil am gesamten Holztransport aus, während der Holztransport per Schiff in Österreich zu vernachlässigen ist (Kogler, 2016; Kummer und Frank, 2011; Baumann, 2008; Borchering, 2007). Auf den Holztransport in Österreich per Schiff wird daher in dieser Arbeit aufgrund der nur geringen Transportvolumina nur am Rande eingegangen, es kann aber auf Gronalt et al. (2005) verwiesen werden, die den Holztransport per Schiff näher beschrieben haben. An dieser Stelle sei auf die Besonderheit hingewiesen, dass Holz nur in den wenigsten Fällen vom Verladeort (also vom Wald) direkt auf die Transportmittel Schiff, Bahn oder Sattelaufleger geladen werden kann, weshalb laut Borchering (2007) in über 99% der Fälle zumindest eine Beladung auf einen Kran-LKW nötig ist, um das Holz aus dem Wald zum Verladebahnhof, Hafen oder Umschlagplatz zu befördern.

Je nach Transportdistanz und zu transportierendem Sortiment kann der Holztransport entweder als unimodaler Transport (*single echelon unimodal transport*), als gestaffelter unimodaler Transport (*multi echelon unimodal transport*), als intermodaler Transport (*intermodal transport*) oder als multimodaler Transport (*multimodal transport*) durchgeführt werden (Wolfsmayr und Rauch, 2014). Ersteres bezeichnet den Holztransport nur durch ein einzelnes Verkehrsmittel, das das Holz vom Polter (von der Waldstraße) direkt zur Holzverarbeitenden Industrie befördert, ohne auf ein anderes Verkehrsmittel umzuladen bzw. ohne Bruch der Transportkette. In der Holzlieferkette ist dies typischerweise der Holztransport vom Holzpolter zur Industrie per Kran-LKW. Dieser „*single echelon unimodal transport*“ per Kran-LKW wird vor allem bei kurzen Transportdistanzen (meist im Inland) eingesetzt. In der Literatur schwanken die Anteile des unimodalen Transportes am gesamten Holztransport: Während Kunz et al. (1996) im Jahr 1991 für die Schweiz den Anteil auf etwa 80% schätzten, führen Kummer und Frank (2011) in ihrer Studie aus, dass der direkte Holztransport per LKW ca. 75% in Österreich Prozent am gesamten Holztransport ausmacht; Gruber (2017) geht von 88% LKW-Anteil für Österreich aus, Baumann (2008) für Bayern von 83%; Borchering (2007) nahm für Deutschland im Jahr 2003 einen Anteil von 70% an.

Bei gestaffelten unimodalen Transporten kommen unterschiedliche Fahrzeugtypen zum Einsatz, der Transportmodus ist aber der gleiche (Stenitzer, 2020). In der Holzlieferkette bedeutet das typischerweise die Umladung des Holzes vom Kran-LKW auf einen Sattel-LKW, der das Holz zur Industrie befördert. Dies kann durchaus auch über längere Transportdistanzen erfolgen, wenn etwa Bahnwaggons ausfallen bzw. nicht verfügbar sind oder größere Läger aufgelöst werden. Die höhere Effizienz von Sattelauflegern bei längeren Transportdistanzen ergibt sich durch eine höhere Nutzlast

(da kein Rundholzkran mittransportiert wird, kein Allrad-Antrieb integriert ist, etc.) und führt zu niedrigeren Kosten pro Tonnenkilometer (Hochegger, 2019).

Der Begriff multimodaler Transport beschreibt hingegen den Holztransport, bei dem mindestens einmal der Transportmodus gewechselt wird und das Holz umgeladen werden muss. Der „*multimodal transport*“ kommt vor allem bei großen Distanzen, zusätzlich benötigten Transportkapazitäten nach Windwürfen und beim Import und Export zur Anwendung. Der Kran-LKW-Transport bildet in den meisten Fällen das erste Glied des multimodalen Transportes, womit das Holz von der Waldstraße aus dem Wald hin zu Verladebahnhöfen oder Häfen transportiert wird. Es ist also mindestens einmal, gegebenenfalls auch öfters (etwa von Bahn oder Schiff zurück auf einen LKW), notwendig, das zu transportierende Holz umzuladen.

Eine in Österreich häufige Variante des multimodalen Transports ist der Abtransport des Holzes aus dem Wald durch Kran-LKWs, gefolgt von einer Umladung auf Bahnwaggons. Der Bahntransport ist ab einer gewissen Transportentfernung günstiger, weil effizienter mehr Holz transportiert werden kann (bei gegebener Auslastung der Waggons). Häufig verfügen Industrieabnehmende, die sehr viel Holz zur Produktion benötigen (etwa Papier- und Zellstoffindustrie, große Sägewerke), über eigene Ladegleise, über welche das Holz durch multimodalen Transport geliefert werden kann: Der Transport aus dem Wald zum Bahnhof erfolgt per Kran-LKW, die Bahn transportiert das Holz direkt zum Industriebetrieb. Große Abnehmende mit eigenem Verladegeleis beschaffen Holz meistens auch über längere Distanzen (je nach Region auch aus dem grenznahen Ausland).

Der intermodale Transport, der in Österreich bisher wenig Bedeutung hat, ist dadurch gekennzeichnet, dass dieselbe Lade- oder Transporteinheit von mehr als einem Transportmittel (LKW, Bahn, Schiff) befördert wird (Kummer, 2010). In der Holzlieferkette bedeutet das den Holztransport per Wechselbrücken (z.B. Euroflat), Wechselaufbauten (LogRac,) oder Container (WoodTrainer, Abrollbehälter). Der Vorteil intermodaler Transportketten ist der schnelle Umschlag zwischen Verkehrsmitteln, da das Holz beispielsweise in einem Container gelagert ist, der als Ganzes umgeschlagen werden kann. Im Folgenden werden nun die Beförderungsformen von Holz sowie die einzelnen Transportmittel im Detail erläutert und beschrieben.

LKW-Transport von Rundholz

Um Rundholz mit dem LKW zu transportieren, ist ein sogenannter Rungenaufbau vonnöten (vgl. Abbildung 16). Diese Rungen, die links und rechts an der Ladefläche angebracht sind, ermöglichen eine Stapelung der Stämme auf der Ladefläche. Für das Aufladen des Rohholzes (meistens an der Waldstraße) auf den LKW ist ein Kran erforderlich. In den meisten Fällen ist der Kran am LKW integriert (Kran-LKW). Bei LKWs, bei denen Kräne integriert sind, ist zwar die Nutzlast verringert (um 3 – 6 Tonnen), jedoch die Flexibilität des einzelnen LKWs infolge der Option der Selbstbe- und entladung deutlich erhöht (Borcherding, 2007). Der Nachteil der geringeren Nutzlast wird allerdings mit zunehmender Transportdistanz schlagend, sodass LKWs mit eigenem Kran optimalerweise nur für kurze Strecken eingesetzt werden. Beiglböck (2021) führt in seiner Umfrage eine durchschnittliche Maximaldistanz von 130 km für den Transport von Rundholz mit dem Kran-LKW an. Für längere Strecken bieten sich andere Transportketten (etwa die Umladung auf Bahnwaggons oder die Umladung auf Sattelschlepper) an. Von Bodelschwingh (2005) berichtet, dass in Deutschland im Jahr 2005 69% Kurzholzzüge, 28% Langholzzüge und 3% Trailer eingesetzt wurden. Becker erhob in seiner Umfrage für Deutschland ähnliche Werte für das Jahr 2017; jedoch ist der Anteil der Langholzzüge deutlich niedriger, und ein Trend hin zu Sattelzügen erkennbar: So waren 133 der 260 LKWs (51%) als Kurzholzzüge (mit oder ohne Kran) deklariert, nur 28 LKWs waren Langholzzüge (11%) und 73 LKWs (28%) Sattelschlepper (mit oder ohne Kran), die restlichen 26 LKWs (10%) entfielen auf andere LKW-Typen (Becker, 2019). Die häufigste Kombination ist jedoch auch heute noch der Kurzholzzug mit

Kran und Anhänger (Borchert et al., 2019); das deckt sich auch mit den Ergebnissen von Beiglböck (2021), dessen Umfrage für Österreich ein Verhältnis von 80% Kran-LKW und 20% Sattelschlepper ergibt.



Abbildung 16: Rungen-LKW mit Kran (Quelle: Waldwissen.net, 2009)

LKW-Transport anderer Holzsortimente

Um die kaskadische Nutzung und damit ein effizientes Ausnutzen des Rohstoffes Holz zu gewährleisten, muss nicht nur der Transport von Rohholz (primär) zur Sägeindustrie, sondern auch ein Transport zu sekundären Abnehmenden stattfinden. In der Holzlieferkette werden somit auch Halb- und Fertigwaren (Holzprodukte, Holzwerkstoffe, Sägenebenprodukte, etc.) zu anderen Verbrauchenden und Wertschöpfungsprozessen transportiert. Für den Schnittholztransport kann ein herkömmlicher Planen-LKW eingesetzt werden, da Schnittholz kompakter verladen werden kann und keine Rungen wie beim Rohholztransport notwendig sind (Gruber, 2017). Für den Transport von Schüttgut (zum Beispiel Sägespäne, Hackschnitzel) sind hingegen Container, beispielsweise der WoodTrainer (vgl. Abbildung 17) für den kombinierten Verkehr Straße und Schiene (Gronalt et al., 2005) oder Schubboden-LKWs erforderlich. Vereinfachend wirkt der Umstand, dass beim Transport von Schnittholz und Sägenebenprodukten zu sekundären Abnehmenden nicht unbedingt ein Kran erforderlich ist, weil dieser Transport meistens zwischen Industrieakteuren stattfindet und bei diesen eine entsprechende Ver- und Entladeinfrastruktur zumeist vorhanden ist.



Abbildung 17: WoodTrainer zur Beförderung von Schüttgut und Biomasse (Quelle: Innofreight Solutions GmbH, 2021)

3.2.2 Holz-LKW-Typen

Sowohl beim „single echelon unimodal transport“, um das Holz aus dem Wald direkt zur Industrie zu befördern, als auch beim „multi echelon unimodal transport“ oder dem „multimodal transport“, um das Holz aus dem Wald zu einem Umschlagplatz/Verladebahnhof zu befördern, als auch beim „intermodal transport“, um das Holz vom Holzpolter in geeignete Wechselbrücken, Container, etc. zu

befördern, ist jeweils ein Kran-LKW notwendig. Dieser Kran-LKW ist ein spezieller LKW, der sich von den meisten anderen LKW-Formen deutlich im Aufbau unterscheidet. Während sich laut Gronalt et al. (2005) die Technologien der Holzernte und der Rückung in den letzten Jahrzehnten deutlich weiterentwickelt haben, ist das System des LKW-Transportes weitgehend unverändert geblieben. Rohholz ist ein schwierig zu verladendes Produkt, das, z.B. im Vergleich mit Schüttgut oder Schnittholz, schlecht stapelbar ist und viel Platz benötigt. Ein Rundholz-LKW ist, wie ebenfalls schon ausgeführt, mit Rungen ausgestattet, die einen stabilen Transport von Rohholz auf dem LKW ermöglichen (vgl. Abbildung 16). Grundsätzlich kann zwischen den LKW-Typen Kurzholzzug, Langholzzug und Sattelzug mit Kran unterschieden werden, die für den Rohholztransport eingesetzt werden (Gronalt et al., 2005; Borchering, 2007).

Kurzholzzug

Kurzholzzüge können Baumstämme mit einer Länge von bis zu 6 m bzw. 8 m aufnehmen (abhängig vom Anhänger) (Gronalt et al., 2005; Borchering, 2007) und haben eine vergleichsweise hohe Nutzlast von 20 bis 23 Tonnen (Borchering, 2007). Die kurzen Bloche werden zwischen zwei Rungenschemeln gelagert (Rutter, 2021). Sie sind relativ flexibel, benötigen zur Holzverladung entsprechend Platz an der Waldstraße, werden aber in der Praxis am öftesten für den „*single echelon unimodal transport*“ eingesetzt (Borchering, 2007). Außerdem bilden Kurzholzzüge auch für die meisten anderen Transportketten das erste Glied. Wie bereits erwähnt gibt es sowohl 2- als auch 3-Achs-LKWs/-Anhänger, die häufigste Kombination für Kurzholzzüge ist ein 3-Achs-LKW in Kombination mit einem 2-Achs-Anhänger (vgl. Abbildung 18). Zusätzlich können sich die LKWs hinsichtlich der Radformel unterscheiden. Hierbei sind die häufigsten Versionen 6x6 bzw. 6x4. Die erste Zahl bezieht sich auf die Achsen (zwei Mal drei) bzw. auf die Räder (sechs), die zweite Zahl beschreibt, wie viele dieser Räder angetrieben werden. Ein 6x6 LKW hat also 3 Achsen, von denen alle angetrieben werden (Allrad).

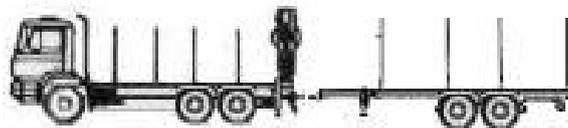


Abbildung 18: Kurzholzzug (Quelle: Huttner Fahrzeugbau GmbH, 2021a)

Langholzzug

Langholzzüge werden eingesetzt, wenn Langholz (ab 6 bzw. 8 m bis 22 m) transportiert wird. Diese LKWs haben laut Borchering (2007) eine Nutzlast von 20 bis 22 Tonnen. Die langen Bloche liegen einmal am LKW und einmal am Nachläufer (Anhänger) auf. Durch die Holzlänge benötigen Langholzzüge im Vergleich mehr Platz zum Aufladen des Holzes und auch zum Fahren im Wald. Laut Borchering (2007) wurden Langholzzüge in Deutschland 2007 am zweitmeisten eingesetzt, stark abhängig von ihrem Einsatzgebiet und dem zu transportierenden Holz. Andererseits zeigen die Daten aus Kapitel 3.1.2.3, dass Langholzzüge in deutlich geringerer Zahl eingesetzt werden als Kurzholzzüge. In Österreich wird der aktuelle Anteil der Langholztransporte am gesamten Holztransport im niedrigen einstelligen Prozentbereich geschätzt (Niederacher, 2021; Weiss, 2021). Bei Langholzzügen kommt nach Rutter (2021) immer ein 3-Achs-LKW plus einem sogenannten (2-Achs-)Nachläufer zum Einsatz (vgl. Abbildung 19).

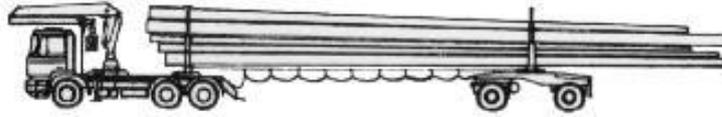


Abbildung 19: Langholzzug (Quelle: Huttner Fahrzeugbau GmbH, 2021b)

Sattelzug mit Kran

Die wohl größte Flexibilität beim LKW-Rohholztransport bietet der Sattelzug mit Kran. Als Vorteil ist anzuführen, dass einerseits Holzlängen von 6 m bis zu 22 m transportiert werden können. Andererseits haben Sattelzüge mit Kran nur eine verhältnismäßige geringe Nutzlast von 17 bis 20 Tonnen, was einer der Gründe ist, wieso dieser laut Borchering (2007) am seltensten eingesetzt wird. Die häufigste Kombination ist laut Rutter (2021) bei Sattelschleppern eine 2-Achs-Zugmaschine und ein 3-Achs-Sattelanhängen, seltener kommt eine 3-Achs-Zugmaschine und ein 2-Achs-Sattelanhängen zum Einsatz (vgl. Abbildung 20).

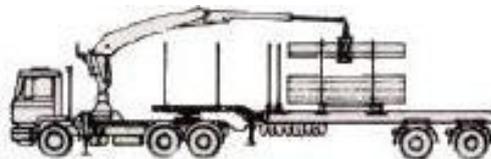


Abbildung 20: Sattelzug mit Kran und Rungenanhänger (Quelle: Huttner Fahrzeugbau GmbH, 2021c)

Sattelaufleger und andere Verladesysteme

Die Beladung des Holzes vom Polter auf den LKW kann jedoch auch durch Kräne anderer LKWs (vgl. Abbildung 21) oder durch sogenannte Forwarder, die bei der Holzernte (bzw. bei der Rückung) eingesetzt werden, geschehen (Borchering, 2007; Gronalt et al., 2005). In diesem Fall belädt der Forwarder die Sattelaufleger (oder auch Trailer genannt): Trailer sind LKW-Anhänger, die vom LKW entkoppelt werden können. Sie sind durch ihren Rungenaufbau ebenfalls zum Holztransport geeignet. Der LKW muss bei der Beladung des Trailers nicht anwesend sein, er transportiert lediglich die vom Forwarder befüllten Trailer aus dem Wald, er hat also keine Stehzeit während der Beladung (Gruber, 2017). Das erhöht die Flexibilität und schafft gewisse Pufferkapazitäten. Der Trailer kann auch durch einen Kran-LKW beladen werden, z.B. an der Einfahrt zur Waldstraße. Durch einen solchen Umschlag kann der Kran-LKW mehr Zeit im Wald verbringen, wo er unabdingbar ist, während der Sattel-LKW den in seiner Abwesenheit beladenen Trailer schnell anhängen und das Holz über weitere Entfernungen auf der Straße transportieren kann. Diese gestaffelt unimodale Transportkette stellt somit eine attraktive Alternative zur unimodalen Transportkette (Kran-LKW) und zur multimodalen Transportkette (Kran-LKW – Bahn) dar. Das ist vor allem interessant in Regionen, in denen es kein flächendeckendes Bahnnetz gibt, und bei Transportdistanzen, bei denen ein Transport durch Kran-LKWs nicht mehr rentabel ist.



Abbildung 21: Trailerverladung durch Kran-LKW (Forstbetrieb Sartoris, 2021)

Durch das Fehlen des Krans ist die Nutzlast des Sattel-LKWs wesentlich höher (ca. 3-6 Tonnen; für dieselbe Menge Holz braucht es fünf Kran-LKW-Fahrten, aber nur 4 Sattel-LKW-Fahrten). Außerdem kann durch den Einsatz der Trailer eine bessere „just-in-time“-Lieferung an die Holzverarbeitende Industrie garantiert werden (Gruber, 2017). Und noch ein weiterer positiver Effekt geht mit der Trailerverladung einher: Man benötigt weniger qualifiziertes Personal, das einen Kran bedienen können muss, auf diese Weise kann dem Fahrer*innenmangel entgegengewirkt werden. Jedoch müssen genug Platz, gute Forststraßen und Entladeoptionen bei der abnehmenden Industrie zur Verfügung stehen. Im Übrigen ist diese Transportkette auch sehr interessant bei Kalamitäten, weil der Umschlag bei Holzlagern erfolgen kann. Während Kran-LKWs das Schadholz schnell aus dem Wald zu den Lagern bringen, werden Sattel-LKWs und -Auflieger für den Weitertransport über weitere Strecken eingesetzt, wenn etwa die regionale Holzabnahme bereits gesättigt ist.

Weitere technologische Entwicklungen, wie Wechselbrücken oder Rundholzcontainer (z.B. LogRac), sollen eine noch schnellere Beladung der LKWs im Wald und einen unkomplizierten Umschlag auf Bahn oder Sattelschlepper ermöglichen (Gronalt et al., 2005). Wechselbrücken dienen einem ähnlichen logistischen Konzept wie Trailer. Es handelt sich dabei um Container, die im beladenen Zustand direkt auf den LKW geladen werden können (Borcherding, 2007). Die Vor- und Nachteile entsprechen jenen des Einsatzes von Trailern, zusätzlich kann der Umschlag zügiger vonstattengehen. Durch den Einsatz eines sogenannten WoodTrailers wiederum kann ein Transportsystem (per Sattelaufleger mit neuem Rungensystem) etabliert werden, das durch den gleichzeitigen Transport von Roh- und Schnittholz heraussticht, da die Rungen eingeklappt werden können (Gronalt et al., 2005).

Das System von Holzcontainern (LogRac, WoodTrainer) kann ebenfalls für den intermodalen Transport verwendet werden, indem ein Umsatteln vom LKW auf die Bahn oder ein Überseeschiff deutlich schneller vonstattengehen kann (Gronalt et al., 2005). Zudem können manche Container nicht nur für den Rohholztransport, sondern auch für den Transport von Schüttgut herangezogen

werden, was einen Lösungsansatz für das Problem der Leerfahrten bei der Rückfahrt im Bereich des Rohholztransportes sein kann.

3.2.3 Bahn

Wie bereits erwähnt, kommt es in Österreich de facto nicht mehr zu einer Direktverladung von Holz aus dem Wald auf die Bahn (im Unterschied zu nordischen Ländern). Dies ergibt sich vor allem aus den topographischen Gegebenheiten in Österreich, die einen Bahnzugang im Wald sehr oft erschweren (Kummer und Frank, 2011). Daraus folgt, dass die Bahn als Holztransportmittel nur in multi- bzw. intermodalen Transportketten zum Einsatz kommt, dem ein LKW-Transport von der Waldstraße bis zum Verladebahnhof vorgeschaltet sein muss. Es überrascht auch nicht, dass Holz tendenziell mehr im Osten Österreichs per Bahn transportiert wird, weil die topographischen Gegebenheiten dort dafür günstiger sind als im inneralpinen Raum und das Schienennetz dort besser ausgebaut ist (Gruber, 2017). Vor allem bei großen holzverarbeitenden Betrieben ist häufig ein Gleisanschluss (Verladegleis) vorhanden (z.B. in der Papierindustrie). Wenn eine solche eigene Verlademöglichkeit nicht vorhanden ist, muss ein weiterer LKW-Transport vom Bahnhof zum Industrierwerk als letzter Teil des multi-/intermodalen Transportes zusätzlich zwischengeschaltet werden.

Der Bahntransport von Holz (und Holzprodukten) kommt vor allem bei weiten Strecken (beispielsweise bei einem großen Einzugsgebiet von Abnehmenden, die viel Holz benötigen), und beim länderübergreifenden Transport zum Einsatz. Dabei können sowohl Rohholz (vgl. Abbildung 22) als auch Holzprodukte wie Schnittholz oder Schüttgut transportiert werden. Ähnlich wie beim LKW müssen Waggons, auf denen Holz und Holzprodukte transportiert werden, entsprechend der Ladung konzipiert sein. Für den Transport von Rohholz wird überwiegend der Rungenwaggon eingesetzt und laut RCA (2021) für Roh- und Schnittholz hauptsächlich Flachwagen-Waggons herangezogen. So werden für den Rohholztransport beispielsweise die Typen *Ros*, *Rnoos*, *Rnoos-uz*, und *Laaprs* sowie für den Schnittholztransport die Waggontypen *Rns*, *Rs* und *Res* verwendet (RCA, 2021).



Abbildung 22: Bahntransport von Rundholz mittels Rungenwaggon, Waggontyp *Rnoos-uz* (Quelle: Bahnbilder.de, 2008)

Beim Bahntransport ist danach zu unterscheiden, ob nur einzelne oder alle Waggons (letzterenfalls spricht man von einem „Ganzzug“) für den Holztransport herangezogen werden. Beim Einzelwagenverkehr werden einzelne Waggons (die auch zu Gruppen zusammengefasst werden

können) mit dem von den LKWs aus dem Wald transportierten Holz befüllt. Oft werden die einzelnen Holzwaggons mit anderen Waggons zusammengeführt, die gleichartige Beladungen befördern, um gesammelt an Abnehmende transportiert zu werden. So kann ein einzelner Waggon durchaus mehrere Stationen (Bahnhöfe) durchlaufen, bis er zum Endziel gelangt. Der Grund dafür ist, dass sich der Bahntransport erst ab einer gewissen Transportdistanz und einer gewissen Auslastung lohnt (Gruber, 2017).

Anders ist der Einsatz des Ganzzugverkehrs. Hier werden alle Waggons einer Zugeinheit direkt – also ohne Zwischenstopps – zu einem Betrieb transportiert. Das hat den Vorteil kürzerer Transportzeiten und damit höherer Effizienz; andererseits lohnt sich die Durchführung von Ganzzugtransporten erst ab einer entsprechenden Auslastung. Um diese Auslastung durch einen einzelnen Abnehmenden zu gewährleisten, ist ein hoher logistischer Aufwand vonnöten und zudem ein hoher Holzverbrauch vorausgesetzt. Ganzzüge werden im Besonderen auch beim Export eingesetzt (Gronalt et al., 2005).

Für den Transport von (kompakteren) Holzprodukten und Sägenebenprodukten können konventionelle Container oder Waggons verwendet werden. Dabei können im Rahmen eines intermodalen Transports für die Beförderung etwa von Sägespänen unter anderem der bereits erwähnte Typ WoodTrainer und zum Einsatz kommen. Eine innovative Entwicklung für den Rundholztransport stellt der WoodRailer (Laaprs) dar, ein spezieller Waggon mit aufstellbaren Rungen (vgl. Abbildung 23), mit dem sowohl Schnitt- als auch Rohholz transportiert werden kann (Gronalt et al. 2005).



Abbildung 23: Einsatz eines Laaprs (WoodRailer) (Quelle: Holzkurier, 2007)

Die Stärken des Bahntransportes liegen in der Holzbeförderung über große Distanzen und in der Möglichkeit zur Beförderung großer Mengen. Vor allem dann, wenn der multimodale Transport nur aus zwei Komponenten besteht, nämlich dem Abtransport aus dem Wald zum Verladebahnhof per LKW und dem darauffolgenden Transport per Bahn vom Verladebahnhof direkt zu Abnehmenden, kann der Transport günstiger ausfallen als der unimodale Transport über längere Strecken. In Österreich ist das Bahnnetz sehr gut ausgebaut, allerdings durch das Schließen von Holzverladebahnhöfen mit sinkender Tendenz. Außerdem ist der Transport von Holz mit der Bahn wesentlich klimaschonender (Gansterer, 2015). Zusätzlich dazu bieten Waggons einen gewissen Puffereffekt, weil Holz in diesen zwischengelagert werden kann.

Wie bereits angedeutet, liegen die größten Schwächen der Bahn erstens bei der Unzuverlässigkeit der Waggonbereitstellung (Holzer, 2020), zweitens in der Abhängigkeit des Schienentransportes von Netzwerkkapazitäten und Verladebahnhöfen und der damit einhergehenden Inflexibilität (Webern, 2021) und drittens in der für die Verladung von Rohholz benötigten Infrastruktur und den häufig fehlenden Holzlagermöglichkeiten. Während auf der Schiene vor allem der Personenverkehr, aber auch der sogenannte „Regelgüterverkehr“ (für die Stahlindustrie, die Automobilindustrie) Priorität haben, kommt der Holztransport vor allem dann zum Einsatz, wenn das Schienennetz noch Kapazitäten aufweist. Diese Spotverkehre sind insofern problematisch, als Holz (vor allem bei Kalamitäten) keinen langen Planungshorizont erlaubt, weswegen es zu Engpässen und fehlenden Waggons kommen kann. Schließlich mangelte es in den letzten Jahren an Investitionen für den Güterverkehr auf Schiene; es wurde stattdessen mehr in Schnellstraßen sowie in den Personenverkehr auf Schiene investiert (Webern, 2021).

Betriebe der Holzindustrie versuchen Holz möglichst in der Nähe der jeweiligen Verarbeitungsstandorte zu kaufen, um Transportkosten zu sparen. In ihrer Studie aus dem Jahr 2011 schätzten Kummer und Frank (2011), dass der Anteil des per Bahn transportierten Holzes 26% beträgt; für 2020 schätzen sie, dass sich diese Menge auf 25% reduzieren wird. Weiters wird errechnet, dass der Bahntransport den LKW-Transport erst ab einer Distanz von 200 km preislich unterbieten kann. Faktum ist, dass immer mehr Verladebahnhöfe in Österreich geschlossen werden und die Bahn sich aus der Fläche zurückzieht (Borcherding, 2007), denn ohne staatliche Förderungen lohnt sich der Betrieb der Verladebahnhöfe immer weniger (Beck, 2021).

3.2.4 Schiff

Mit dem Transportmittel Schiff wird sowohl Rohholz als auch Schüttgut transportiert. Der Schiffstransport hat für die österreichische Holzlieferkette nur geringe Bedeutung. Dies hat mehrere Gründe: Holztransport per Schiff kann nur auf der Donau stattfinden, weil andere Flüsse in Österreich nicht breit bzw. tief genug sind, um die Beförderung von schwerem Transportgut in großen Schiffen zuzulassen. Die für den Holztransport relevanten Häfen sind Ybbs, Krems, Enns (alle für Rundholz) sowie Linz und Wien (für Altholz und Energieholz). Am meisten wird das Transportmittel Schiff für den Holztransport beim Import von Rundholz aus dem Ausland eingesetzt (z.B. um Kalamitätsholz aus Deutschland abzunehmen). Für die innerösterreichische Beförderung hat der Schiffstransport eine sehr geringe Bedeutung, genauso wie für den Export (vgl. Kapitel 3.4.5).

Da die Rentabilität stark von der Entfernung und den transportierten Mengen abhängt, kommt der Transport von Holz per Schiff seltener zur Anwendung. Gronalt et al. (2005) schätzen, dass die Profitabilität des (Binnen)Schiffstransportes bei 2.000 km beginnt. Das liegt vor allem daran, dass bei Transporten, bei denen das Schiff eingesetzt wird, häufiger umgeschlagen werden muss. Vor allem das Umschlagen von Schiff auf LKWs – um das Holz die letzten Kilometer zum Industriegelände zu transportieren – ist teuer. Daraus lässt sich schließen, dass sich der Schiffstransport von Holz (und insbesondere Rohholz) vor allem nur dann lohnt, wenn das Schiff direkt über eine Lände am Standort gelöscht und das Holz mit betriebsinternen Beförderungsmitteln (z.B. Radladern) befördert werden kann.

Aus diesem Grund ist es nicht überraschend, dass es laut eigenen Recherchen in Österreich nur wenige Sägewerke gibt, die Rohholz mit dem Schiff antransportieren (z.B. Donausäge Rimplmayr, Stora Enso Standort Ybbs). Zwar werden Holzprodukte, die in der österreichischen Holzindustrie erzeugt werden (vor allem Schnittholz, aber auch Platten, Leimbinder, etc.), in großen Mengen exportiert (Fachverband der Holzindustrie, 2019), jedoch erfolgt dieser Export in Europa nicht per Schiff, sondern mehrheitlich per Bahntransport (Statistik Austria, 2021c). Für den Überseetransport von Österreich aus werden Holzprodukte vor allem mit der Bahn an große Häfen (Koper, Triest,

Rotterdam, Hamburg) transportiert und von dort mit dem Schiff nach Übersee befördert (Gierer, 2021; Rimplmayer, 2021). Der Schiffstransport bringt jedoch auch wesentliche Vorteile mit sich; so können große Mengen über weite Distanzen verhältnismäßig klimafreundlich (ein Binnenschiff entspricht hinsichtlich der Ladekapazität etwa 40 LKWs) transportiert werden. Außerdem bietet die Hafeninfrastruktur gewisse Ladeplätze, die als Pufferlager dienen können.

3.2.5 Sortimente

Im Folgenden werden die in Österreich prominent vorkommenden Sortimente gelistet und näher beschrieben, ebenso wie deren Massenströme von der Entstehung bis zur Verwendung. An dieser Stelle sei erwähnt, dass in der hier herangezogenen Publikation „*Holzströme in Österreich*“ einige Annahmen, Rundungen und Vereinfachungen getroffen wurden, um die Holzströme übersichtlich darzustellen.

Der Holzstrom in Österreich ist von einer kaskadischen Nutzung charakterisiert: Nebenprodukte, die in einem Wertschöpfungsprozess entstehen, können als Rohstoff für andere Wertschöpfungsprozesse eingesetzt werden. Somit können Teile eines Stammes mehrere hintereinandergeschaltete Prozesse durchlaufen, in denen seine Form verändert und der Rohstoff unterschiedlich eingesetzt wird.

Sägerundholz

Sägerundholz ist für die Produktion von Schnittholz durch die Sägeindustrie geeignet. Dazu muss das Holz frei von Zwieseln und Fremdkörpern sein, es muss weiters entastet und ausgeformt sein. Es kann vor allem zwischen Blochen, Doppelblochen, Schwachblochen, Kurzblochen und Braunblochen unterschieden werden. Zusätzlich wird Sägerundholz in Österreich in die Güteklassen A, B, C und Cx eingeteilt (FHP, 2007, BMLRT, 2020). Der Löwenanteil des Sägerundholzes gelangt in die Sägeindustrie, um zu Schnittholz verarbeitet zu werden. Nur ein kleiner Teil wird, wie in Abbildung 24 ersichtlich, exportiert.

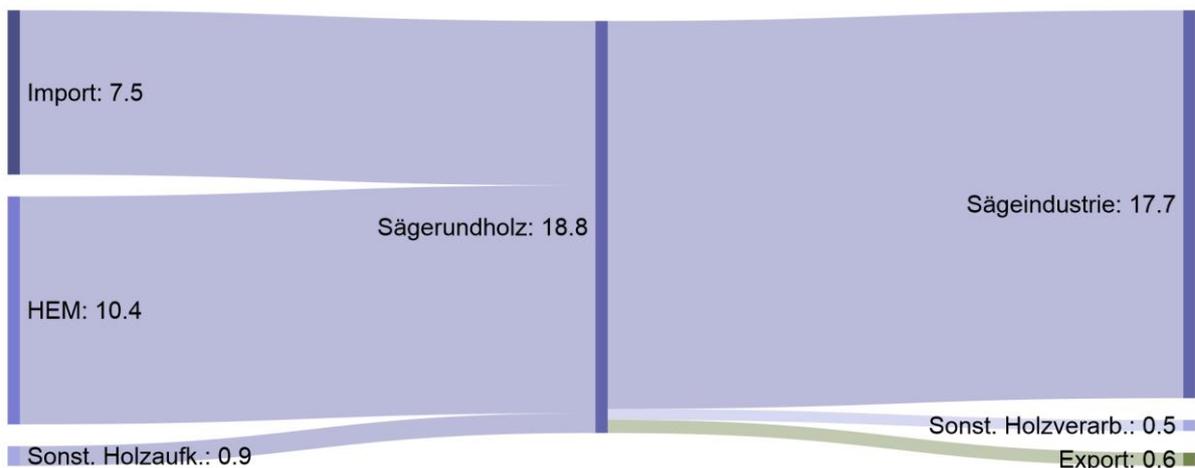


Abbildung 24: Massenströme Sägerundholz 2018 in Millionen Festmeter (HEM: Holzeinschlagsmeldung; Quelle: eigene Darstellung, Daten: Strimitzer et al., 2020)

Industrierundholz

Industrierundholz wird vorwiegend in der Papier- und Zellstoffindustrie sowie in der Holzwerkstoffindustrie eingesetzt. Als Industrierundholz werden laut Österreichischen Holzhandelsunion (2006) Faser- und Schleifholz zusammengefasst. Mehr als die Hälfte des Industrierundholzes wird für die Erzeugung von Papier und Zellstoff eingesetzt, gefolgt von der Erzeugung von Holzwerkstoffen (vor allem Platten) (vgl. Abbildung 25).

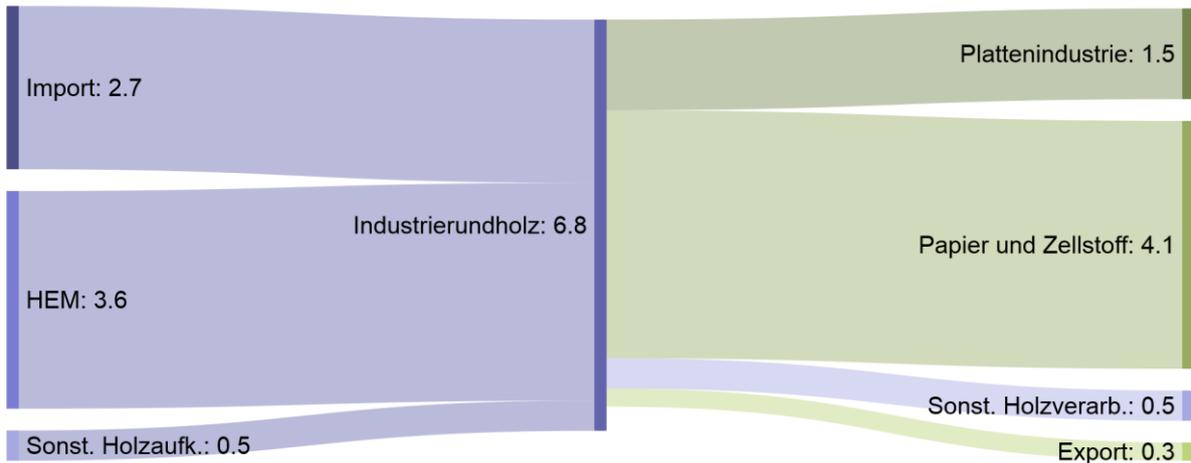


Abbildung 25: Massenströme Industrierundholz 2018 in Millionen Festmeter (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Strimitzer et al., 2020)

Brenn- und Scheitholz

Das Sortiment des Brenn- und Scheitholzes wird direkt zur thermischen Verwertung herangezogen, 100% dieses Sortiments werden Brenn- und Scheitholz-Feuerungsanlagen zugeführt (Strimitzer et al., 2020). Der größte Teil des Brennholzes stammt aus sonstigem Holzaufkommen; laut Strimitzer et al. (2020) handelt es sich dabei um Holzmengen aus dem Klein- und Kleinstwald die nicht in der HEM erfasst wurden, um Flurgehölze, usw. (vgl. Abbildung 26). Sonstiges Holzaufkommen wird laut Strimitzer et al. (2020) als Differenz zwischen dem Holzaufkommen durch den Holzeinschlag plus dem Holzimport einerseits und dem Holzbedarf andererseits geschätzt. Brennholz wird in Österreich geerntet und nur zu einem verhältnismäßig kleinen Anteil importiert. Die Energetische Verwendung von Holz beschränkt sich jedoch nicht auf das Verbrennen von Brenn- und Scheitholz in Feuerungsanlagen, sondern ist natürlich noch weitaus vielfältiger; es werden noch andere Holzprodukte (Lauge, Sägenebenprodukte, Pellets, usw.) energetisch verwendet (KWK-Anlagen, Heizanlagen, usw.) (vgl. Kapitel 3.1.3.4 bzw. Kapitel 3.2.5 „Energetische Nutzung“).

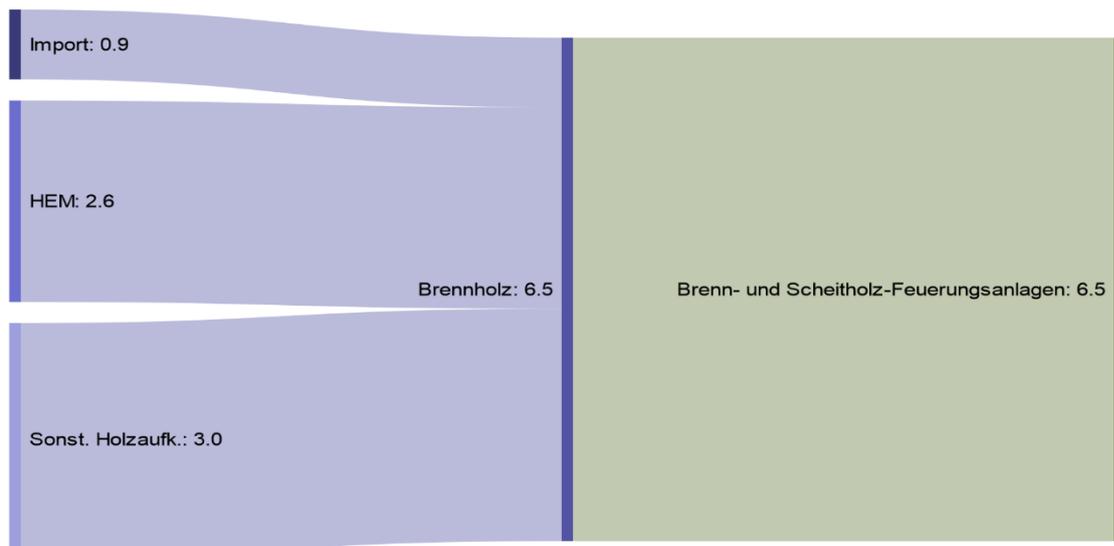


Abbildung 26: Massenströme Brennholz 2018 in Millionen Festmeter (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Strimitzer et al., 2020)

Rinde

Rinde wird weder für Schnittholz noch für Papier, Zellstoff oder Holzwerkstoffe eingesetzt. Der überwiegende Anteil von Rinde wird thermisch verwertet (vgl. Brennholz), ein marginaler Anteil läuft in die sonstige Rindennutzung oder wird als Teil des Rohholzes exportiert (vgl. Abbildung 27).

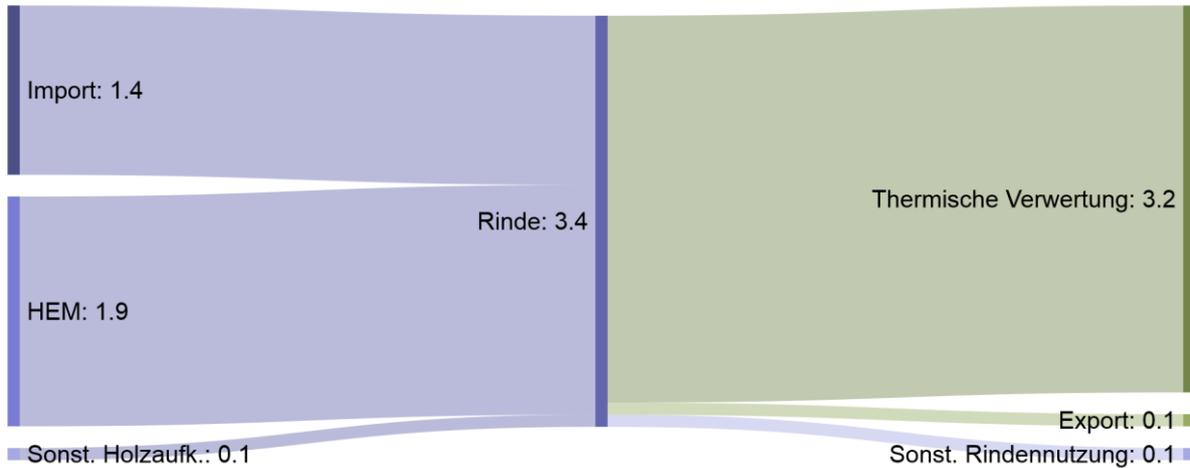


Abbildung 27: Massenströme Rinde 2018 in Millionen Festmeter (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Strimitzer et al., 2020)

Kappholz

Kappholz entsteht, wenn Sägerundholz oder Schnittholz gekappt wird, um gewünschte Längendimensionen zu erreichen. Kappholz fließt, nachdem es aus Sägerund- und Schnittholz in der Sägeindustrie entstanden ist, vor allem in die Holzwerkstoffindustrie, wie in Abbildung 28 dargestellt.

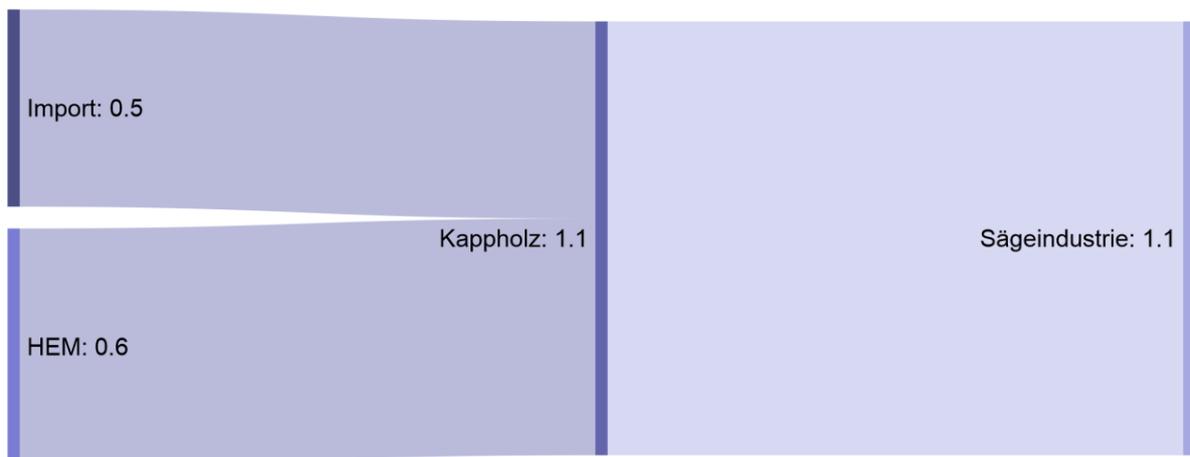


Abbildung 28: Massenströme Kappholz 2018 in Millionen Festmeter (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Strimitzer et al., 2020)

Hackgut

Hackgut bezeichnet gleichermaßen Wald- und Industriebhackgut. Waldhackgut ist maschinell zerkleinertes Holz. Dabei werden Äste, Schwachholz, Durchforstungsholz, Landschaftspflegeholz, etc. mit einem Hacker zerkleinert. Der dafür verwendete Rohstoff fällt entweder bei der Durchforstung aus dem nichtsägefähigen Restholz oder bei der Endnutzung von nicht verkaufsfähigem Restholz (etwa Bruchholz oder Wipfel) an. Es entsteht demnach vor allem durch den Holzeinschlag, teilweise auch durch sonstiges Holzaufkommen. Industriebhackgut fällt vorwiegend bei der Holzverarbeitung an. Hackgut wird der thermischen Verwertung zugeführt (Österreichischer Biomasseverband, 2017).

Die Massenströme von Hackgut sind in Abbildung 29 dargestellt, Industriehackgut bzw. aus Gebrauchtholz hergestelltes Hackgut sind im Strom aus dem sonstigen Holzaufkommen enthalten (Nemestothy, 2021).

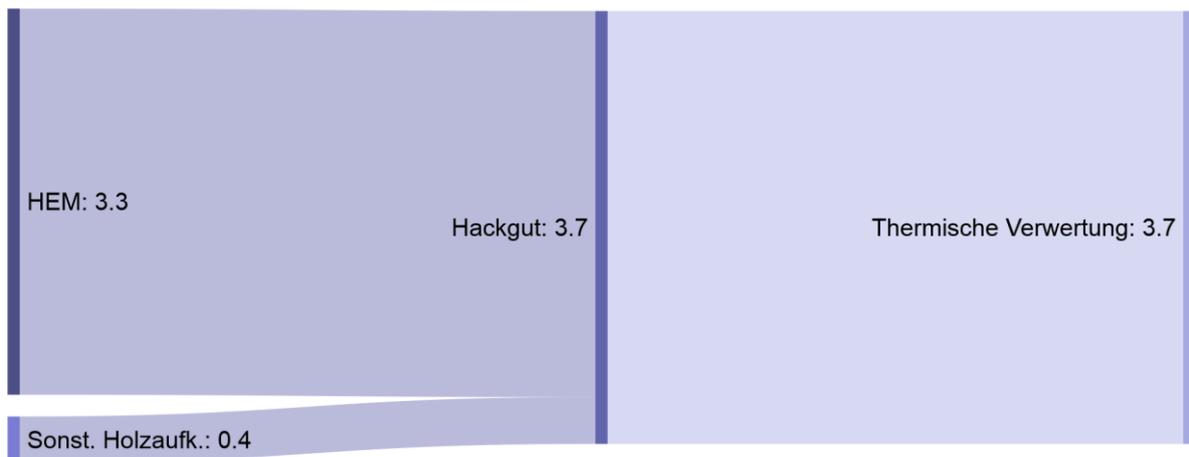


Abbildung 29: Massenströme Hackgut 2018 in Millionen Festmeter (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Strimitzer et al., 2020)

3.2.6 Wertschöpfungsprozesse und daraus resultierende Produkte

Das Holz durchläuft zum Teil mehrere Wertschöpfungsprozesse im Sinne einer kaskadischen Nutzung. Im Folgenden wird eine Übersicht über die in Österreich wichtigsten Wertschöpfungsprozesse und die daraus entstehenden Haupt- und Nebenprodukte gegeben.

Sägeindustrie

Der in Österreich wohl wichtigste Prozess ist jener der Sägeindustrie. In der Sägeindustrie wird aus Sägerundholz Schnittholz eingeschnitten. Im Jahr 2018 flossen 17,7 Mio. fm Rundholz (ohne Rinde) in die Sägeindustrie. Daraus wurden 10,4 Mio. fm Schnittholz und 7,9 Mio. fm Sägenebenprodukte produziert (Strimitzer et al., 2020), wie in Abbildung 30 ersichtlich. Die gängigen Schnittholzprodukte werden in Abbildung 31 zusammengefasst dargestellt. Sägenebenprodukte (SNP) sind vor allem Sägespäne, Spreißel und Schwarten (vgl. Abbildung 32).

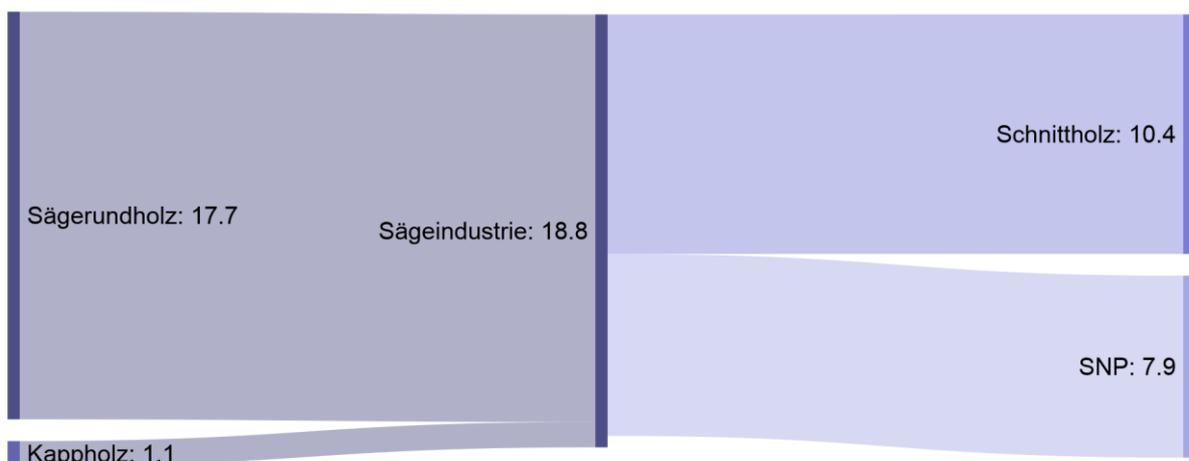


Abbildung 30: Massenströme in der Sägeindustrie 2018 in Millionen Festmeter (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Strimitzer et al., 2020)

Schnittholzprodukte					
Bretter					
					
					
Dielen:			Kanteln		
					
Kanthölzer:			Latten:		
					

Abbildung 31: Übersicht über Schnittholzprodukte (Quelle: Gruber, 2017)

Restprodukte					
Schwarten			Spreißel		Hackschnitz.
					
Sägespäne					
					

Abbildung 32: Übersicht über Sägenebenprodukte (Quelle: Gruber, 2017)

Holzwerkstoffindustrie

Die Holzwerkstoffindustrie (Plattenindustrie) stellt aus Industrierundholz und Sägenebenprodukten Holzwerkstoffe wie Spanplatten, Mitteldichte Faserplatten (MDF), und Oriented Strand Board (OSB) her. Für die Erzeugung von Holzwerkstoffen (Platten) wird in der Regel kein Sägerundholz verwendet, weil der Preis für die Erzeugung von Platten sonst zu hoch wäre und die Qualität von Industrierundholz/SNP ausreichend ist. Die in Abbildung 33 dargestellten Nebenprodukten werden vor allem der thermischen Endverwertung zugeführt.

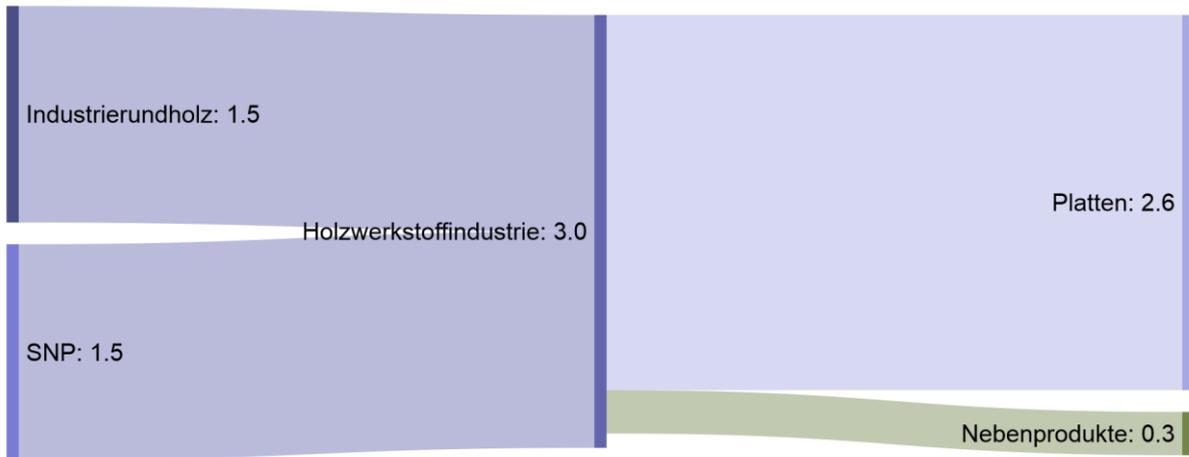


Abbildung 33: Massenströme 2018 in der Holzwerkstoffindustrie in Millionen Festmeter (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Strimitzer et al., 2020)

Papier- und Zellstoffindustrie

Für die Papier- und Zellstoffindustrie werden, ähnlich wie bei der Holzwerkstoffindustrie, Industrierundholz (Faser- und Schleifholz) sowie SNP verwendet, da der Einsatz von Sägerundholz zu teuer wäre. Aus 4,1 Mio. fm Industrierundholz und 4,7 Mio. fm Sägenebenprodukten entstehen 4,2 Mio. fm Papier und Zellstoff (vgl. Abbildung 34).

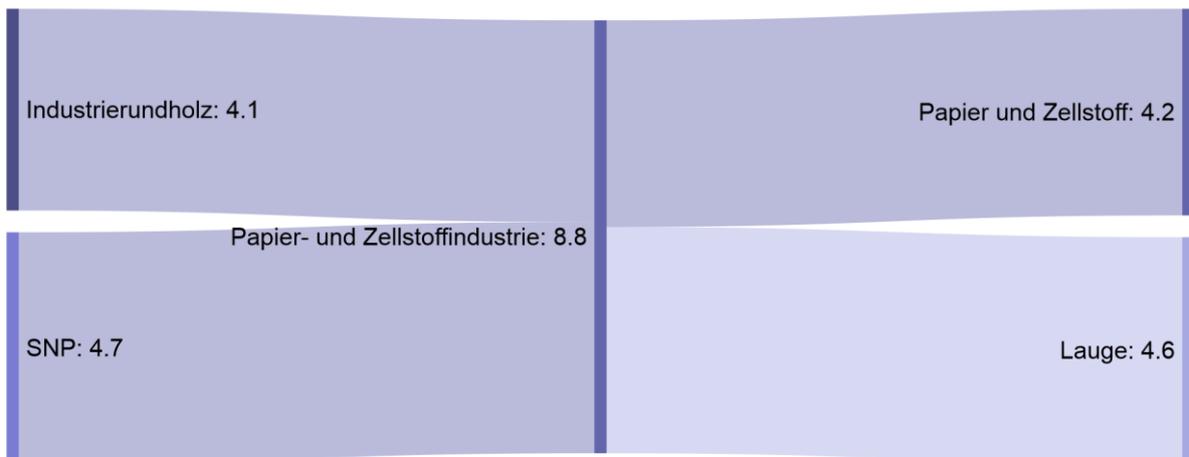


Abbildung 34: Massenströme 2018 in der Papierindustrie in Millionen Festmeter (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Strimitzer et al., 2020)

Sonstige Holzverarbeitung

Unter dem Begriff der sonstigen Holzverarbeitungen sind Wertschöpfungsprozesse zusammengefasst, die größtenteils mit Schnittholz geschehen. Aber auch Industrie- und Sägerundholz werden eingesetzt. Die sonstige Holzverarbeitung umfasst Prozesse wie Tischlereien, Furnierwerke, Zimmereien und Möbelwerke. Aus 7,8 Mio. fm Schnittholz, sowie einem geringen Anteil Säge- und Industrierundholz und Rinde entstehen 4,8 Mio. fm Holzprodukte und 4 Mio. fm Sägenebenprodukte (vgl. Abbildung 35).

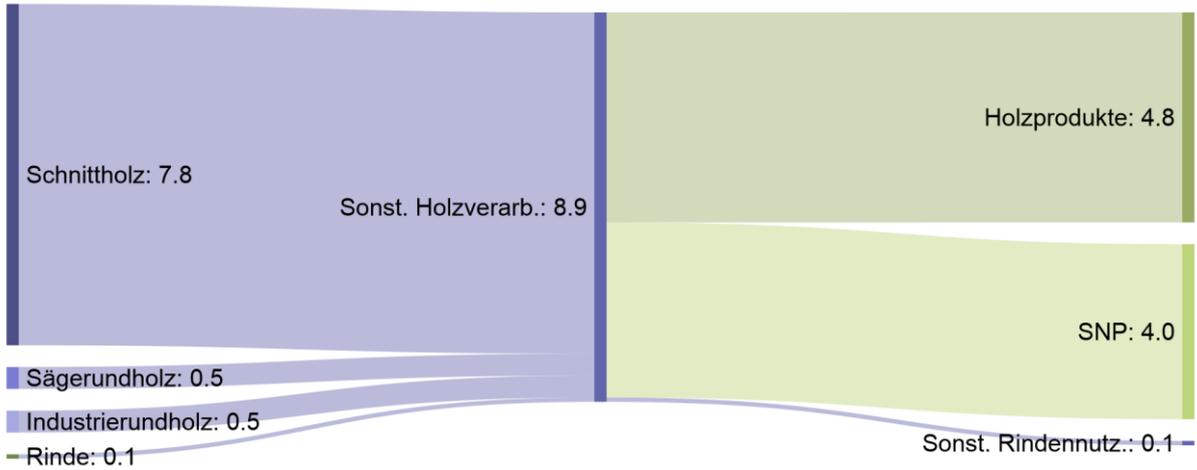


Abbildung 35: Massenströme 2018 in der sonstigen Holzverarbeitung in Millionen Festmeter (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Strimitzer et al., 2020)

Energetische Nutzung

In die energetische Nutzung fließen im Jahr 2018 25,7 Mio. fm Holz und Holzprodukte (vgl. Abbildung 36). Das ist somit der mengenmäßig größte Strom und bedeutendste Prozess. In Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen wird elektrische Energie und Wärme, in Hackgut-, Pellet-, Brikett- und Scheitholzkessel- oder -feuerungsanlagen nur Wärme erzeugt (Strimitzer et al., 2020).

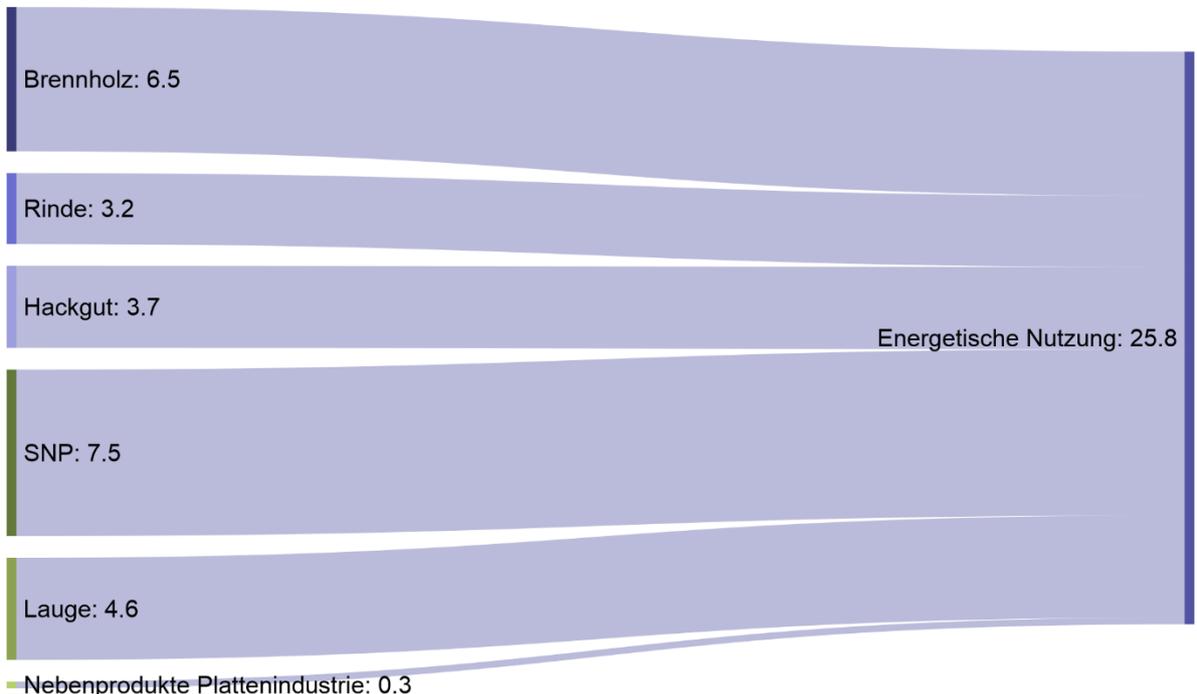


Abbildung 36: Massenströme 2018 in der energetische Holznutzung in Millionen Festmeter (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Strimitzer et al., 2020)

3.2.7 Inputs

Als Inputs werden diejenigen Prozesse beschrieben, aus denen Holz für die Holzlieferkette bzw. die Holzströme gewonnen wird. Der wichtigste „Input“ für die Holzströme ist der Holzeinschlag; darunter versteht man die Menge an Holz, die in Österreich geerntet wird. Im Jahr 2018 betrug der Holzeinschlag laut Holzeinschlagsmeldung 19,19 Mio. fm (ohne Rinde) (BMNT, 2019), laut der Veröffentlichung Holzströme in Österreich (Bezugsjahr 2018) waren es 19,4 Mio. fm (ohne Rinde)

(Strimitzer et al., 2020). Es sei darauf hingewiesen, dass zum Zeitpunkt der Analyse dieser Daten die aktuellste Publikation bezüglich des Holzeinschlags die Holzeinschlagsmeldung für das Jahr 2019 war, nach der der Holzeinschlag 18,9 Mio. fm (ohne Rinde) betrug. Allerdings gab es für das Bezugsjahr 2019 (noch) keine Publikation der Holzströme in Österreich; gerade diese Veröffentlichung wird aber generell als wesentliche Quelle für die Betrachtung der Ströme der einzelnen Sortimente herangezogen; und deshalb beziehen sich die Untersuchungen der Holzströme in dieser Arbeit noch auf das Jahr 2018.

Der Holzeinschlag bestand im Jahr 2018 aus 9,31 Mio. fm (48,53%) Sägerundholz mit einem Durchmesser > 20cm, 1,08 Mio. fm (5,63%) Sägeschwachholz (Durchmesser < 20cm), 3,55 Mio. fm (18,52%) Industrierundholz und 5,24 Mio. fm (27,32%) energetischer Nutzung. Laut Gruber (2017) stammt mehr als die Hälfte des eingeschlagenen Holzes in Österreich aus dem Klein- und Kleinstwald, in etwa ein Drittel aus dem privaten Großwald und gut 10% aus den ÖBF und sonstigen öffentlichen Wäldern. Dies entspricht auch in etwa den Flächenanteilen der einzelnen Besitzkategorien.

Daraus wird ersichtlich, dass mehr als die Hälfte des Einschlags auf Sägerundholz entfällt. Dieser Wert ist über den Zeitraum der letzten Jahre mehr oder weniger konstant geblieben. Trotzdem reicht diese Menge von eingeschlagenem Holz nicht aus, um den Bedarf der österreichischen Sägeindustrie zu decken. Aus diesem Grund muss Sägerundholz (meist aus Nachbarländern) nach Österreich importiert werden. Interessant ist der hohe Anteil an Holz bzw. Biomasse, das bzw. die für die energetische Nutzung bereitgestellt wird. Alles in allem sind die Anteile der Sortimente am Gesamtholzeinschlag über die letzten fünf Jahre konstant geblieben.

Weitere Inputs für die Holzströme in Österreich sind Importe und sonstiges Holzaufkommen. Österreich ist ein Netto-Importeur von Rohholz; das bedeutet, dass mehr Holz importiert als exportiert wird. Der Importüberhang ist gravierend. Im Jahr 2018 belief sich der Import von Rohholz auf ca. 13 Mio. fm (7,5 Mio. fm Sägerundholz, 2,7 Mio. fm Industrierundholz, 0,9 Mio. fm Brennholz, u.a.) (Strimitzer et al., 2020), wie in Abbildung 37 ersichtlich. Hingegen wurde nur ein Bruchteil an Rohholz exportiert (1,1 Mio. fm gesamt, davon 0,6 Mio. fm Sägerundholz, 0,3 Mio. fm Industrierundholz und 0,1 Mio. fm Brennholz) (Strimitzer et al., 2020). Rohholz wird vor allem aus Deutschland, Tschechien, Slowakei, Rumänien und Polen importiert; Hackgut u.Ä. wird zum Großteil aus Deutschland importiert (EUROSTAT, 2021b).

Unter dem Begriff „Sonstiges Holzaufkommen“ fassen Strimitzer et al. (2020) sonstige Holz mengen zusammen, die am Holzmarkt zur Verfügung stehen, aber nicht aus der Holzeinschlagsmeldung oder dem Import kommen. Das sind Holzströme aus dem Kleinstwald, Flurgehölze, rezykliertes Holz (also Altholz) usw. Im Jahr 2018 machten diese Ströme 4,9 Mio. fm aus, wobei der Großteil davon (3 Mio. fm) als Brennholz genutzt wurde (Strimitzer et al., 2020).

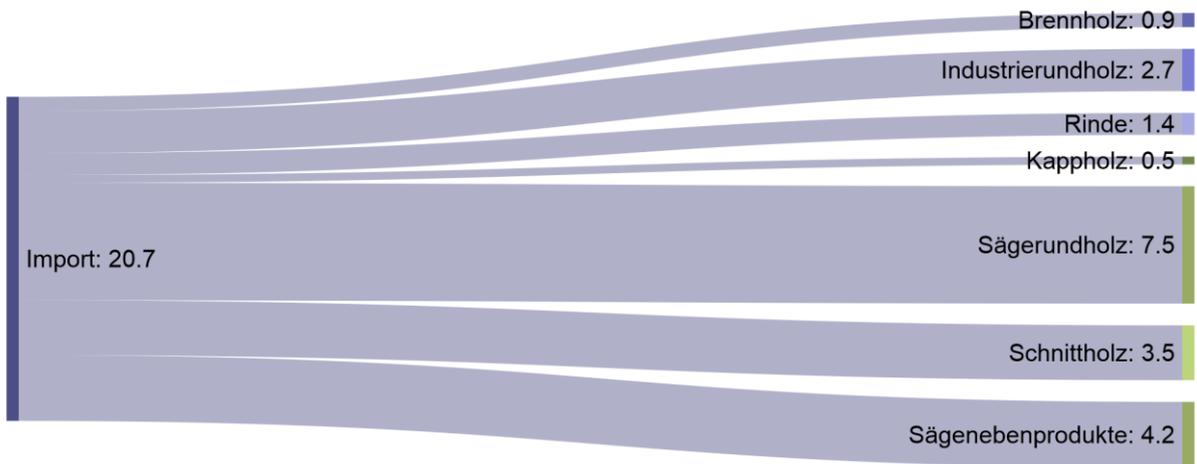


Abbildung 37: Österreichische Holzimporte 2018 in Millionen Festmeter (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Strimitzer et al., 2020)

3.2.8 Outputs

Als Output in der gewählten Betrachtungsweise gelten sowohl der Export als auch die Produktion von Holzprodukten, zumal der Holzstrom in dieser Betrachtungsweise in gewissen Produkten (Platten, Papier, Möbel, Holzbau, usw.) endet. Der Begriff „Output“ bedeutet, dass der Holzstrom versiegt oder Holz die Lieferkette verlässt.

Der erste Output, der analysiert wird, ist der Export. Aus Österreich werden sowohl Rohholz als auch Holzprodukte exportiert. Laut Strimitzer et al. (2020) wurden im Jahr 2018 6,1 Mio. fm an Schnittholz und 2,6 Mio. fm an Sägenebenprodukten, Presslingen, u.a. aus Österreich exportiert (vgl. Abbildung 38). Die größten Abnehmenden von Schnittholz, Holzprodukten und Papier sind Italien und Deutschland (EUROSTAT, 2021a).

Insgesamt wurden laut FHP (2021) im Jahr 2019 Holz und Holzwaren im Wert von 10,73 Mrd. Euro ins Ausland exportiert. Davon entfielen 5,28 Mrd. Euro auf Papierwaren (Papier, Pappe, Viskose, usw.), 3,50 Mrd. Euro auf Holz und Holzwaren (inklusive Schnittware), 0,94 Mrd. Euro auf Span- und Faserplatten, 0,67 Mrd. Euro auf Möbel und 0,34 Mrd. Euro auf Zell- und Holzstoff. Somit ist die Holzbranche nach dem Tourismus der größte Exportfaktor Österreichs.

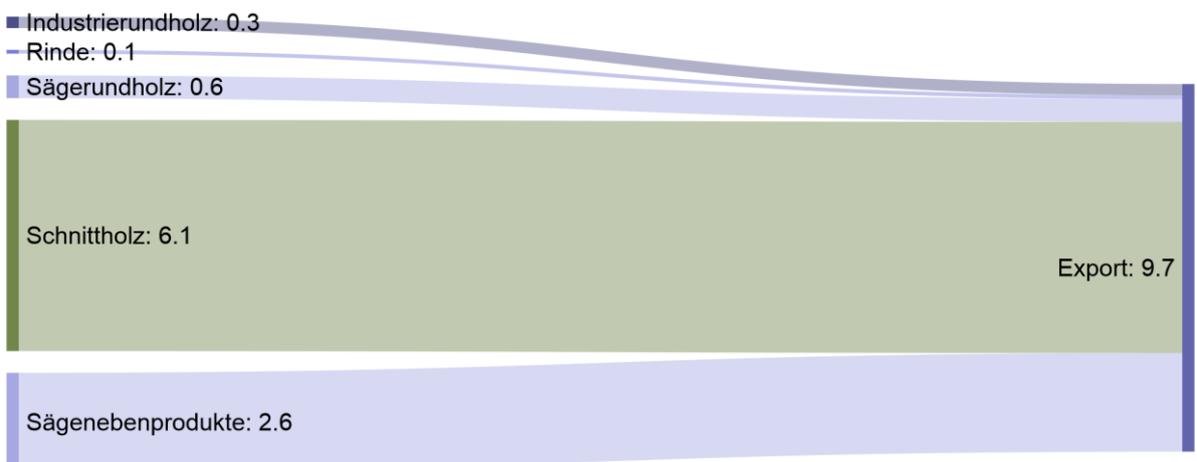


Abbildung 38: Österreichische Holzexporte 2018 in Millionen Festmeter (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Strimitzer et al., 2020)

Der zweite Teil, der für die Holzströme als Output gilt, ist jener der Produktion der Holzprodukte. Im Jahr 2018 betrug der Output für Produkte der Holzverarbeitung (Zimmereien, Tischlereien, Möbel- und Furnierwerke) 4,8 Mio. fm, für Holzwerkstoffe (also die Plattenindustrie) 2,6 Mio. fm, für die Papier- und Zellstoffindustrie 4,2 Mio. fm und für die thermische Verwertung 25,8 Mio. fm. Sonstige Outputs sind der natürliche Abgang (2,4 Mio. fm), der Ernterücklass (0,7 Mio. fm) und sonstige Rindennutzung (0,1 Mio. fm).

3.2.9 Modal Split des Holztransportes

Genauere und flächendeckende Aufzeichnungen über den innerstaatlichen Transport sowie über den Import und Export von Holz fehlen in Österreich: Es gibt keine Statistik darüber, wie viel von welchem Holzsortiment (etwa Rohholz oder Schnittholz) mit welchem Transportmittel (LKW, Bahn, Schiff) transportiert wird. Selbst die Güterstatistik der Statistik Austria kann eine solche Aussage nicht treffen. Um den Modal Split je Holzsortiment einschätzen zu können, wurde unterstützt durch den Fachverband der Holzindustrie eine Umfrage innerhalb der Holzlieferkette durchgeführt. Ziel dieser Umfrage war es, von wesentlichen Abnehmern der primären und sekundären Holzströme (Sägewerke, Papier- und Zellstoffindustrie, Plattenindustrie, thermische Verwertung) den Modal Split des Holzantransportes zu eruieren und diesen auf die gesamte Lieferkette umzulegen.

Der mengenmäßig wichtigste Abnehmer von Rundholz ist die Sägeindustrie. Für die Umfrage konnte der Modal Split von 17 Sägewerken ermittelt werden (vgl. Kapitel 2.3); diese 17 Sägewerke schnitten 2020 über zehn Million Festmeter Holz ein, was in etwa die Hälfte des österreichischen Einschnitts ausmacht. Für die restliche Hälfte wurde der Modal Split, beruhend auf den bereits vorhandenen Daten und auf Expert*innenwissen (Fachverband der Holzindustrie), hochgerechnet und anschließend bewertet. Die Interviews, die im Rahmen der Umfrage durchgeführt wurden, bestätigten, dass mit sinkender Größe des Sägewerks i. d. R. auch der Anteil des Bahntransportes bzw. des Schifftransportes sinkt und der Anteil des LKW-Transportes am Modal Split steigt. Aus Gründen des Datenschutzes können die einzelnen Ergebnisse der Umfrage nicht veröffentlicht werden, jedoch bietet Abbildung 39 erstmals einen österreichweiten Gesamtüberblick über den Modal Split für die primären (Rohholz zur Sägeindustrie) und sekundären (Schnittholz und Sägenebenprodukte aus der Sägeindustrie zu den abnehmenden Sparten) Ströme von Sägerundholz. Die Papier- und Holzwerkstoffindustrie weist eine wesentlich stärkere Marktkonzentration auf, folglich war es für diese beiden Industrien einfacher, den Modal Split lediglich durch direkte Interviews zu erfassen. Die qualitativen Interviews wurden mit der Papierholz Austria GmbH und einem Vertreter der Holzwerkstoffindustrie durchgeführt.

Für die heterogene Industrie der Biomasse und -energienutzung mussten mehrere qualitative Interviews mit Interessensvertretungen (proPellets Austria, Österreichischer Biomasseverband) und Industrievertreter*innen durchgeführt werden, um den Modal Split des Antransportes für diese Industrie hinreichend genau quantifizieren zu können.

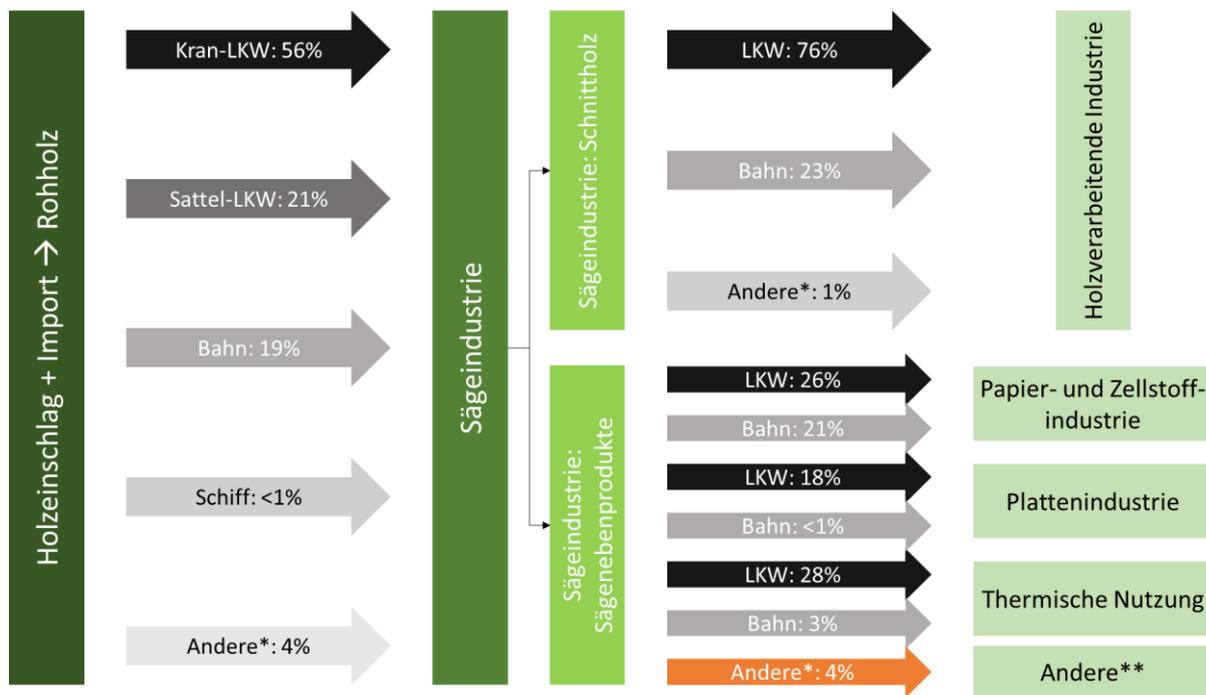


Abbildung 39: Modal Split Rohholztransport Österreich (*andere Verkehrsmittel wie z. B. Traktor, ** andere Nutzungsmöglichkeiten von Holz); (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

Mehr als die Hälfte des Sägerundholzes wird mit dem Kran-LKW antransportiert (56%), der Anteil des Sattel-LKWs beträgt 21%. Über drei Viertel des Rohholzes werden über den Transportmodus Straße zu den Sägewerken gebracht. Das deckt sich mit den Aussagen von Gruber (2017), der für 2017 den LKW-Transport etwas höher schätzte (80%). Der Bahnanteil liegt bei 19%, (das entspricht in etwa den Wert, den Kummer und Frank (2011) eruiert haben). Das Transportmittel Schiff hat nur geringe Relevanz für den Holztransport, kommt fast ausschließlich im Antransport von Rohholz zum Einsatz und macht insgesamt nur ca. 0,5% aus. Die restlichen ca. 4% entfallen auf andere Transportmittel wie z.B. landwirtschaftliche Traktoren mit Hänger.

Beim Abtransport von Holzsortimenten aus den Sägewerken wurde zwischen Schnittholz und Sägenebenprodukten unterschieden. Schnittholz wird demnach mit einem ähnlich hohen Anteil, verglichen mit Rohholz, mit dem LKW zur Weiterverarbeitung transportiert (76%). Jedoch ist der Bahnanteil für den Abtransport von Schnittholz (23%) höher als beim Antransport von Rohholz. Für Sägenebenprodukte wurde die Anteile der abnehmenden Sparten in der Umfrage erfasst und in die Berechnungen des Modal Splits miteinbezogen. So ergibt sich, dass insgesamt 26% der Sägenebenprodukte mit dem LKW und 21% mit der Bahn zur Papier- und Zellstoffindustrie befördert werden. Hingegen werden 18% der Sägenebenprodukte mit dem LKW zur Plattenindustrie befördert, der Bahnanteil ist hingegen verschwindend klein (weniger als ein Prozent (de Menech, 2021)). Der größte Strom der Sägenebenprodukte ist der Strom von der Sägeindustrie zur thermischen Verwertung (Pellets, Briketts, etc.) mittels LKW (28%), während nur etwa 3% mit der Bahn dorthin transportiert werden. Der Rest der sekundären Ströme, der sich nicht den oben genannten Kategorien zuordnen lässt, wird mit anderen Verkehrsmitteln (Traktor und Hänger) bzw. zu anderen Abnehmern befördert.

Während in Abbildung 39 der Fokus stark auf Sägeindustrie und Sägerundholz liegt, bietet Abbildung 40 erstmals eine Übersicht über den Modal Split im Holztransport zu den sonstigen holzabnehmenden Sparten differenziert nach Industrierundholz und Sägenebenprodukten. In der Papier- und Zellstoffindustrie ist der Anteil der Bahn am Modal Split relativ hoch, beim Industrierholz

liegt er bei 30%, bei Sägenebenprodukten sogar bei 45%, der Rest (70% bzw. 55%) wird von LKWs antransportiert. Konträr dazu wird in der Plattenindustrie nur ein kleiner Teil des Industrierundholzes (15%) per Bahn antransportiert, bei Sägenebenprodukten beläuft sich der Bahnanteil gegen 0% (de Menech, 2021). Schließlich ist der Bahnanteil in der Sparte der thermischen Nutzung (Pellets, Briketts, Brennholznutzung, usw.) ebenfalls vorhanden, nur ebenfalls bedeutend geringer als beim Rundholz. Generell lässt sich aus der Umfrage und den Interviews schließen, dass Brennholz zu ca. 80% mit dem LKW und zu 20% durch andere Verkehrsmittel zur thermischen Verwertung geliefert wird. Exakte Zahlen haben sich, ob der heterogenen Gruppe der Sparte der thermischen Verwertung und der schieren Anzahl an Personen/Betrieben, die mit Pellets oder Brennholz heizen, im Rahmen dieser Arbeit nicht eruieren lassen. Die 20% der anderen Verkehrsmittel bestehen vor allem aus dem Transport mit dem Gespann Traktor und Anhänger und nur in geringer Form aus dem Bahntransport. Ähnliches gilt für den Transport von Sägenebenprodukten aus der Sägeindustrie zur thermischen Verwertung, jedoch beträgt der LKW-Anteil 90% des Modal Splits, die restlichen 10% splitten sich wiederum in Bahn und Traktor auf.

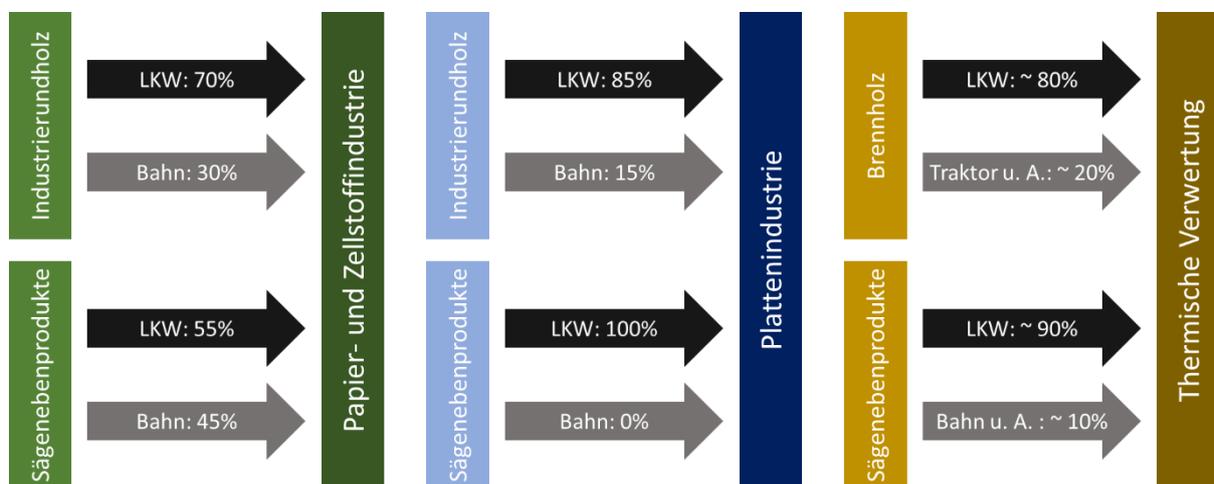


Abbildung 40: Modal Split für den Antransport von Holz und Sägenebenprodukten für die Papier- und Zellstoff- bzw. Plattenindustrie, sowie die thermische Nutzung von Holz (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)

3.3 Nass- und Trockenlager in Österreich

Im Idealfall wird Holz, nachdem es im Wald geerntet und zur Forststraße gerückt wurde, recht bald vom Wald zur weiterverarbeitenden Industrie transportiert. Da es sich bei Holz um ein Naturprodukt handelt, das durch Umwelteinflüsse über die Zeit an Wert verliert (Bläue, Fäule, Schädlingsbefall, Risse, etc.), sollte es nach Möglichkeit nicht zu lange im Wald bzw. auf der Forststraße liegen (CTBA, 2004). Die Verweildauer hängt u.a. davon ab, welche Mengen die Holzverarbeitende Industrie abnimmt. Die Forstwirtschaft kann insofern gestalten, als sie dem Bedarf der Holzindustrie entsprechend mehr oder weniger erntet. Bei Kalamitätsereignissen wie Windwürfen muss das Holz allerdings möglichst rasch aufgearbeitet werden, um weitere Schäden (z.B. Käferbefall) zu verhindern. In einer derartigen Situation kann die Forstwirtschaft die Holzernstemenge deshalb nicht auf den Bedarf der Holzindustrie abstimmen.

Durch Kalamitäten steigen die Holzmengen oft massiv an; und das „Gleichgewicht“ zwischen den Erntemengen der Forstwirtschaft und dem Holzbedarf der Holzindustrie wird gestört. Das sich immer noch im Wald befindliche Schadholz kann nun nicht mehr rasch zur Industrie befördert werden, sodass am Holz mit der Zeit Mängel auftreten.

Um diesem Wertverlust entgegenzuwirken, können Holzlager errichtet werden. Diese Lager liegen entweder in direkter Nähe des Forstbetriebs oder der Industrie. Holzlager sollen dazu dienen,

einerseits die Qualität des Holzes sicherzustellen und andererseits den Holzmarkt zu entlasten und die Holzpreise zu erhalten. Um das Ziel der Qualitätserhaltung zu erreichen, kann die Holzfeuchte entweder hochgehalten oder aber schnell abgesenkt werden. Möglichkeiten, um die Holzfeuchte hochzuhalten, sind die Lebendlagerung, die Nasslagerung, die Folienlagerung und die Lagerung in Rinde. Ein schnelles Entziehen der Holzfeuchte wird durch Trockenkonservierung ohne Rinde erreicht (Odenthal-Kahabka, 2005). In Österreich werden hauptsächlich Nasslager für Sägerundholz und Trockenlager für Industrierundholz angelegt, weil diese Lagerungsarten am praxistauglichsten sind (Fischer et al., 2010). Darüber hinaus gibt es in Österreich vereinzelt auch weniger gebräuchliche Lagerungsarten, wie die Einlagerung in Bergwerken, die Wasserlagerung oder das Bedecken des Holzes mit Stroh, Erde oder Kalk (CTBA, 2004).

Ein Nasslager unterscheidet sich von einem Trockenlager dadurch, dass das dort liegende Holz (meistens Sägerundholz, höherer Qualität) durch eine Sprinkleranlage kontinuierlich bewässert wird (vgl. Abbildung 41). Die Holzfeuchte beträgt über 120%; dadurch ist es Sauerstoff und Schädlingen schwerer möglich, in die Holzzellen einzudringen. Für diese Lagerungsart sind u.a. ausreichend Wasser im Einzugsgebiet, eine Sprinkleranlage, ein Vorfluter sowie eine wasserrechtliche Bewilligung erforderlich (Grill et al., 2013). Auf einem Hektar Lagerfläche können zwischen 11.000 und 19.000 fm Holz gelagert werden. Je Quadratmeter beregnete Oberfläche sind pro Tag mindestens 50 Liter Wasser notwendig (CTBA, 2004). Es werden nur Bloche von höherer Qualität gelagert. Durch Nasslager kann Holz teilweise mehrere Jahre (bis zu 5) wertkonservierend und in großen Mengen gelagert werden (Odenthal-Kahabka, 2005). Die Stämme bleiben dazu in Rinde. Idealerweise sind die einzulagernden Stämme „waldfrisch“, haben also noch eine Holzfeuchte von >100%. Dieser Zustand soll möglichst lange erhalten bleiben, um so den Verkaufsdruck zu entschärfen (Cozi et al., 2000).



Abbildung 41: Betrieb eines Nasslagers (Quelle: BMK Infothek, 2020a)

Nasslager sind mit 10 € – 20 € pro Festmeter im ersten Jahr kostenintensiv (Lutze, 2020; Lutze, 2014). Diese hohen Kosten werden fast ausschließlich für wertvolle Sortimente wie Sägerundholz eingesetzt, bei denen sich die teure Lagerung lohnen kann. Nasslager werden de facto nur von Forstbetrieben und Sägewerken eingesetzt, da Sägerundholz größtenteils zwischen diesen beiden Sparten fließt. Neben der Kostenfrage liegt ein weiterer Nachteil dieser Lagerungsart darin, dass trotz hoher Feuchte Schädlingsbefall etwa durch den Hallimasch eintreten oder es zur Bläue kommen kann. Wichtige Voraussetzungen, damit die Holzqualität erhalten werden kann, sind eine konstante, intensive Beregnung des Holzes (mit entsprechender Wasserkapazität) und ein rasches Aufbauen

bzw. Befüllen der Läger und damit einhergehend eine gute Verkehrsanbindung (Odenthal-Kahabka, 2005).

Für Industrierundholz, das in eine niedrigere Preisklasse fällt als Sägerundholz, lohnt sich eine Nasslagerung aus wirtschaftlicher Sicht meist nicht; dafür kommen Trockenläger in Betracht. Bei Trockenlagerung von Holz wird zwischen der Lagerung in Rinde und ohne Rinde unterschieden. Trockenläger werden vor allem für Nadelholz angewandt (Odenthal-Kahabka, 2005). In Österreich wird auch Energieholz (v.a. Laubholz) in Trockenlägern gelagert. Beim Trockenlager wird Holz durch Trocknung auf ca. 30% Holzfeuchte konserviert. Dadurch fallen die für die meisten Schädlinge notwendigen Lebensgrundlagen (z.B. genügend Feuchtigkeit) weg. Andererseits steigt jedoch bei sinkender Holzfeuchte das Risiko der Holzrissbildung, was sich wiederum negativ auf die Qualität auswirken kann. Das Holz wird auf einem Lagerplatz gestapelt, entweder mit oder ohne Überdachung. Voraussetzungen sind gute Stapelung, keine Verletzung des Holzes, bereits vorangegangene Entrindung (damit das Holz besser trocknet) und gute Durchlüftung (durch windexponierte Lage des Polters).

Probleme bereitet jedoch Regen, der die Holzfeuchte wieder ungewollt steigert. Aus diesem Grund ist die Trockenlagerung mit 7 €–13 € pro fm zwar eine vergleichsweise günstige (Odenthal-Kahabka, 2005; CTBA, 2004) und einfache (keine wasserrechtliche Bewilligung notwendig) Alternative, jedoch nur für bis zu drei Jahren eine temporäre Option (Cozi et al., 2000). Laut Odenthal-Kahabka (2005) wirkt sich eine längere Lagerungsdauer nicht auf die Kosten aus, jedoch sinkt die Qualität des gelagerten Holzes mit der Dauer zusehends (durch starke Sonneneinstrahlung, Rissbildung, Schwankungen der Holzfeuchte durch Regen und anschließende Trocknung, durch zu langsames bzw. schnelles Trocknen des Holzes, etc.). Trockenläger werden in Österreich vor allem von der Papier- und Zellstoffindustrie eingesetzt, natürlich auch auf Seiten der Forstbetriebe. Odenthal-Kahabka (2005) empfiehlt die Trockenlagerung nicht als standardisiertes Verfahren für die Holzlagerung in Katastrophenfällen. Das Vortrocknen in Lägern kann jedoch den Vorteil mit sich bringen, dass das Holz auf Industrieseite weniger/nicht getrocknet werden muss, was Kundenwünschen entsprechen kann.

Vor allem für wertvolle Holzsortimente (Nadel- und Laubholz) ist die Folienlagerung eine Möglichkeit, um Qualität und Wert zu erhalten. Dabei werden Bloche luftdicht in handelsüblichen Silofolien verpackt (vgl. Abbildung 42). Durch Sauerstoffmangel sollen Schäden durch Holzschädlinge wie Insekten oder Pilze vermieden werden. Wird das Holz schnell und frisch entrindet, können dadurch die Chancen für Schädlingsbefall verringert werden (Lutze, 2014). Durch die Folienlagerung kann der Wert wertvoller Sortimente bei richtiger Lagerung für ca. 10 Monate vollständig erhalten bleiben (Cozi et al., 2000). Vorteile der Folienlagerung sind eine potentiell lange Lagerungsdauer, da nur leichte Schäden bei bis zu drei Jahren Lagerungsdauer zu erwarten sind und ein guter Schutz vor Regen und Wasser. Nachteile sind das aufwändige Einpacken und Verschweißen des Holzes in die Folien, regelmäßig anfallende Kontrollen und die Kosten. Für die Folienlagerung sind ein fester Untergrund und intakte Folien vonnöten. Die Kosten der Folienlagerung werden ähnlich hoch bzw. knapp unter den Kosten der Trockenlagerung geschätzt (Cozi et al., 2000). Die Effektivität der Folienlagerung bzw. des Werterhalts hängt maßgeblich davon ab, ob die Folie durch Schäden aufreißt oder Löcher bekommt, durch die Sauerstoff eindringen und die Qualität mindern kann (Lutze, 2014).



Abbildung 42: Betrieb eines Folienlagers (Quelle: Forestbook, 2021)

Wenn ein Abtransport des Holzes zur Industrie in zeitlicher Nähe absehbar ist, ist die wohl einfachste und günstigste Lagerungsart die Trockenlagerung in Rinde. Diese Lagerung des Holzes passiert häufig an der Waldstraße in Form von Holzpoltern zwischen dem Zeitpunkt der Holzernte und jenem des Holztransportes. Diese Art der Lagerung ist nur möglich, wenn es sich um frisches, gesundes Holz mit intakter Rinde handelt. Die Polter sollten möglichst im Schatten und auf wenig exponierten Stellen gelagert werden. Lagerung in Rinde ist prinzipiell nur für Nadelholz geeignet. Die Vorteile sind, dass das Verfahren kostengünstig und einfach zu handhaben ist und keine Investitionen getätigt werden müssen. Nachteile sind, dass das Holz bei dieser Lagerungsform anfällig für Insekten- und Pilzbefall ist, der nach Kalamitäten ohnehin vermehrt vorkommt. Es ist also empfehlenswert, das Holz so rasch wie möglich (max. 6 – 12 Monate Lagerungszeit) abzutransportieren (Cozi et al., 2000).

Damit lässt sich also resümieren, dass Lagerplätze durchaus eine Möglichkeit darstellen, um ein (ungewolltes) Überangebot an Holz auszugleichen und den Holzmarkt nicht zu überfluten bzw. insbesondere als Puffer bei Spitzen und Engpässen die Resilienz und Versorgungssicherheit erhöhen (Fischer et al., 2010). Jedoch ist zu berücksichtigen, dass die Holzlagerung in Nass- und Trockenlagern ein kostenintensiver, mit Aufwand verbundener Prozess (Lagermanagement, Umladen notwendig) ist, der bislang für Österreich noch nicht umfassend wissenschaftlich untersucht wurde.

Um ein durch Kalamitäten anfallendes Holzüberangebot auszugleichen, gibt es noch weitere Mechanismen, die vor der Holzlagerung zur Anwendung kommen, da sie einfacher und günstiger sind: Zuerst versuchen die Akteure der Forstwirtschaft und der Holzverarbeitenden Industrie, die schon bestehenden regionalen Lager zu füllen. Danach wird versucht, das Holz auch über weitere Strecken (z.B. mit Sattelschleppern oder mit der Bahn) auf anderen Märkten abzusetzen. Erst wenn die regionalen Lager voll sind und sich ein Transport über weite Strecken nicht lohnt (weil die umliegenden Märkte gesättigt sind und das Erreichen von noch weiter entfernten Märkten zu teuer wäre), werden Holzlager errichtet bzw. bedient (Rauch et al., 2021). Tabelle 5 gibt einen aktuellen Überblick über Nass- und Trockenlagerkapazitäten in Österreich. Diese Tabelle wurde, wie in Kapitel 2.2 beschrieben, durch Informationen der kontaktierten Landesbehörden, Forstbetriebe, dem BMLRT, Vertreter*innen der Holzindustrie, Waldwirtschaftsgemeinschaften und der Österreichischen Bundesforste AG und der sich dadurch ergebenden 33 Interviews befüllt.

Diese Kapazitäten werden, je nach Jahreszeit, Schadholzmengen und Wetterereignissen verschieden ausgenutzt, womit die Übersicht angibt, für wie viel Holz Lager angelegt wurden, nicht jedoch, wie viel Holz sich tatsächlich oder aktuell darin befindet. Weiters ist anzumerken, dass einerseits auf

Seiten des Forstes häufig Holz zwischengelagert/abgelegt wird (beispielsweise an der Forststraße, an Einfahrten zum Wald), bevor es weitertransportiert wird. Andererseits haben vor allem Sägewerke (meist in Nasslagern), aber auch andere Holzverarbeitende Industrien (meist in Trockenlagern) signifikante Mengen an Holz in Lagern zwischengelagert. Diese Lager, die in offiziellen Statistiken nur vereinzelt aufscheinen, konnten in der Auflistung der Tabelle 5 nicht berücksichtigt werden.

Tabelle 5: Übersicht Nass- und Trockenlager (Quelle: eigene Darstellung, Daten: diverse Interviews)

Bundesland	Anzahl Nasslager	Kapazität Nasslager [fm]	Anzahl Trockenlager	Kapazität Trockenlager [fm]
Burgenland	0	0	0	0
Kärnten	2	45.000	1	15.000
Niederösterreich	4	150.000	1	120.000
Oberösterreich	9	212.000	1	20.000
Salzburg	9	114.500	2	10.500
Steiermark	8	172.000	2	41.000
Tirol	4	106.000	12	30.000
Vorarlberg	3	15.000	5	5.000
Wien	0	0	0	0
Gesamt	39	814.500	24	241.500

Tabelle 5 erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, gibt aber einen ersten Ansatzpunkt zur bisher wissenschaftlich noch kaum untersuchten Lagerhaltung von Holz in Österreich. Im Ergebnis zeigt sich, dass in 39 Nasslagern über 800.000 fm und in 24 Trockenlagern knapp 250.000 fm gelagert werden können. Theoretisch können demnach über eine Million fm in Lagern gelagert werden. Im Rahmen vieler Interviews ließ sich erkennen, dass – mit regionalen Unterschieden – Holzlager an die Schadholzsituation angepasst wurden, indem einige Lager aufgelöst bzw. verkleinert wurden, während andererseits neue gebaut oder vergrößert wurden. Die doch sehr beträchtliche Menge von über einer Million fm zeigt aber, dass Holzlager nicht nur für den Holztransport, sondern auch für die gesamte Holzlieferkette von Bedeutung sind.

Holzlager helfen, bei Kalamitäten Holzüberangebot zu puffern, die Holzmengen zeitlich zu verteilen und die Qualität der Bloche zu erhalten. Um ein Holzlager sinnvoll zu betreiben, muss vorab eine Kosten-Nutzen-Analyse durchgeführt werden. Wissenschaftlich fundierte Leitfäden, Vorgangsweisen und praktische Handbücher hierzu existieren bereits, und haben in der Praxis ein entsprechend großes Anwendungspotential, denn Schadereignisse stellen für die gesamte Holzlieferkette eine große Herausforderung dar. Nach Kalamitäten gilt es, Logistikabläufe zwischen allen Akteuren sowie Informations- und Materialflüsse aufeinander abzustimmen. Dies betrifft das rasche Aufarbeiten des Holzes im Wald, den raschen Transport aus dem Wald zur Industrie bzw. zu Holzlagern durch Holzfrachtunternehmen, eine ordnungsgemäße Lagerung des Holzes sowie eine rasche Abnahme durch die Industrie.

4. Diskussion

Um die in Kapitel 3 präsentierten Ergebnisse zu diskutieren und zu analysieren, wurde der Ansatz einer SWOT-Analyse gewählt. Eine SWOT-Analyse ist eine Beschreibung der *Strengths* (internen Stärken), *Weaknesses* (internen Schwächen), *Opportunities* (externe Chancen) und *Threats* (externe Risiken). Im Rahmen der SWOT-Strategieentwicklung werden diese internen und externen Faktoren zueinander in Verbindung gesetzt und mögliche Handlungsempfehlungen abgeleitet. Die SWOT-Analyse ist eine effektive Methode, um Strategien abzuleiten, die internen Stärken und externe Chancen maximieren, bzw. interne Schwächen und externe Risiken minimieren (Rauch, 2006).

Ziel der SWOT-Analysen dieser Arbeit ist es, die zuvor gewonnenen Ergebnisse anhand der Eingliederung in Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken für vier verschiedene Transportketten zu verdichten, um Strategien zu entwickeln. Handlungsempfehlungen werden dann in Form einer Conclusio präzisiert; und schließlich wird ein Ausblick für die Zukunft gegeben.

Am Anfang der SWOT-Analysen steht eine leere Aufstellung mit Fragen (vgl. Tabelle 6). Die Reihungen und Auflistungen in den einzelnen SWOT-Tabellen wurden vom Autor nach eigener Expertise erstellt.

Tabelle 6: Beispiel für eine leere SWOT-Tabelle (adaptiert nach Gronalt et al. 2005)

Strengths	Weaknesses
Was sind Vorteile dieser Transportkette?	Was sind Nachteile dieser Transportkette?
Was wird in dieser Transportkette besonders gut erreicht?	Was könnte man verbessern?
Welche Stärken hat diese Transportkette im Vergleich zu anderen?	Welche Schwächen hat diese Transportkette im Vergleich zu anderen?
	Was sollte in dieser Transportkette vermieden werden?
Opportunities	Threats
Existieren Trends, die sich positiv auf die Transportkette auswirken?	Welche Entwicklungen können sich negativ auf die Transportkette auswirken?
Gibt es politische, soziale, technologische Entwicklungen, die sich positiv auswirken?	Welche Hindernisse und Veränderungen gibt es für diese Transportkette?
Kann sich die Position der Transportkette verbessern?	Ist die Position der Transportkette durch Trends gefährdet?

Laut Lobriser and Ablanalp (1998) werden die einzelnen Ebenen der SWOT-Tabelle in folgender Form miteinander kombiniert um vier unterschiedliche Strategietypen abzuleiten:

1. Welche internen Stärken können eingesetzt werden, um externe Chancen zu realisieren (SO-Strategien)?

2. Welche internen Schwächen müssen reduziert werden (bzw. welche Stärken fehlen), um externe Chancen zu realisieren (WO-Strategien)?
3. Welche internen Stärken können genutzt werden, um externe Risiken zu minimieren (ST-Strategien)?
4. Welche internen Schwächen müssen reduziert werden, um externe Risiken zu minimieren (WT-Strategien)?

Dabei sind sogenannte SO-Kombinationen offensive Strategien, während WT-Kombinationen als defensive Strategien bezeichnet werden.

4.1 Unimodaler Transport durch Einsatz von Kran-LKW

Tabelle 7 enthält die aggregierte SWOT-Analyse für die unimodale Transportkette Kran-LKW.

Tabelle 7: SWOT-Tabelle für die unimodale Transportkette Kran-LKW

Nr.	Strengths	Nr.	Weaknesses
S1	Bei kurzen Transportdistanzenradien am kostengünstigsten	W1	Hoher Leerfahrtenanteil
S2	Befahrung von Forststraßen hauptsächlich durch Kran-LKW möglich	W2	Teure Spezialfahrzeuge, nicht anderweitig anwendbar
S3	Kein Umschlag notwendig	W3	Niedrige Nutzlast
S4	Hohe Flexibilität	W4	Fahrer*innenmangel
S5	Etabliertes System	W5	Fehlende Kapazitäten bei Kalamitäten
S6	Eigener Kran für Abladung beim Holzlager und zum Umladen auf andere Verkehrsmittel	W6	Lange Wartezeiten bei Industriebetrieben
S7	44 Tonnen bei kurzer Distanz/bis zu 50 Tonnen bei Kalamitäten	W7	Hoher Treibstoffverbrauch und Verschleiß, steigende Kosten (Maut, Diesel, Personal)
		W8	Kürzere Nutzungsdauer als Sattel-LKW

Nr.	Opportunities	Nr.	Threats
O1	Allgemeine Forderung einer Erhöhung des höchstzulässigen Gesamtgewichts im Sinne des Klimaschutzes	T1	Steigende Beanspruchung, Leistungsdruck, körperliche/geistige Belastung, Eintönigkeit, steigende Anforderungen für LKW-Fahrer*innen
O2	Aufbauten, die Transport anderer Güter zulassen, werden entwickelt	T2	Betriebsschließungen
O3	Innovation in der Kommunikation und Logistik durch Holzindustrie	T3	Push von klimafreundlicheren Transportarten
O4	Steigender Holzbedarf, mehr Holz muss aus dem Wald gebracht werden	T4	Verstärkte Kontrollen (Überladung, Ruhezeiten)
O5	Verstärkte Rundholzbeschaffung im Umkreis < 100km	T5	Überlastung der Fahrer*innen und Kapazitäten im Schadholzfall
O6	Erhöhte Lagerkapazitäten durch Holzläger		

Folgende Strategien wurden aus Tabelle 7 abgeleitet (vgl. Tabelle 8):

Tabelle 8: Strategien für die unimodale Transportkette Kran-LKW

Nr	SO-Kombination
S2/S6 + O4	Verwendung des Kran-LKWs, um Holz auf Forststraßen zu transportieren; zusätzlich verstärkter Einsatz des Krans, um Holz auf andere Verkehrsmittel umzuschlagen
S5 + O4	In normalen Zeiten deckt Kran-LKW den Bedarf ab
S5 + O3	Das etablierte System innovativer machen (Kommunikation, Zusammenarbeit, Beschaffung, Logistik)
Nr	ST-Kombination
S1 + T1/T2	Erhöhung der Frachtpreise, um Beruf des Holzfrächters/der Holzfrächterin attraktiver zu machen und Betriebsschließungen entgegenzuwirken
S6 + T5	Verstärkter Einsatz von Kran-LKWs bei Kalamitäten, um Holz auf Holzlagerplätze umzulagern, dadurch werden Kapazitäten bei Kalamitäten frei, um Holz schnell aus dem Wald zu befördern, und um Fahrer*innen zu entlasten
S7 + T5	Einfachere Beladung der LKWs bis zu 50 Tonnen, um im Schadholzfall Fahrer*innen und Transportketten zu entlasten
Nr	WO-Kombination
W1/W2 + O2	Verstärkter Einsatz von LKWs, mit denen auch andere Güter transportiert werden können und effizienter Transportabfolgen, um Leerfahrtenanteil zu senken
W1 + O3	Effizienteres Routing; die gesamte Holzlieferkette umfassendes IT-, Kommunikations- und Logistiksystem
W5 + O6	Management und Logistik von Holzlagerplätzen, die Holzlieferkette umspannende Logistikkonzepte, um, v. a. bei hohen Schadholzmengen, effizient Kapazitäten zu nutzen
W6 + O3	Anlieferungsmanagement in Sägewerken verbessern, Anfahrtsspitzen glätten & verteilen
Nr	WT-Kombination
W4 + T1/T2	Attraktivierung des Berufes des/der Kran-LKWs-Fahrers/Fahrerin
W7 + T2	Erhöhung der Frachtpreise, um Betriebsschließungen abzuwehren

SO – Kombinationen:

Der Einsatz von Kran-LKWs ist de facto unumgänglich, um Rohholz aus dem Wald zu befördern. Wegen steigender Rohholzmengen, wie sie entweder aufgrund von Kalamitäten oder infolge steigender Nachfrage zu erwarten sind, wird in Zukunft ein noch intensiverer Einsatz von Kran-LKWs notwendig sein. Um Kapazitäten der Kran-LKWs (bzw. die Fahrer*innen dieser), vor allem bei Kalamitäten, zu gewinnen, ist es notwendig, dass Kran-LKWs Holz auf Sattel-LKWs und auf Holzläger umlagern (S2/S6 + O4). Die geschlossene, unimodale Transportkette ist auch weiterhin die günstigste für kurze Transportdistanzen

und soll in der nahen Beschaffung eingesetzt werden. In normalen Zeiten (also ohne signifikante Schadholzmengen) ist die Versorgung durch Kran-LKWs in der nahen Umgebung ebenso gut abgedeckt wie der Transport von Rohholz aus dem Wald für gebrochene Transportketten (S5 + O4). Das System des unimodalen Transports ist seit Jahrzehnten in der österreichischen Holzlieferkette verankert; Prozesse und Abläufe sind eingespielt. Diese Routine soll dazu genutzt werden, das System innovativer und digitaler zu gestalten (S5 + O3).

ST – Kombinationen:

Eine der größten Bedrohungen für die unimodale Transportkette ist der Fahrer*innenmangel. Um diesem Mangel entgegenzuwirken, könnten die Frachtpreise erhöht werden, um die Rentabilität der Holzfrachtunternehmen zu erhöhen. Denn die geschlossene Transportkette ist, für die Beschaffung aus der näheren Umgebung, günstiger als gebrochene Transportketten. Da Kran-LKWs unabdingbar für den Holztransport sind und von qualifizierten Fahrer*innen bedient werden müssen, erscheint eine Erhöhung der Frachtpreise sinnvoll, um Fahrer*innen in der Lieferkette zu halten (S1 + T1/T2). Denn durch eine solche Erhöhung ist es den Frachtunternehmen betriebswirtschaftlich eher möglich, den Fahrer*innen höhere Löhne zu bezahlen. Eine weitere Maßnahme, die zur Eindämmung dieses Mangels beitragen kann, ist die Intensivierung bzw. Einführung von Fahrer*innenschulungen. Die Transportkette ist über viele Jahre und Jahrzehnte etabliert; umso mehr überrascht es, dass kaum Schulungen in diesem Bereich stattfinden. Denn spezifische Schulungen wären nicht nur fachlich notwendig; sie könnten auch ein Instrument sein, um diesen Beruf in der Öffentlichkeit bekanntzumachen und das Berufsbild zu attraktiveren, wodurch letztlich auch Betriebsschließungen vermieden werden könnten.

Weiters sollten Kran-LKWs, die oft der Flaschenhals der Lieferkette sind, bei Kalamitäten vor allem dazu eingesetzt werden, das Schadholz aus dem Wald zu transportieren und es, wenn regionale Betriebe kein Holz mehr abnehmen, auf Holzlagerplätzen bzw. auf Sattel-LKWs oder in Verladebahnhöfen auf Waggons zu verladen (S6 + T5) – gleichzeitig bewirkt eine einfachere Erhöhung des höchstzulässigen Gesamtgewichts auf 50 Tonnen im Kalamitätsfall, dass LKW-Fahrer*innen pro Fahrt mehr Holztransportieren können, also weniger Fahrten notwendig und diese dadurch entlastet werden (S7 + T5).

WO – Kombinationen:

Ein großes Problem dieser Transportkette ist jenes der Leerfahrten. Die Entwicklung neuer Rungensysteme, mit denen ein Transport sowohl von Rohholz als auch von anderen Gütern wie z.B. Schnittholz möglich ist, könnte hier Abhilfe schaffen. Dadurch würde nicht nur die Produktivität der Holzfrachtunternehmen steigen, sondern auch die Effizienz innerhalb der Lieferkette (W1/W2 + O2).

Dies könnte auch durch eine Verbesserung der Ablauforganisation erreicht werden: Die Transportabläufe mit Kran-LKWs sind vor allem im Rohholztransport seit langer Zeit mehr oder weniger unverändert geblieben. Deshalb ist hier besonders viel Potential für Innovationen zur Effizienzsteigerung zu erkennen. Im Konkreten könnte etwa ein effizienteres Routing der einzelnen Holzfrachtunternehmen (durch eigene digitale Tools) großen Nutzen bringen. Gleiches gilt aber auch für Neuerungen dieser Art, die – etwa durch den Forst oder die Industrie – übergreifend innerhalb der Transportkette etabliert werden könnten. So könnten beispielsweise Transportfahrten optimiert und dadurch Transportkapazitäten gewonnen werden. Ein ähnliches Optimierungspotential liegt im Einsatz eines einheitlichen IT-Systems, durch das mit einheitlichen Datenstrukturen agiert und dadurch ein übergreifender Datentransfer erreicht werden könnte. So könnten beispielsweise einheitliche und damit übertragbare Lieferscheine generiert oder Schnittstellen zu anderen Transportmitteln vereinfacht werden (W1 + O3).

Logistikkonzepte und eine optimierte Koordination der Abläufe könnten, vor allem in Zeiten von Kalamitäten, dazu beitragen, Kran-LKWs (und andere Transportmittel) möglichst effektiv einzusetzen,

ihren Einsatz aufeinander abzustimmen und somit insgesamt einen effektiven Holztransport zu gewährleisten (W5 + O6). Ähnliches gilt für das Management der Holzläger: es empfiehlt sich, das Anlieferungsmanagement in den Sägewerken zu verbessern, beispielsweise durch transparente Kommunikation und verbesserten Informationsaustausch sowie durch Verteilung der Anlieferungen und damit Vermeidung von Anfahrtsspitzen (optimierte Lieferzyklen) (W6 + O3). So könnte die Wartezeit der Kran-LKWs bei den Sägewerken reduziert und auf diese Weise Transportkapazität freigespielt werden.

WT – Kombinationen:

Um den als bedeutendste Bedrohung identifizierten Fahrer*innenmangel zu beheben, oder zumindest zu lindern, muss der bislang als wenig erstrebenswerte gesehene Beruf von Kran-LKW-Fahrer*innen attraktiver gestaltet werden. Dies kann durch die Umsetzung der oben vorgeschlagenen Maßnahmen, also durch eine bessere Koordination unter den Akteuren in der Holzlieferkette, durch eine Erhöhung der Frachtpreise und durch ein verbessertes Anlieferungsmanagement in den Sägewerken (und damit durch eine Reduktion der Wartezeiten), geschehen (W4 + T1/T2). Auch auf die Überlastung, bzw. die Vermeidung dieser, der Fahrer*innen in Zeiten von Kalamitäten sei zu achten.

Ebenfalls würde eine Erhöhung der Frachtpreise eine höhere Marge, und somit eine wirtschaftliche Erleichterung, für LKW-Frachtbetriebe bringen. Die Erhöhung der Frachtpreise könnte verhindern, dass immer mehr (vor allem kleine) Betriebe schließen müssen. Durch Betriebsschließungen gehen nicht nur Arbeitsplätze, sondern auch Geschäftsbeziehungen und Know-How verloren (W7 + T2).

4.2 Gestaffelter unimodaler Transport durch Einsatz von Kran-LKW und Sattel-LKW

Tabelle 9 enthält die aggregierte SWOT-Analyse für die gestaffelte unimodale Transportkette Kran-LKW und Sattel-LKW:

Tabelle 9: SWOT-Tabelle für die gestaffelte unimodale Transportkette Kran-LKW - Sattel-LKW

Nr.	Strengths	Nr.	Weaknesses
S1	Bei größeren Distanzen günstiger als Kran-LKW	W1	Umschlag notwendig
S2	Höhere Nutzlast (+6 Tonnen)	W2	Hoher Koordinationsaufwand
S3	Sattel LKW-Fahrer*innen müssen keinen Kran bedienen können	W3	Genügend Platz zum Umschlagen notwendig
S4	Ökologisch besserer Transport als durch Kran-LKWs	W4	Abhängigkeit bei der Be- und Entladung, da kein eigener Kran vorhanden ist
S5	Leichtere Anmietung neuer Sattel-LKWs	W5	Umweltschädlicher als Bahn und Schiff
S6	Hohe Flexibilität der Sattelaufleger	W6	Befahrung von Forststraßen oft nicht möglich
S7	Umschlag von Kran-LKW zu Sattel-LKW auf nicht-öffentlichen Straßen möglich im Unterschied zum Umschlag auf Bahn/Schiff	W7	Zwischenlagerung des Holzes durch Kran-LKW notwendig bei schlechter Koordinierung
		W8	Kein flächendeckender Anschluss von Kran-LKW zu Sattel-LKW; größere Partner fehlen
		W9	Keine Verbesserung des Umschlags, dadurch keine steigende Rentabilität

Nr.	Opportunities	Nr.	Threats
O1	laufende Errichtung waldferner Holzläger	T1	Geringe Entfernung – günstigerer Einsatz von Kran-LKWs, große Entfernung – günstigerer Einsatz der Bahn
O2	Steigender Holzbedarf	T2	Investitionen in regionale Bahnhöfe, Erweiterung des Bahnnetzes
O3	Forderungen nach einer Erhöhung des höchstzulässigen Gesamtgewichts im Sinne des Klimaschutzes	T3	Niedrigbleibende Frachtpreise
O4	Verstärkte Beladung der Sattel-Anhänger durch Rückewägen & Forwarder, steigende Zahl dieser	T4	Fehlende Kran-LKWs, um die zu beladende Menge abzudecken

Folgende Strategien wurden aus Tabelle 9 abgeleitet (vgl. Tabelle 10):

Tabelle 10: Strategien für die gestaffelte unimodale Transportkette Kran-LKW – Sattel-LKW

Nr	SO-Kombination
S3 + O1	Verstärkter Einsatz von Sattelaufliegern durch leichtere Beladung: Beladung bei waldfernen Holzlagern
S5 + O4	Verstärkter Einsatz von Sattelaufleger im Kalamitätsfall, Beladung dieser auch durch Rückewägen/Traktoren
S1/S2 + O2	Bei gutem Umschlag und effizienter Transportplanung kann der steigende Holzbedarf der Industrie per Sattelaufleger auch aus dem weiteren Umfeld gedeckt werden, bei Kalamitäten mehr Schadholz abtransportiert werden
Nr	ST-Kombination
S1/S2 + T1	Mehr Holz pro LKW transportieren als bei Kran-LKWs, Sattelaufleger als Zwischenlager verwenden, Transport durch diesen bei Distanzen, ab denen sich Kran-LKW-Transport nicht mehr lohnt
S6/S7 + T2	Umschlag auf Sattelaufleger, wo Umschlag auf Bahn nicht möglich ist, hohe zeitliche und örtliche Flexibilität der Sattelaufleger nutzen, vor allem im Kalamitätsfall können diese präzise eingesetzt werden
Nr	WO-Kombination
W8/W9 + O4	Bessere Konzepte für gestaffelt unimodale Transporte entwickeln, in denen Anschluss Kran-LKW – Sattel-LKW gegeben ist; Verladung auf und Zwischenlagerung des Holzes durch Sattelaufleger
W4 + O1	Schaffung von mehr Verlademöglichkeiten (zentral + dezentral)
Nr	WT-Kombination
W1/W2 + T4	Abstimmung der Teilnehmer*innen innerhalb der Logistikkette stärken, um Umschlag von Kran- auf Sattel-LKW zu garantieren
W8 + T4	Logistische Lücken können durch Sattel-LKWs gefüllt werden, um viel Holz aus Regionen zu befördern, wo Bahntransport nicht stattfinden kann, jedoch Anschluss zu Kran-LKWs/externen Kränen gegeben ist

SO – Kombinationen:

Einerseits können Fahrer*innen von Sattel-LKWs leichter eingeschult bzw. angestellt werden, da keine speziellen Schulungen, wie sie z.B. für die Benutzung des Krans bei Kran-LKWs, notwendig sind. Gleichzeitig werden durch Holzlager mehr Verladungsmöglichkeiten für den Umschlag von Kran- auf Sattel-LKWs geschaffen, andererseits kann die Verladung auch durch Rückewägen oder Traktoren geschehen. Angesichts des höheren Holzbedarfs der Industrie empfiehlt sich ein verstärkter Einsatz von Sattel-LKWs, um Holz auf der Straße kostengünstiger transportieren zu können. Diese Strategie liegt auch deshalb nahe, weil ohnehin in den letzten Jahren die Zahl der Sattelaufleger ebenso wie die Zahl der Rückewagen der Klasse R gestiegen ist (S3 + O1). Andererseits sind Sattel-LKWs leichter in der Anschaffung, günstiger, da es sich nicht um Spezialmodelle, wie bei Kran-LKWs, handelt, und können flexibler eingesetzt werden, gerade in Kombination mit vermehrten Belademöglichkeiten (S5 + O4). Der steigende Holzbedarf der Industrie führt dazu, dass Sägewerke und andere Holzverarbeitende Betriebe auch Holz aus weiteren Entfernungen transportieren müssen. Durch ein niedrigeres Eigengewicht und eine damit verbundene erhöhte Massenleistung kann der Transport von Holz mittels gebrochener unimodaler Transportkette eine sinnvolle und rentable Option darstellen (S1/S2 + O2).

ST – Kombinationen:

Die gestaffelte unimodale Transportkette stellt ein attraktives Alternativangebot für jenes Segment des Holztransports dar, bei dem der Transport mit dem Kran-LKW nicht mehr rentabel und ein Bahntransport noch nicht rentabel oder unmöglich ist. Besonders in Gebieten, in denen das Bahnnetz entweder von vornherein nicht gut ausgebaut war oder Bahnverbindungen künftig eingestellt werden, sollten Sattel-LKWs verstärkt zur Versorgung der weiteren Umgebung eingesetzt werden. Aber auch dort, wo das Bahnnetz ausgebaut wird und die Beschaffung über die Bahn geschieht, bietet sich die gestaffelte unimodale Transportkette für solche Distanzen an, die zwischen der Rentabilität des Kran-LKWs und jener der Bahn liegen. Vor allem in Zeiten von großem Holzangebot ist es notwendig, Holz auch über weitere Entfernungen zu verteilen (S1/S2 + T1). Zwar ist ein Umschlag von Kran- auf Sattel-LKW notwendig, dennoch bietet dies gewisse Vorteile. Im Unterschied zur Bahn kann der Umschlag auch auf nicht-öffentlichen Straßen geschehen, was den Vorteil mit sich bringen kann, dass Kran-LKWs für dem Umschlag nicht bis zu öffentlichen Straßen fahren müssen, sondern z.B. bei der Waldeinfahrt, an der Sattel-LKWs parken können, das Holz umladen können. Das Beladen von Sattelaufliegern bringt überdies durch Pufferung von Holz mengen eine gewisse Flexibilität mit sich. Ein konzentrierter Einsatz von Sattelaufliegern, der entweder vom Forst bei hohen Einschlagsmengen oder von der Sägeindustrie bei gesteigerter Nachfrage, abgerufen werden kann, ist gut dazu geeignet, den Holzmarkt zu versorgen und sollte besonders dort eingesetzt werden, wo es wenig Bahnanschlüsse gibt (S6/S7 + T2).

WO – Kombinationen:

Die größte Hemmnis für den erhöhten Einsatz von Sattel-LKWs ist die Notwendigkeit des Umschlags. Die SWOT-Analysen haben jedoch gezeigt, dass eine Verbesserung des Umschlags, nämlich dessen effizientere und kostengünstigere Ausgestaltung, die größte Chance für diese Transportkette darstellt. Durch die Schaffung neuer Verlademöglichkeiten und -konzepte kann diese Chance realisiert werden. So empfiehlt es sich, Holz nicht nur durch Kran-LKWs umzuschlagen, sondern beispielsweise vermehrt auch durch Rückewägen. Dadurch kann der Flaschenhals, der sich zuweilen aus der begrenzten Anzahl von Kran-LKWs ergibt, überwunden werden. Eine durch Rückewägen bewerkstelligte Beladung von Sattelaufliegern, die auch zu einem späteren Zeitpunkt abtransportiert werden können, wird deshalb als großes Potential eingeordnet (W8/W9 + O4). Diese Art des Umschlags funktioniert umso besser, je weniger Schnittstellen es zwischen der Rückung (Holzernteunternehmen) und dem Holztransport per Sattel-LKW (Holzfrachtunternehmen) gibt; idealerweise werden beide Prozesse durch dasselbe Unternehmen durchgeführt. Um das Potential dieser Transportkette auszunutzen bzw. die Kapazitäten der Kran-LKWs auf die der Sattel-LKWs abzustimmen ist die Schaffung von mehr Verlademöglichkeiten unumgänglich (W4 + O1).

WT – Kombinationen:

Der Umschlag ist derzeit der wichtigste Grund dafür, dass Sattel-LKWs nicht häufiger zum Einsatz kommen und – vor allem bei kurzen Distanzen (ca. < 100 Kilometer) – vielfach der Kran-LKW herangezogen wird. Wenn es nicht zu einer Verbesserung der Verlademöglichkeiten und -konzepte kommt, wenn nicht genug Fahrzeuge inkl. Kränen für den Umschlag bereitstehen, wird auch in Zukunft der Sattel-LKW bei größeren Transportdistanzen nur ein Alternativangebot zur Bahn darstellen – und keine gleichwertige Konkurrenz. Mit der Bahn kann eine große Menge an Holz über weite Strecken transportiert werden. Die Transportmengen, die mit Sattelschleppern transportiert werden können, sind deutlich geringer, andererseits aber höher als jene bei der Verwendung von Kran-LKWs. Zusammenfassend sollte der Transport mit Sattel-LKWs daher durch besseren Umschlag optimiert und verstärkt auf weiteren Strecken zur Anwendung kommen, vor allem dort, wo die Bahn keine Konkurrenz darstellt. Auch hier wäre eine die Lieferkette umspannende Abstimmung bezüglich Kapazitäten und Umschlagmöglichkeiten von Vorteil, um den Umschlag von Kran- auf Sattel-LKWs zu koordinieren (W1/W2 + T4) bzw. (W8 + T4).

4.3 Multimodaler Transport durch Einsatz von LKW und Bahn

Tabelle 11 enthält die aggregierte SWOT-Analyse für die multimodale Transportkette von LKW und Bahn:

Tabelle 11: SWOT-Tabelle für die multimodale Transportkette Bahn

Nr.	Strengths	Nr.	Weaknesses
S1	Für weite Beschaffung und Import/Export geeignet	W1	Unzuverlässigkeit der Bahn-Frachtunternehmen
S2	Kostengünstiger Ganzzugtransport	W2	Nur über längere Distanzen und direktem Bahnanschluss konkurrenzfähig
S3	Dichtes Bahnnetz	W3	Umschlag notwendig
S4	Viele Industriebetriebe mit eigenem Bahnanschluss	W4	Einzelwagenverkehr wenig wirtschaftlich
S5	Große Volumina können transportiert werden	W5	Inflexibilität beim Bahntransport
S6	Priorität bei der Entladung	W6	Ineffizienter Informationsaustausch der Bahn mit Teilnehmenden der Lieferkette
S7	Containertransport im Export statt klassischem Bahntransport	W7	Kaum Lagerung des Holzes beim Umschlag am Bahnhof möglich, Zwischenlagerung des Holzes durch Kran-LKWs bei schlechter Koordinierung notwendig
S8	Bahntransport zu Hochseehäfen	W8	Schwierige Verladung des Holzes
S9	Eigene Waggons werden durch große Industrieunternehmen bereitgestellt	W9	Privatbahnen bieten überwiegend nur Ganzzugtransporte an

Nr.	Opportunities	Nr.	Threats
O1	Förderungen/Subventionen zur Erweiterung des Bahnanschlusses	T1	Sinkender Anteil des Modal Split der Bahn
O2	Neue Waggontypen (z.B. Gigawood)	T2	Geringe Rentabilität des Holztransportes für RCA
O3	Bessere intermodale Transportkonzepte werden entwickelt	T3	Sinkendes Vertrauen von Holzfrächter*innen/Abnehmer*innen in die Bahn
O4	Waggonverfügbarkeit erhöht sich	T4	Schließung von Bahnanschlüssen
O5	Neue Ganzzug-Terminals werden errichtet	T5	Sinkende Waggonverfügbarkeit (z. B. Ros statt Rnoos-uz)
O6	Fokus des Verkehrs auf Klimafreundlichkeit	T6	Innovationsresistenz
O7	Umfassendes Angebot von Privatbahnen (Ganzzugkonzepte, regionale Präsenz)	T7	Konjunkturzyklus anderer Industrien (Stahl vor Holz)
O8	Zunahme von Schadholz bei Kalamitäten		

Darauf basierend wurden Strategien abgeleitet, die in Tabelle 12 zusammengefasst sind:

Tabelle 12: Strategien für die multimodale Transportkette Bahn

Nr	SO-Kombination
S2 + O3	Forcierung von Ganzzugkonzepten
S3 + O7	Erweiterung des Bahnnetzes und der Anschlussmöglichkeiten, neue Ganzzugterminals, Bahntransport auch „in der Fläche“
S4 + O4/O5	Erhöhung der Waggonbereitstellung durch Industriebetriebe und Errichtung neuer Terminals
Nr	ST-Kombination
S1 + T1	Einsatz der Bahn bei weiten Distanzen, Einsatz der Bahn beim Import und Export, Ausnutzen der Massenleistung der Bahn
S2 + T2/T7	Einsatz von Ganzzügen, Zuteilung von Schienenkapazitäten, Rentabilitätssteigerung für die RCA
S7/S8 + T4/T5	Aktives Entgegenwirken des Rückzugs der Bahn aus der Fläche, um Export von Holzprodukten weiterhin zu gewährleisten
Nr	WO-Kombination
W1/W5 + O4	Transparentere und zuverlässigere Waggonbereitstellung durch höhere Waggonverfügbarkeit und Kommunikation
W3/W8 + O3	bessere Verlademöglichkeiten und Lagerplätze bei Bahnhöfen + Entwicklung von Umschlagkonzepten
W6 + O3	Bessere Waggonbereitstellung und neue Waggons, Verbesserung der Kommunikation und der Transparenz
Nr	WT-Kombination
W1 + T1/T3	Verlässlichkeit der Bahn und Vertrauen in diese erhöhen, Zusammenarbeit verbessern
W7 + T6	Schaffung von Zwischenlagerplätzen, besseren Verlademöglichkeiten und innovativen Konzepten

SO – Kombinationen:

Eine große Stärke der Bahn ist die Profitabilität, zumal sie über weite Strecken eine beachtliche Massenleistung erbringen kann. Deshalb ist eine Forcierung von Ganzzugkonzepten mit dazugehöriger Koordination, Abstimmung und Bündelung von Holzmengen ratsam. Um eine solche Entwicklung voranzutreiben und das Potenzial der Bahn besser zu nutzen, könnten neue Waggontypen eingesetzt werden, die flexibler und breiter anwendbar sind (S2 + O3). Darauf aufbauend empfiehlt es sich das in Österreich ohnehin bereits dichte Bahnnetz weiter auszubauen (bzw. zumindest die Auflösung von Verladebahnhöfen hintanzuhalten) und Bahnhöfe für die Verladung von Ganzzügen fit zu machen (S3 + O7). Einerseits klagen viele Akteure der Holzlieferkette darüber, dass die Waggonbereitstellung der Bahn zu unzuverlässig und inflexibel sei, andererseits besitzen viele – vor allem große Industriebetriebe – einen eigenen Bahnanschluss. Diese Bahnanschlüsse sollen in Zukunft noch mehr genutzt werden; zusätzlich kann eine Bereitstellung von industrie-eigenen Waggons die Waggonverfügbarkeit in der Lieferkette erhöhen. Der Einsatz von eigenen Waggons gewährleistet eine kontinuierliche Rohstoffversorgung für die Betriebe, gleichzeitig können die dadurch nicht benötigten Waggons der Bahn anderweitig eingesetzt werden. Diese Strategie funktioniert vor allem zwischen Teilnehmenden, die schon lange zusammenarbeiten, und auf Strecken, die geographisch für große Holztransportdistanzen in Betracht kommen (S4 + O4/O5).

ST – Kombinationen:

Der Einsatz der Bahn für den Holztransport ist nur für große Transportdistanzen geeignet. Dabei ist der größte Konkurrent dieser Transportkette bei großen Transportradien, zumindest bis zu einer gewissen Transportdistanz, die gestaffelte unimodale Transportkette Kran-LKW – Sattel-LKW. Eine gute, regional verankerte Dichte von Bahnanschlüssen und Verladebahnhöfen ermöglicht es, mit dieser Transportkette konkurrenzfähig zu bleiben. Die multimodale Transportkette Kran-LKW – Bahn soll vor allem bei Importen von Rohholz bzw. beim Export von Schnittholz und Holzprodukten eingesetzt werden sowie beim innerstaatlichen Transport über weite Strecken; sie stellt darüber hinaus einen klimafreundlichen Transportmodus mit hoher Massenleistung dar (S1 + T1). Um effizienter zu werden, ist es wichtig, dass die Beladung der Waggons reibungslos funktioniert, dass die Waggonbereitstellung gegeben ist und dass es wenig Leer- bzw. Standzeiten gibt. Letzteres kann vor allem mit Ganzzügen gut erreicht werden. Dabei muss die derzeit häufig geringe Rentabilität der RCA gesteigert, ebenso die Schienenkapazität und Waggonverfügbarkeit erhöht werden (S2 + T2/T7). Der derzeit stattfindende Rückzug der Bahn aus der Fläche muss aktiv verhindert werden, zum Beispiel durch Investitionen (der klimafreundlichen Transportart), nicht zuletzt, um Holzprodukte für den Export zu ausländischen Abnehmenden und zu Hochseehäfen zu transportieren (S7/S8 + T4/T5).

WO – Kombinationen:

Die häufig als schlecht beschriebene Kommunikation zwischen der Bahn auf der einen Seite und den LKW-Frachtunternehmen, dem Forst und der Industrie auf der anderen Seite, schlägt sich besonders in einer gewissen Unzuverlässigkeit der Bahnfrachtunternehmen (so zumindest die Kritik der Nachfragerseite bzw. der LKW-Frachtunternehmen) sowie in einer inflexiblen und schlechten Waggonbereitstellung nieder. Eine einfachere, flexiblere und bessere Waggonbereitstellung würde helfen, diese multimodale Transportkette effizienter zu machen und mehr Kapazitäten zu schaffen (W1/W5 + O4). Wie bei jeder gebrochenen Transportkette sollte der Umschlag möglichst schnell, unkompliziert und kostengünstig geschehen. Dies ist nicht immer der Fall, weil der Umschlag auf Waggons oft mit Schwierigkeiten verbunden ist. Vielfach fehlt der Platz für die Verladung oder die benötigte Infrastruktur. Die Beseitigung dieser Probleme ist eine essentielle Voraussetzung, um den Umschlag zu optimieren (W3/W8 + O3). Schließlich ist dringend zu empfehlen, den Austausch, die Koordination und die Logistik für diese Transportkette zu verbessern. Das kann durch erhöhtes Bewusstsein und ein Bemühen um engere Zusammenarbeit aller Teilnehmenden (Forst, LKW-Frachtunternehmen, Bahn, Industrie) geschehen; andererseits gilt es auch, Schnittstellen abzubauen und den Informationsfluss zu verstärken, z.B. in Form eines transparenten Kommunikationstools. Ein einheitliches IT-System bzw. Datenmanagement, transparentere Waggonbereitstellungen sowie innovative Logistikkonzepte bringen überdies viele Vorteile mit sich und erleichtern eine Zusammenarbeit (W6 + O3).

WT – Kombinationen:

Neben der mangelhaften Waggonbereitstellung und den Defiziten beim Umschlag liegt ein Grund dafür, dass nicht mehr Holz mit der Bahn transportiert wird, im geringen Vertrauen, das die Akteure der Transportkette in die Bahn haben. Gezielte Verbesserungen wie verlässlichere Waggonbereitstellungen, bessere Kommunikation und bessere Umschlagmöglichkeiten können das gering entwickelte (oder verloren gegangene) Vertrauen (wieder) stärken. Das ist notwendig, damit der Umschlag sowie die Rohstoffversorgung funktionieren. Dazu muss der Holztransport eine höhere Priorität für die Bahn bekommen. Anzustreben wäre eine Entwicklung weg vom Spot-Verkehr hin zu regelmäßigen Holztransporten, die entweder über den Forst oder die Industrie organisiert und mit den LKW-Frachtunternehmen und der Bahn gemeinsam koordiniert werden (W1 + T1/T3). Eine konstante und

flächendeckende Waggonbereitstellung, die eine Direktverladung vom Kran-LKW auf Waggons garantiert, wird aber auch in Zukunft nicht immer möglich sein. Das wäre aber kein wesentliches Problem, wenn es nicht an Lagerplätzen mangelte, an denen das Holz von Kran-LKWs am Verladebahnhof abgelegt werden könnte. Die Schaffung von mehr Zwischenlagerplätzen würde Pufferkapazitäten zur Verfügung stellen und damit die Holzmobilität erhöhen. Dies ist vor allem dann wichtig, wenn Ganzzüge beladen werden sollen. Lagerplätze entlasten die Lieferkette und ermöglichen einen kontinuierlichen Holzfluss. Dafür ist Innovation notwendig, um derzeitige Verlademöglichkeiten zu optimieren und rentabler/praktikabler zu machen (W7 + T6).

4.4 Multimodaler Transport durch Einsatz von LKW und Schiff

Tabelle 13 enthält die aggregierte SWOT-Analyse für die multimodale Transportkette Schiff:

Tabelle 13: SWOT-Tabelle für die multimodale Transportkette Schiff

Strengths		Weaknesses	
Nr.		Nr.	
S1	Wirtschaftlichkeit über größere Distanzen	W1	Umschlag notwendig
S2	Mengenbündelung in Pufferlagern in Verladehäfen	W2	Wenige Abnehmende, die an einem Hafen liegen; nur Donau befahrbar
S3	Beschaffung aus dem Ausland (etwa bei Kalamitäten in Deutschland)	W3	Hoher Koordinationsaufwand
		W4	Wirtschaftlichkeit nur bei Transport großer Mengen

Opportunities		Threats	
Nr.		Nr.	
O1	Sinkender Bahnanteil im Modal Split	T1	Bessere Ganzzuglogistik (z. B. Gigawood)
O2	Donauausbau für den Schiffsverkehr (etwa neue Schleusen, bessere Verlademöglichkeiten)	T2	Längere Niederwasserphasen
O3	Bessere intermodale Transportkonzepte werden entwickelt	T3	Verstärkter Einsatz von Bahn und Sattel-LKWs
O4	Bedeutung der Klimafreundlichkeit wird auch im Verkehr immer wichtiger	T4	Wenige Akteure
O5	Steigender Holzbedarf, höhere Beschaffungsradien		

Aus Tabelle 13 konnten die Strategien für diese Transportkette abgeleitet werden, diese sind in Tabelle 14 dargestellt:

Tabelle 14: Strategien für die multimodale Transportkette Schiff

Nr	SO-Kombination
S1 + O5	Bündelung von Aufträgen bei Beschaffung über weite Strecken
S3 + O5	Erhöhte Beschaffung aus dem Ausland

Nr	ST-Kombination
S2 + T1	Lagerung und Verteilung des Holzes an den Häfen durch Pufferlager als Vorteil gegenüber dem Holztransport per Bahn

Nr	WO-Kombination
W1/W4 + O3	Verbesserung in der Kommunikation

Nr	WT-Kombination
W3/T3	Massenleistung nutzen, effizienter Umschlag und Lagerung des Holzes durch Bündelung von Aufträgen, somit kann sich ein Transport großer Mengen über weite Distanzen im Vergleich z.B. zur Bahn lohnen

SO – Kombinationen:

Die Stärke des Holztransportes per Schiff liegt besonders in den großen Mengen, die über weite Strecken transportiert werden können. Gleichzeitig müssen große Mengen gebündelt werden, um einen profitablen Transport zu garantieren. Eine bewusste Bündelung von Aufträgen, also große Holzmengen, können einen Transport über weite Strecken sinnvoll machen (S1 + O5). Da der Holzbedarf weiterhin steigt und Kalamitäten auch regional begrenzt auftreten können (beispielsweise in Teilen von Westdeutschland), kann es sinnvoll sein, wenn große Abnehmende von Rohholz auf solche Ereignisse reagieren und per Schiff (Schad)Holz aus dem Ausland günstig kaufen. Der Transport mit dem Schiff hilft, auch über große Distanzen Holz kostengünstig zu transportieren (S3 + O5).

ST – Kombinationen:

Der Holztransport per Schiff kann in Österreich nur durch einen Umschlag (z. B. Kran-LKW auf Schiff) funktionieren. Dazu ist Koordination und Abstimmung erforderlich. Die Holzlieferkette ist, im Gegensatz etwa zur Automobilindustrie, keine „just-in-time“-Industrie, da Holz ein Naturprodukt ist und u.a. Kalamitäten die in der Lieferkette abgestimmte Holzversorgung verändern können. Im Unterschied zur Bahn kann an Häfen generell eine beträchtliche Menge an Rohholz gelagert werden. Denn es müssen große Holzmengen gebündelt werden, damit sich der Holztransport wirtschaftlich lohnt. Häfen sollen hier als Zwischenlager eingesetzt werden; das ist ein wesentlicher Unterschied zu Verladebahnhöfen, an denen eine solche Pufferkapazität fehlt. Außerdem bietet die Infrastruktur in Häfen eine i. d. R. bessere Möglichkeit der Verladung (S2 + T1). Jedoch ist die Lagerung an Häfen mitunter teuer, es gilt also, Vor- und Nachteile diesbezüglich abzuwägen.

WO – Kombinationen:

Der nötige Umschlag ist eine Schwäche dieser Transportkette. In Österreich beschaffen nur zwei Sägewerke Holz mit dem Schiff, weil dort die Löschung des Schiffs in der unmittelbaren Nähe des Sägewerks stattfindet und gleichzeitig große Holzmengen benötigt werden. Potential wird in der Entwicklung neuer Umschlagkonzepte gesehen, die eine effizientere Lieferkette mit sich bringen würden.

Ebenso notwendig ist eine Verbesserung in der Kommunikation und Zusammenarbeit in Bezug auf Abstimmung, Planung und Organisation (W1/W4 + O3).

WT – Kombinationen:

Der Ganzzug hat das größte Konkurrenzpotential zum Schiff, zumindest bezogen auf die Massenleistung. Demnach ist die Weiterentwicklung von Ganzzugkonzepten die größte Bedrohung für den Holztransport per Schiff. Daher müssen hier große Mengen gebündelt werden, damit viel Holz über weite Transportstrecken transportiert werden, und die Transportkette Schiff ihre Stärken ausspielen kann. Auch diese Transportkette ist gebrochen und umweltfreundlicher als der LKW-Transport. Eine effektivere Transportkette ist also notwendig, um mit der Entwicklung des Ganzzuges mithalten zu können (W3 + T3).

5. Conclusio

Die österreichische Holzlieferkette besteht aus vielen kleinen und nur wenigen großen Akteuren. Vor allem auf Seiten der Waldeigentümer*innen und der Holzfrachtunternehmen gibt es nur wenige große Akteure, während es in der Holzverarbeitenden Industrie einige große Betriebe gibt. Eine branchenübergreifende Zusammenarbeit oder Abstimmung gibt es in der Regel nicht. Der Holztransport ist ein wichtiger Teil der Holzlieferkette, dem in der Vergangenheit auch von Politik und Wissenschaft wenig Aufmerksamkeit geschenkt wurde.

Grundsätzlich funktioniert der österreichische Holztransport, jedoch können Kalamitäten und ein plötzliches Überangebot oder auch eine Übernachfrage die Lieferkette aus dem Gleichgewicht bringen. Bei starkem Borkenkäferbefall oder Windwürfen laufen die Transportprozesse häufig nicht mehr optimal ab. Das zweite große Problem im Holztransport liegt bei den Fahrer*innen von Kran-LKWs und damit auch bei den Transportbetrieben, die solche LKWs im Einsatz haben. Diese Fahrer*innen sind im derzeitigen Transportsystem unersetzlich, um Rohholz aus dem Wald entweder an die Straße oder direkt zur Industrie zu bringen. Aufgrund des Zusammenwirkens mehrerer Belastungsfaktoren – lange und ungünstige Arbeitszeiten, unattraktives Berufsbild, Arbeit bei jeder Witterung, lange Wartezeiten– gibt es aber immer weniger junge Arbeitskräfte, die sich zur Ausübung dieser Tätigkeit bereiterklären. Arbeitsstellen, die durch Pensionierung von Kran-LKW-Fahrer*innen frei werden, können bereits jetzt nicht immer nachbesetzt werden. Die Folge sind Fahrer*innenmangel und Betriebsschließungen. Um diesen Problemen zu begegnen, wurden mehrere Möglichkeiten aufgezeigt:

- Durch die Entwicklung leichter LKWs, die auch den Transport anderer Güter als Holz ermöglichen, wird die Profitabilität erhöht und der Anteil der Leerfahrten gesenkt. Durch ein breites Angebot an Schulungen soll das Berufsbild Holz-LKW-Fahrer*in attraktiver gestaltet und dargestellt werden und wieder mehr Fahrer*innen gewonnen werden. Durch eine Erhöhung der Frachttarife steigt auch die Profitabilität der Frachtunternehmen und es wird deren wirtschaftliches Überleben gesichert. Schließlich lassen sich durch ein Anlieferungsmanagement in den Sägewerken Anfahrtsspitzen verteilen und lange Wartezeiten verhindern. Das bewirkt eine bessere Ausnutzung der Transportkapazitäten der Kran-LKWs, weil diese nicht mehr so lange warten müssen und deshalb mehr Holz aus dem Wald befördern können.
- Um die Abläufe in der Lieferkette zu optimieren, bräuchte es mehr Zusammenarbeit. Im Konkreten sollte dies in Form eines gemeinsamen Logistiknetzwerks, einer zentralen Vernetzungs- und Lobbying-Plattform, die eine Notfallplanung für Kalamitäten, einen stärkeren Informationsaustausch und ein betriebsübergreifendes IT-Management fördert, geschehen. Darüber hinaus sind ein gemeinsames Lagermanagement in Gestalt von Holzlagern und eine bessere Koordination innerhalb der Lieferkette (Logistikkonzepte) notwendig, um Transportkapazitäten effizient zu nutzen und eine kontinuierliche Versorgung der Industrie sicherzustellen.
- Zentrale Holzlager sind eine gute Möglichkeit, um Pufferkapazitäten zu schaffen, wenn zu viel Holz im Umlauf ist, vor allem bei Kalamitäten. Holzlager bieten aber auch die Möglichkeit, von Kran-LKWs auf Sattelaufleger umzuladen und so Kran-LKW-Kapazität effizient zu nutzen. Der Umschlag auf Sattelaufleger kann auch dezentral geschehen und auch von Forwardern oder Traktoren mit Rückewägen durchgeführt werden. Eine gute Kombination aus zentralen und dezentralen Holzlagern erscheint also für die Zukunft sinnvoll, um Kran-LKW-

Transportkapazität freizuspielen und Holzmengen zu puffern. Jedoch sind Logistikkonzepte erforderlich, um das Lagermanagement effizient zu betreiben. Diese Konzepte und das Betreiben der Holzlager dürfen nicht nur auf den Holztransport beschränkt bleiben, sondern müssen im Zusammenwirken zwischen dem Forst, den Frachtunternehmen und der Holzindustrie etabliert werden.

- Durch den verstärkten Einsatz von gestaffelt unimodalen Transportketten (Umschlag auf Sattel-LKW) und multimodalen Transportketten (Umschlag auf die Bahn) werden ebenfalls Transportkapazitäten gewonnen. Sattel-LKWs und -Auflieger können leichter angemietet, Sattel-LKW-Fahrer*innen leichter angestellt werden. Dadurch können Kran-LKWs vermehrt dazu eingesetzt werden, um Holz aus dem Wald zu transportieren und dann auf andere Verkehrsmittel umzuladen. Das ist vor allem bei hohen Schadholzmengen empfehlenswert, wenn Holz schnell aus dem Wald gebracht werden muss. Um für diese Strategie den verstärkten Einsatz der anderen Verkehrsmittel auch gewährleisten zu können, muss der Umschlag auf den Sattel-LKW verbessert werden. Dies kann u.a. durch die Einbeziehung von zentralen und dezentralen Lagern mit professionellem Lagermanagement, die Beladung von Sattelaufliegern auch zu temporären Lagerzwecken und die Verwendung von Rückewägen für die Beladung erreicht werden. Auch ist eine Anhebung des höchstzulässigen Gesamtgewichts (vor allem für den Kran-LKW) dringend zu empfehlen, weil dies die Transportkapazität erhöhen, den Ausstoß an CO₂ reduzieren und die Arbeitsbedingungen der Frachtunternehmen deutlich verbessern würde.
- Um den Anteil der multimodalen Transportkette Kran-LKW – Bahn am Modal Split zu erhöhen, ist eine Reihe von Verbesserungen vonnöten. Zunächst ist ein quantitativer Ausbau der Verladebahnhöfe erforderlich, um regionaler und flächendeckender mit der Bahn transportieren zu können. Außerdem muss die Infrastruktur verbessert werden, um Holz effizienter verladen und lagern zu können. Die Umstellung auf Ganzzüge bringt eine höhere Rentabilität für die Bahn, doch ist dafür eine bessere Koordination und Kommunikation mit den anderen Teilnehmenden der Lieferkette vonnöten. Das wohl größte Problem des Bahntransports ist die inflexible, oft unzuverlässige Waggonbereitstellung. Um den Anteil des Bahntransports zu erhöhen, ist es unabdingbar, dass Waggons zum vereinbarten Zeitpunkt zur Verfügung stehen. Der Holztransport hat für die Bahn nur untergeordnete Bedeutung, vor allem im Vergleich zum Personentransport und zu Regeltransporten (u.a. Metalle, Mineralien oder Autos). All diese Maßnahmen würden das in der Vergangenheit häufig verlorengegangene Vertrauen in die Bahn wieder stärken.
- Der Bahntransport von Holz wird auch angesichts der immer stärker spürbaren Klimakrise und der Diskussion um ihre Eindämmung wichtiger. Im Güterverkehr wird viel CO₂ ausgestoßen; die Bahn stellt hingegen eine umweltfreundliche Alternative zum LKW dar. Eine Stärke der Bahn ist die Massenleistungsfähigkeit über große Distanzen. Der Holztransport per Bahn sollte in Zukunft verstärkt über Ganzzugkonzepte abgewickelt werden und die österreichische Infrastruktur dementsprechend gefördert und angepasst werden; das setzt eine Bündelung von Holzmengen und große Abnehmende voraus. Der Holztransport per Schiff wird indes auch in Zukunft keine wesentliche Rolle spielen, er kann aber eine attraktive Alternative zu Ganzzügen bieten, vor allem beim Import von Rohholz (z.B. aus Deutschland).

Die Nachfrage nach Holz steigt kontinuierlich. Holz ist ein umweltfreundlicher Rohstoff, der CO₂ speichert. Auch in Zukunft wird die Nachfrage noch anwachsen, weil es ein immer größeres Bewusstsein für die Vorteile dieses Rohstoffs geben wird und auch die Politik Lenkungsmaßnahmen

in Richtung eines höheren Holzeinsatzes ergriffen hat. Die Holzindustrie hat eine große Bedeutung für die österreichische Volkswirtschaft; sie schafft viele Arbeitsplätze, exportiert Holzprodukte in großen Mengen ins Ausland und stellt auch die Befriedigung der steigenden Nachfrage nach Holzprodukten in Österreich sicher. Jedoch ist dieser Erfolg ohne Holztransport nicht möglich und eine Fortsetzung dieses industriellen Erfolgswegs kann daher nur durch das Weiterbestehen und den Ausbau dieses Transportsegments gewährleistet werden. Es ist also notwendig, dem österreichischen Holztransport mehr Aufmerksamkeit zu schenken, seine Probleme zu verstehen und seine bestehenden Potentiale zu nutzen. Alle Teile der Holzlieferkette vereint der Rohstoff Holz. In Zukunft braucht es statt des bisherigen Nebeneinander-Agierens ein Miteinander. Es braucht es mehr und verbesserte Kooperation.

6. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über die wichtigsten Akteure der Forstwirtschaft (Forstbetriebe > 5.000 ha) (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Forstjahrbuch 2020, Grube Forst, 2020 und Zuschnitt 2013, proHolz Austria, 2020).....	10
Tabelle 2: Anzahl der Rungen-LKWs/-anhänger im Zeitraum 2006 – 2020 (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Statistik Austria, Abteilung Kraftfahrzeuge, 2021)	22
Tabelle 3: Anzahl Langholz-LKWs/-anhänger im Zeitraum 2016 – 2020 (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Statistik Austria, Abteilung Kraftfahrzeuge, 2021)	26
Tabelle 4: Sägewerksstandorte in Österreichs nach dem jährlichen Einschnitt (Eigene Darstellung, Daten: Größte Sägewerke in Österreich 2019, Holzkurier, Datum: 7.1.2020).....	30
Tabelle 5: Übersicht Nass- und Trockenläger (Quelle: eigene Darstellung, Daten: diverse Interviews)	59
Tabelle 6: Beispiel für eine leere SWOT-Tabelle (adaptiert nach Gronalt et al. 2005)	60
Tabelle 7: SWOT-Tabelle für die unimodale Transportkette Kran-LKW.....	62
Tabelle 8: -Strategien für die unimodale Transportkette Kran-LKW.....	63
Tabelle 9: SWOT-Tabelle für die gestaffelte unimodale Transportkette Kran-LKW - Sattel-LKW	66
Tabelle 10: SWOT-Kombinationen für die gestaffelte unimodale Transportkette Kran-LKW – Sattel- LKW.....	67
Tabelle 11: SWOT-Tabelle für die multimodale Transportkette Bahn	70
Tabelle 12: SWOT-Kombinationen für die multimodale Transportkette Bahn.....	71
Tabelle 13: SWOT-Tabelle für die multimodale Transportkette Schiff	73
Tabelle 14: SWOT-Kombinationen für die multimodale Transportkette Schiff	74

7. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Räumliche Verteilung und Fuhrparkgröße erhobener Holzfrachtunternehmen (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	11
Abbildung 2: Häufigkeit der LKW-Anzahl in Holzfrachtunternehmen (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	13
Abbildung 3: Statistische Verteilung der LKWs nach Fuhrparkgröße (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	13
Abbildung 4: Anzahl der Frächter*innen pro Bundesland (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	15
Abbildung 5: Illustration der LKW-Klasse N3 mit Rungenaufbau F/MN (Quelle: Schwarzmüller, 2021a)	19
Abbildung 6: Illustration der Anhängerklasse O4; von oben nach unten: Sattelaufleger, Deichselanhänger und Zentralachsanhänger (Aufbauart F/MN) (Quelle: Schwarzmüller, 2021b)	20
Abbildung 7: Illustration der Anhängerklasse R (Quelle: Rohse Fahrzeugtechnik, 2021)	21
Abbildung 8: Anzahl Aufbauart F/MN Rungen gängige Modelle (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Statistik Austria, Abteilung Kraftfahrzeuge, 2021)	22
Abbildung 9: Entwicklung der Einschlagsmengen in den Jahren 1993-2019 (Quelle: BMK Infothek, 2020b)	23
Abbildung 10: Anzahl der Anhängerklassen der Aufbauart F/MN Rungen, Spezialmodelle (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Statistik Austria, Abteilung Kraftfahrzeuge, 2021)	24
Abbildung 11: Anteil der Sattelaufleger in den Anhängerklassen O3/O4 (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Statistik Austria, Abteilung Kraftfahrzeuge, 2021)	25
Abbildung 12: Beispiel eines LKWs mit Aufbauart 17 Langholz (Quelle: forstpraxis.de, 2018)	25
Abbildung 13: Anzahl Aufbauart F/MN Rungen Fahrzeugart N3 auf Bundesländerebene (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Statistik Austria, Abteilung Kraftfahrzeuge, 2021)	26
Abbildung 14: Anzahl Aufbauart F/MN Rungen Anhängerklassen O3 bzw. O4 auf Bundesländerebene (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Statistik Austria, Abteilung Kraftfahrzeuge, 2021)	27
Abbildung 15: Anzahl Aufbauart F/MN Rungen Anhängerklasse R auf Bundesländerebene (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Statistik Austria, Abteilung Kraftfahrzeuge, 2021)	28
Abbildung 16: Rungen-LKW mit Kran (Quelle: Waldwissen.net, 2009)	37
Abbildung 17: WoodTrainer zur Beförderung von Schüttgut und Biomasse (Quelle: Innofreight Solutions GmbH, 2021)	37
Abbildung 18: Kurzholzzug (Quelle: Huttner Fahrzeugbau GmbH, 2021a)	38
Abbildung 19: Langholzzug (Quelle: Huttner Fahrzeugbau GmbH, 2021b)	39
Abbildung 20: Sattelzug mit Kran und Rungenanhänger (Quelle: Huttner Fahrzeugbau GmbH, 2021c)	39
Abbildung 21: Trailerverladung durch Kran-LKW (Forstbetrieb Sartoris, 2021)	40
Abbildung 22: Bahntransport von Rundholz mittels Rungenwaggon, Waggontyp Rnoos-uz (Quelle: Bahnbilder.de, 2008)	41
Abbildung 23: Einsatz eines Laaprs (WoodRailer) (Quelle: Holzkurier, 2007)	42
Abbildung 24: Massenströme Sägerundholz 2018 in Millionen Festmeter (HEM: Holzeinschlagsmeldung; Quelle: eigene Darstellung, Daten: Strimitzer et al., 2020)	44
Abbildung 25: Massenströme Industrierundholz 2018 in Millionen Festmeter (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Strimitzer et al., 2020)	45
Abbildung 26: Massenströme Brennholz 2018 in Millionen Festmeter (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Strimitzer et al., 2020)	45
Abbildung 27: Massenströme Rinde 2018 in Millionen Festmeter (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Strimitzer et al., 2020)	46

Abbildung 28: Massenströme Kappholz 2018 in Millionen Festmeter (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Strimitzer et al., 2020)	46
Abbildung 29: Massenströme Hackgut 2018 in Millionen Festmeter (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Strimitzer et al., 2020)	47
Abbildung 30: Massenströme in der Sägeindustrie 2018 in Millionen Festmeter (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Strimitzer et al., 2020).....	47
Abbildung 31: Übersicht über Schnittholzprodukte (Quelle: Gruber, 2017)	48
Abbildung 32: Übersicht über Sägenebenprodukte (Quelle: Gruber, 2017)	48
Abbildung 33: Massenströme 2018 in der Holzwerkstoffindustrie in Millionen Festmeter (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Strimitzer et al., 2020)	49
Abbildung 34: Massenströme 2018 in der Papierindustrie in Millionen Festmeter (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Strimitzer et al., 2020).....	49
Abbildung 35: Massenströme 2018 in der sonstigen Holzverarbeitung in Millionen Festmeter (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Strimitzer et al., 2020)	50
Abbildung 36: Massenströme 2018 in der energetische Holznutzung in Millionen Festmeter (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Strimitzer et al., 2020).....	50
Abbildung 37: Österreichische Holzimporte 2018 in Millionen Festmeter (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Strimitzer et al., 2020)	52
Abbildung 38: Österreichische Holzexporte 2018 in Millionen Festmeter (Quelle: eigene Darstellung, Daten: Strimitzer et al., 2020)	52
Abbildung 39: Modal Split Rohholztransport Österreich (*andere Verkehrsmittel wie z. B. Traktor, ** andere Nutzungsmöglichkeiten von Holz); (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten).....	54
Abbildung 40: Modal Split für den Antransport von Holz und Sägenebenprodukten für die Papier- und Zellstoff- bzw. Plattenindustrie, sowie die thermische Nutzung von Holz (Quelle: eigene Darstellung, eigene Daten)	55
Abbildung 41: Betrieb eines Nasslagers (Quelle: BMK Infothek, 2020a)	56
Abbildung 42: Betrieb eines Folienlagers (Quelle: Forestbook, 2021).....	58

8. Literaturverzeichnis

Abschlussarbeiten

- Becker, F. (2019): *Holztransportgewerbe – Das Nadelöhr zwischen Wald und Werk*; Masterarbeit, Fachhochschule Erfurt
- Beiglböck, A. (2021): *Analyse von Logistikkonzepten und Bewältigungsstrategien für Schadholzereignisse*; Bakkalaureatsarbeit, Institut für Produktionswirtschaft und Logistik, Universität für Bodenkultur Wien
- Gruber, M. (2017): *Roh- und Schnittholztransport in Österreich - Eine Prozess-, Mengen- und Stromanalyse der Verkehrsträger LKW, Bahn und Schiff*; Diplomarbeit, Institut für Produktions- und Logistikmanagement, Johannes Kepler Universität Linz, <https://epub.jku.at/obvulihs/content/titleinfo/2394889>
- Knaus, U. (2019): *Ressourceneffizienz in der Holzwirtschaft*; Masterarbeit, Institut für Holztechnologie und Nachwachsende Rohstoffe, Universität für Bodenkultur Wien, <https://permalink.obvsg.at/bok/AC15410352>
- Kogler, C. (2016): *Holzstromlogistik bei der Papierholz Austria GmbH - Optimierung der Holztransporte zwischen Forst und Holzverarbeitender Industrie*; Masterarbeit, Karl-Franzens-Universität Graz, <https://unipub.uni-graz.at/urn:nbn:at:at-ubg:1-104175>
- Stenitzer, A. (2020): *Ereignisdiskrete Simulation der gestaffelten unimodalen Rundholzlieferkette*; Masterarbeit, Institut für Produktionswirtschaft und Logistik, Universität für Bodenkultur Wien, <https://permalink.obvsg.at/bok/AC16132858>

Branchenberichte

- Austropapier (2019): *Branchenbericht 2019*; Austropapier, Wien
- CTBA – Centre Technique du Bois et de l’Ameublement (2004): *STODAFOR – Storm Damaged Forest: Efficient and safe harvesting and log conservation methods*, 105 Seiten, JOINT FAO/ECE/ILO COMMITTEE ON FOREST TECHNOLOGY, MANAGEMENT AND TRAINING, <https://unece.org/fileadmin/DAM/timber/storm/Stodafor%20manual/stodafor-manual-2004.pdf>, abgerufen am 15.7.2021
- Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW) (2020): *Österreichische Waldinventur 2016/18*; Wien, <https://www.bfw.gv.at/waldinventur-zwischenergebnisse-2016-2018/>, abgerufen am 23.11.2020
- Bundesministerium für ein lebenswertes Österreich bzw. Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) (2015): *Nachhaltige Waldwirtschaft in Österreich, Österreichischer Waldbericht 2015*, Wien, <https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:f11131d2-9b5f-4e31-b55e-e4db98193213/Waldbericht%202015.pdf>, abgerufen am 5.11.2020
- Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) (2018): *Holzströme in Österreich*; Wien, https://www.klimaaktiv.at/erneuerbare/energieholz/holzstr_oesterr.html abgerufen am 29.12.2020
- Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (BMLRT) (2020): *Holzeinschlagsmeldungen über das Kalenderjahr 2019*, Wien, <https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:057c342e-3444-4541-acac-faa21ddd98d5/Holzeinschlag%202019.pdf>, abgerufen am 23.11.2020

- Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (BMNT) (2019): *Holzeinschlagsmeldungen über das Kalenderjahr 2018*, Wien, https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:513674fd-543f-4d64-b877-e73fd14f6631/Holzeinschlag%202018_BF.pdf, abgerufen am 23.11.2020
- Fachverband der Holzindustrie (2019): *Branchenbericht 2018/2019*, Wirtschaftskammer Österreich, Wien, <https://www.wko.at/branchen/industrie/holzindustrie/branchenbericht-2018-2019.pdf>, abgerufen am 10.11.2020
- Fachverband der Holzindustrie (2021): *Bedeutung der Forst- und Holzwirtschaft für Österreichs Wirtschaft*, Wirtschaftskammer Österreich, Wien, https://news.wko.at/news/oesterreich/2021_03-Bedeutung-der-Forst--und-Holzwirtschaft_.pdf, abgerufen am 15.12.2021
- Forst, Holz, Papier (FHP) (2019): *Leistungsbericht, Wertschöpfungskette Holz*; Wien, https://www.forstholzpapier.at/images/Presse-Kommunikation/Halbjahresberichte/Leistungsbericht_kompakt_2019_Ansicht_FINAL.pdf, abgerufen am 7.1.2021
- Gansterer, M. (2015): *Großes Klimaschutz-Potenzial beim Güterverkehr*; Verkehr aktuell 10/2015, VCÖ, Wien, <https://www.vcoe.at/files/vcoe/uploads/News/VCOe-Factsheets/2013-2017/2015-07%20Grosses%20Klimaschutz-Potenzial%20beim%20Gueterverkehr/VCOE-Factsheet%20Klimaschutz-Potenziale%20Gueterverkehr.pdf>, abgerufen am 23.7.2021
- Gößwein, S. (2019): *Marktstudie Rundholzlogistik*; Bayrische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Freising, https://www.researchgate.net/publication/333260759_Marktstudie_Rundholzlogistik, abgerufen am 3.8.2021
- Grill, G. Höbarth M., Wöhrle M. (2013): *Handbuch Temporäre Nasslagerplätze in Österreich*; Kooperationsplattform Forst Holz Papier (FHP), Landwirtschaftskammer Österreich, Land und Forstbetriebe Österreich, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW), Wien,
- Klima- und Energiefonds (2018): *Diskussionspapier zum Projekt Renewables4Industry*; Wien, <https://energieinstitut-linz.at/wp-content/uploads/2018/04/Renewables4Industry-Diskussionspapier.pdf>, 25.5.2021
- Kummer, S., Frank, A. (2011): *Volks-, betriebswirtschaftliche und ökologische Auswirkungen der Preiserhöhungen sowie der Einschränkung der Flächenbedienung der ÖBB-Transporte für die Forstwirtschaft, Holz- und Papierindustrie*; Institut für Transportwirtschaft und Logistik, Wirtschaftsuniversität Wien
- Lutze, M (2014): *Nach der Kalamität ist vor der Kalamität*; LWF-Aktuell 99, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Freising, https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/service/dateien/a99_gesamt_bf_geschuetzt.pdf#page=45, abgerufen am 15.7.2021
- Lutze, M (2020): *Leitfaden – Handlungsempfehlungen Nasslager*; Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Freising, https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/leitfaden_handlungsempfehlungen_nasslager_last_04052020docx_bf.pdf, abgerufen am 15.7.2021

Österreichischer Biomasseverband (2017): *Hackgut – der Alleskönner. Von der Ernte bis zum Brennstoff*; Österreichischer Biomasseverband, Wien, <https://www.biomasseverband.at/wp-content/uploads/FolderHackgutAlleskoennerv3.pdf>, abgerufen am 12.3.2021

Pfemeter, C., Liptay, P., Kahr, S. (2019a): *Basisdaten Bioenergie*; Österreichischer Biomasse-Verband, Wien, https://www.biomasseverband.at/wp-content/uploads/Basisdaten_Bioenergie_2019.pdf, abgerufen am 7.12.2021

Pfemeter, C., Liptay, P., Kahr, S. (2019b): *Bioenergieatlas Österreich*; Österreichischer Biomasse-Verband, Wien, <https://archiv.biomasseverband.at/fileadmin/bioenergieatlas2019/#page=4>, abgerufen am 7.12.2021

proHolz Austria (2013): *Zuschnitt 51*; Wien, <https://www.proholz.at/zuschnitt/51/der-oesterreichische-wald>, abgerufen am 1.11.2020

Rauch, P.; Kogler, C; Beiglböck, A (2021): *Schadholzlogistik: Logistikleitfaden zur Katastrophenbewältigung - Endbericht*. Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus, 96.

Statistik Austria (2020): *Agrarstrukturerhebung 2016*; Wien, https://www.statistik.at/web_de/services/publikationen/8/index.html?includePage=detailedView§ionName=Land+und+Forstwirtschaft&pubId=366, abgerufen am 13.11.2020

Strimitzer, L., Höher, M., Nemestothy, K. (2020): *Holzströme in Österreich*; Austrian Energy Agency, Wien, https://www.klimaaktiv.at/erneuerbare/energieholz/holzstr_oesterr.html, abgerufen am 15.12.2020

Bücher

Gronalt M., Hirsch P. (2006): *Timber Transport Vehicle Routing Problems: Formulation and Heuristic Solution*. In: Haasis HD., Kopfer H., Schönberger J. (eds) *Operations Research Proceedings 2005*. Operations Research Proceedings, vol 2005. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/3-540-32539-5_10, abgerufen am 20.12.2021

Grube Forst (2020): *Forst Jahrbuch 2020*; AV-Medien, Wien

Österreichische Holzhandelsunionen (2006); 310 Seiten, Kooperationsplattform Forst Holz Papier (FHP), Wien, ISBN: 3902110562, <https://permalink.obvsg.at/bok/AC05387116>

Kummer, S. (2010): *Einführung in die Verkehrswirtschaft*; 2. Aufl., UTB-Verlag, 418 Seiten, ISBN: 9783825283360, <https://permalink.obvsg.at/bok/AC05388077>

Lobriser R, Abplanalp PA (1998): *Strategisches Management. Visionen entwickeln. Strategien umsetzen. Erfolgspotentiale aufbauen*. Versus, Zürich, p 468, <https://permalink.obvsg.at/bok/AC15014097>

Martin, H (2013): *Transport- und Lagerlogistik: Planung, Struktur, Steuerung und Kosten Von Systemen der Intralogistik*; Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 9. Auflage, 2013, Wiesbaden, ISBN: 9783658031428, DOI: 10.1007/978-3-658-03143-5, <https://permalink.obvsg.at/bok/AC08992186>

Sekot, W. (2018): *Forstliche Betriebswirtschaftslehre I.*; Institut für Agrar- und Forstökonomie, Universität für Bodenkultur Wien

Dissertationen

- Baumann, T. (2008): *Analyse logistischer Prozesse und deren Optimierungspotentiale entlang der Holzbereitstellungskette vom Wald zum Werk unterstützt durch spezielle Verfahren der Prozessmodellierung*; Fakultät für Forst- und Umweltwissenschaften der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg im Breisgau, URN: urn:nbn:de:bsz:25-opus-62415, <https://freidok.uni-freiburg.de/data/6241>, abgerufen am 4.11.2020
- Bodenschwingh, E. v. (2005): *Analyse der Rundholzlogistik in der Deutschen Forst- und Holzwirtschaft – Ansätze für ein übergreifendes Supply Chain Management*; Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt, Technische Universität München, <https://mediatum.ub.tum.de/doc/603713/file.pdf>, abgerufen am 15.10.2020
- Borcherding, M. (2007): *Rundholztransportlogistik in Deutschland – eine transaktionkostensorientierte empirische Analyse*; Fakultät Wirtschafts- und Sozialwissenschaften an der Universität Hamburg, <urn:nbn:de:gbv:18-34666>, <https://ediss.sub.uni-hamburg.de/handle/ediss/1895>, abgerufen am 4.11.2020
- Kogler, C. (2020): *Decision support by discrete event simulation for the wood supply chain*; Institut für Produktionswirtschaft und Logistik, Universität für Bodenkultur Wien, <https://bit.ly/3vmptH5>

Interviews

- de Menech, M. (2021) Unterradlberg, Holzeinkauf AT Ost, FRITZ EGGER GmbH & Co. OG, schriftliches Interview zum Thema Modal Split, Holzläger und Holzverbrauch Plattenindustrie am 8.12.2021 mit Kolbitsch, L.
- Fischer, G. (2021), Wien, Statistik Austria, Abteilung Kraftfahrzeuge, schriftliches Interview zum Thema Rungen-LKWs am 7.4.2021 mit Kolbitsch, L.
- Gierer, R. (2021) Brand, Director, Logistics Cat. Land Eastern Europe Sourcing & Logistics, Stora Enso Wood Products GmbH, persönliches Interview zum Thema Modal Split und Holztransport am 28.1.2021 mit Kolbitsch, L.
- Hochegger, A. (2019), Bad Sankt Leonhard, Geschäftsführer des Frachtunternehmens Hochegger Transport, persönliches Interview zum Holztransport, am 6. 2.2019, mit Kogler, C.
- Holzer, W. (2020), Purkersdorf, Leiter Holz-Technik-Einkauf, Österreichische Bundesforste AG, persönliches Interview zu Holzfrachtunternehmen und Informationsfluss, am 27.11.2020 mit Kolbitsch, L.
- Klaus, J. (2021), Brand, Logistikmanager Stora Enso Wood Products, persönliches Interview zu Holzfrachtunternehmen und Modal Split, am 23.2.2021 mit Kolbitsch, L.
- Köhl, B. (2022), Wien, Area Sales Manager HS Timber Gruppe, persönliches Interview zum Einfluss der Coronapandemie auf die Rund- und Schnittholzpreise, am 24.2.2022 mit Kolbitsch, L.
- Krenn S. (2017), Göstling/Ybbs, Geschäftsführer des Frachtunternehmens Siegfried Krenn Transporte, persönliches Interview zum Holztransport, am 9.2.2017 mit Rauch, P.
- Meinel, U. (2021), Wien, Projektmanager Transportentwicklung via donau – Österreichische Wasserstraßen Gesellschaft mbH, schriftliches Interview zum Holztransport per Schiff, am 27.1.2021 mit Kolbitsch, L.
- Nemestothy, K. (2021), Wien, Forst- und Holzwirtschaft, Energie, Landwirtschaftskammer Österreich, persönliches Interview zum Thema Holzströme in Österreich am 29.1.2021 mit Kolbitsch, L.

- Niederacher, M. (2021), Fachverband der Holzindustrie , Wien, schriftliches Interview zum Thema Sägeindustrie in Österreich am 13.12.2021 mit Kolbitsch, L.
- Podlesnig, M. (2020), Fachverband der Holzindustrie , Wien, schriftliches Interview zum Thema Akteure der Holzwerkstoffindustrie am 23.11.2020 mit Kolbitsch, L.
- Rumplmayr, F. (2021), Enns, DONAUSÄGE RUMPLMAYR GmbH, persönliches Interview zum Holztransport, Akteuren und Einsatz vom Schiff im Holztransport am 5.2.2021 mit Kolbitsch, L.
- Rutter, H. (2021), Freinberg, Wilhelm Schwarzmüller GmbH, schriftliches Interview zur LKW-Klassifikation am 8.12.2021 mit Kolbitsch, L.
- Schnedl, C. (2021), Papierholz Austria GmbH , St. Gertraud, persönliches Interview zum Thema Holztransport in der Papier- und Zellstoffindustrie am 22.2.2021 mit Kolbitsch, L.
- Weninger, B. (2021), Wien, Statistik Austria, Bereich Verkehr, schriftliche Interviews zum Modal Split, zwischen 18.2.2021 – 3.3.2021 mit Kolbitsch, L.
- Weber, J. (2021), Wien, RCA, Business Unit Wood / Paper / Building Materials / Consumer Goods, schriftliches Interview zum Holztransport per Bahn, am 20.9.2021 mit Kolbitsch, L.
- Weiss, H. (2021), Himmelberg, Geschäftsführerin Weiss Holztransporte GmbH, persönliches Interview zum Holztransport, am 10.12.2021 mit Kolbitsch, L.

Online

- Bahnbilder.de (2008): <https://www.bahnbilder.de/bild/oesterreich~gueterwagen~3-gattung-k-o-r-flachwagen-mit-einzelradsaetzen-in-regelbauart/235253/rnoos-uz31813523392-8-beladen-mit-fichten-rundholzstaemmen-eingereiht-im.html>, abgerufen am 24.8.2021
- Beck, R. (2021), Regionalmanager der Österreichischen Bundesbahnen, Ö1 Morgenjournal um 8, <https://oe1.orf.at/programm/20210726/645618/Oe1-Journal-um-acht>, am 26.7.2021
- BMK Infothek (2020a): <https://infothek.bmk.gv.at/ioeb-challenge-nasslager-holz-optimieren/>, abgerufen am 15.7.2021
- BMK Infothek (2020b): https://www.klimaaktiv.at/dam/jcr:8bb7a118-ad3c-449a-8360-999e1d2948fd/Holzeinschlag%20in%20%C3%96sterreich_final.pdf, abgerufen am 28.12.2021
- EUROSTAT (2021a): *Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Fischerei → Forstwirtschaft → Produktion und Handel mit den Primärerzeugnissen der Holzindustrie → Schnittholz, Platten und Furniere*, Datenbank-Abfrage, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/for_swpan/default/table?lang=de, abgerufen am 25.4.2021
- EUROSTAT (2021b): *Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Fischerei → Forstwirtschaft → Produktion und Handel mit Rundholz → Rundholz, Brennholz und sonstige Primärwaren*, Datenbank-Abfrage, <https://ec.europa.eu/eurostat/de/web/main/data/database>; abgerufen am 26.4.2021
- FHP (2021): <https://www.forstholzpapier.at/index.php/35-aktuelles/276-holzsektor-2019-holzprodukte-sind-die-zweitwichtigsten-devisenbringer-in-oesterreichs-wirtschaft>, abgerufen am 15.4.2021

- Forestbook (2021): <https://www.forestbook.info/news/lagen-bis-der-holzpreis-wieder-stimmt/>, abgerufen am 15.7.2021
- Forstbetrieb Sartoris (2021): <http://www.forstbetrieb-sartoris.de/index.php/rueckung>, abgerufen am 24.6.2021
- Forstpraxis.de (2018): <https://www.forstpraxis.de/einschraenkungen-fuer-den-langholztransport-in-hessen-2/>, abgerufen am 21.12.2021
- Huttner Fahrzeugbau GmbH (2021a): <https://www.huttner.de/produkte/kurzholz.htm>, abgerufen am 15.7.2021
- Huttner Fahrzeugbau GmbH (2021b): <https://www.huttner.de/produkte/langholz.htm>, abgerufen am 15.7.2021
- Huttner Fahrzeugbau GmbH(2021c): <https://www.huttner.de/produkte/sattel.htm>, abgerufen am 15.7.2021
- Innofreight Solutions GmbH (2021): <https://www.innofreight.com/logistik/holz/>, abgerufen am 16.7.2021
- Österreichs digitales Amt (2021): Themen – Freizeit und Straßenverkehr – Kfz – Fahrzeugklassen; https://www.oesterreich.gv.at/themen/freizeit_und_strassenverkehr/kfz/Seite.061800.html#KlasseN, abgerufen am 31.8.2021
- Papierholz Austria (2016): <http://www.papierholz-austria.at/de/unternehmen/eigentuemersstruktur.php>, abgerufen am 16.8.2021
- Rail Cargo Austria (RCA) (2021): *Übersicht über Güterwagen-Waggontypen*, <https://www.railcargo.com/de/leistungen/wagenladungen/equipment/gueterwagen>, abgerufen am 24.8.2021
- Rohse- Fahrzeugtechnik (2021): <https://www.forsttechnik-rohse.de/rueckewagen/rueckeanhaenger-8t-12t/59/rueckewagen-country-90s/670-master>; abgerufen am 5.9.2021
- Schwarz Müller (2021a): Fahrzeuge – Aufbau Fahrzeuge – Holz-/Rungen-Aufbauten; <https://www.schwarzmueller.com/de/fahrzeug/aufbau-fahrzeuge/holz-rungen-aufbauten/rungenaufbau-3a-lkw-ohne-plateau>; abgerufen am 5.9.2021
- Schwarz Müller (2021b): Fahrzeuge - Holz-/Rungen Fahrzeuge; <https://www.schwarzmueller.com/de/fahrzeuge/holz-rungen-fahrzeuge/holz-rungen-anhaenger>, abgerufen am 5.9.2021
- Statistik Austria (2021): *STATcube, Transportaufkommen und Transportleistung in der Binnenschifffahrt Q, Güterart (NST 2007 - Abteilungen) Dreisteller nach Zeit und Verkehrsbereich*, <https://statcube.at/statistik.at/ext/statcube/jsf/tableView/tableView.xhtml>, abgerufen am 24.2.2021
- Waldwissen.net (2009): <https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/holz-und-markt/transport-und-logistik/optimierung-des-rundholztransportes/>, abgerufen am 18.7.2021

Präsentationen

- Schwarzbauer, P. (s.a.): *Die österreichischen Holzmärkte. Größenordnungen - Strukturen – Veränderungen*, Institut für Marketing & Innovation, Universität für Bodenkultur Wien

Wissenschaftliche Artikel

- Borchert, H., Gößwein, S., Schusser, M. (2019): *How to deal with an upcoming shortage of wood transporting capacity in Germany?* Conference Paper, April 2021, ResearchGate, https://www.researchgate.net/publication/351069894_How_to_deal_with_an_upcoming_shortage_of_wood_transporting_capacity_in_Germany, abgerufen am 5.7.2021
- Cozi, S., Elminger, A., Manser, P., Schär, P., Städler, E., Steiner, P., Urech, H., Winkler, M. (2000): *Merkblätter Rundholzlagerung*; Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für Forstschutz, Luzern, <https://www.wsl.ch/forest/wus/pbmd/agfsrhl3.html>, abgerufen am 12.8.2021
- Fischer, S., Eisenhut, R., Remler, N. (2010): *Nass hält Frisch*, LWF aktuell 77/2010, Freising, https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/forsttechnik-holz/dateien/w71_nasslagerung_bf_gesch.pdf, abgerufen am 11.8.2021
- Gronalt, M., Chloupek, A., Greigeritsch, T., Häuslmayer, H. (2005): *WoodLog – Perspektiven der Holzlogistik Supply Chain – Optimierungspotentiale durch ein Logistikleitzentrum Holz – Österreich*; Institut für Produktionswirtschaft und Logistik, Universität für Bodenkultur Wien, https://www.researchgate.net/publication/200621998_WoodLog_-_Perspektiven_der_Holzlogistik_SupplyChain-Optimierungspotentiale_durch_ein_Logistikleitzentrum_Holz, abgerufen am 29.10.2021
- Hirsch, P. (2011): *Minimizing empty truck loads in round timber transport with tabu search strategies*; International Journal of Information Systems and Supply Chain Management 4, 15-41, DOI:[10.4018/jisscm.2011040102](https://doi.org/10.4018/jisscm.2011040102), https://www.researchgate.net/publication/220297431_Minimizing_Empty_Truck_Loads_in_Round_Timber_Transport_with_Tabu_Search_Strategies, abgerufen am 24.7.2021
- Hogl, K., M. Pregernig und G. Weiß (2003): *Wer sind Österreichs WaldeigentümerInnen? Einstellungen und Verhalten traditioneller und „neuer“ Waldeigentübertypen im Vergleich*; Discussion Paper P-2003-1 des Institutes für Sozioökonomik der Forst- und Holzwirtschaft, Universität für Bodenkultur, Wien, <https://permalink.obvsg.at/bok/AC07813071>, abgerufen am 15.12.2020
- Kunz, B., Bachmann, D., Hofer, P., Kessler, F. (1996): *Holztransporte in der Schweiz*; Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 147 (4), 231–245
- Kogler, C., Schimpfhuber, S., Eichberger, C. Rauch, P. (2021): *Benchmarking procurement cost saving strategies for wood supply chains*; Forests, 12(8), 1–18, <https://doi.org/10.3390/f12081086>
- Kogler, C., Stenitzer, A., Rauch, P. (2020): *Simulating combined self-loading truck and semitrailer truck transport in the wood supply chain*; Forests, 11(12), 1–15, <https://doi.org/10.3390/f11121245>
- Kogler, C., Rauch, P. (2020): *Contingency plans for the wood supply chain based on bottleneck and queuing time analyses of a discrete event simulation*; Forests, 11(4), 1–23, <https://doi.org/10.3390/f11040396>
- 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, 49(10), 1298–1310, <https://doi.org/10.1139/cjfr-2018-0542>

- Kogler, C., Rauch, P. (2018): *Discrete event simulation of multimodal and unimodal transportation in the wood supply chain: a literature review*; Silva Fennica, 52(4), 1–29, <https://doi.org/10.14214/sf.9984>
- Odenthal-Kahabka, J. (2005): *Handreichung Sturmschadensbewältigung*; Hrsg.: Landesforstverwaltung Baden-Württemberg und Landesforsten Rheinland-Pfalz, https://www.waldwissen.net/assets/waldwirtschaft/schaden/sturm_schnee_eis/fva_strategien_sturmbewaeltigung/download/fva_strategien.pdf.pdf, abgerufen am 12.8.2021
- Ohnesorge, D., Freise, L. (2015): *Optimierung des Holztransports in Baden-Württemberg*; Keck GmbH, Ehningen, <http://media.repro-mayr.de/50/648150.pdf>, abgerufen am 4.7.2021
- Rauch, P. (2006): *SWOT analyses and SWOT strategy formulation for forest owner cooperations in Austria*; European journal of forest research 126(3), 413–420, <https://doi.org/10.1007/s10342-006-0162-2>, abgerufen am 1.9.2021
- Wolfsmayr, U. J., Rauch, P. (2014): *The primary forest supply chain: A literature review*; Biomass and Bioenergy, Volume 60, 204–205, DOI:[10.1016/j.biombioe.2013.10.025](https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2013.10.025), https://www.researchgate.net/publication/259138719_The_primary_forest_fuel_supply_chain_A_literature_review

Zeitungen

- Der Standard (8. Juli 2014): „Österreich weltweit zweitgrößter Importeur von Holz“, <https://www.derstandard.at/story/2000002814037/oesterreich-weltweit-zweitgroesster-importeur-von-holz> abgerufen am 13.11.2020
- Forstzeitung (2021): *200 Mio. €-Waldfonds ab Februar abrufbar*; von <https://www.forstzeitung.at/aktuelles/2021/01/200-mio----waldfonds-ab-februar-abrufbar.html>, abgerufen am 19.12.2021
- Forstzeitung (2020): *„Holzlogistik grenzt derzeit an Zauberei“*; von http://holzlogistik-stadler.at/images/0820_Forstzeitung.pdf, abgerufen am 20.12.2021
- Holzkurier (2007): *„Holzströme meistern“*, https://www.holzkurier.com/rundholz/2007/02/holzstroeme_meistern.html, abgerufen am 16.7.2021
- Holzkurier (2020): *„Deutlich weniger Nadelschnittholz importiert“* <https://www.holzkurier.com/schnittholz/2020/06/italien-importe-nadelschnittholz-inkl--hobelware-januar-bis-apri.html>, abgerufen am 24.12.2021
- Holzkurier (2021): *„Weltweite Nachfrage befeuert Holzpreise“*, <https://www.holzkurier.com/schnittholz/2021/04/weltweite-nachfrage-befeuert-holzpreise.html>, abgerufen am 26.7.2021