



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna | Austria

DIPLOMARBEIT

Entwicklung eines GIS-Modells zur räumlichen Verortung
von Zonen mit Potenzial zur Schienengüterverkehrs-nutzung

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades
einer Diplom-Ingenieurin
unter der Leitung von

Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Bardo Hörl

E280-05 Forschungsbereich Verkehrssystemplanung
Institut für Raumplanung

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

Valentina Knoll

Matrikelnummer 01425569

Wien, am 14.10.2020

KURZFASSUNG

Ein großer Teil der Treibhausgasemissionen entsteht im Verkehrssektor durch Güterverkehr per LKW. Güterverkehr auf der Schiene verursacht hingegen einen geringeren Treibhausgasausstoß pro Tonne, es werden jedoch in Österreich nur 20 % des Gütertransportaufkommens auf der Schiene transportiert. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich im ersten Teil intensiv mit der Bedeutung von Schienengüterverkehr in Österreich, seiner Entwicklung, Struktur, Zielen und Förderungen sowie rechtlichen Vorgaben. Außerdem werden nachfrageseitig Faktoren zur Standort- und Transportmittelwahl sowie Strukturentwicklungen analysiert.

Aus dieser Untersuchung lässt sich die Erkenntnis gewinnen, dass die Transportmittelwahl zwar von mehreren Faktoren bestimmt wird, die Transportkosten jedoch ausschlaggebend sind. Diese sind derzeit auf der Straße geringer als auf der Schiene. Grund dafür sind nicht nur systembedingte Nachteile der Bahn, sondern auch politische und regulatorische Entscheidungen. So gibt es derzeit keine Kostenwahrheit und Bahnstrecken sind zunehmend von Schließungen und einer Ausdünnung des Netzes betroffen.

Es stellt sich die Frage, wo sich in Österreich Zonen befinden, die aufgrund der ansässigen Betriebe und der bestehenden Infrastruktur großes Potenzial für die Nutzung von Schienengüterverkehr haben, unabhängig von den im derzeitigen System bestehenden Transportkosten, damit diese Bereiche auch zukünftig mit Bahninfrastruktur erschlossen bleiben. Zu diesem Zweck wird im zweiten Teil der Arbeit ein Modell in der frei verfügbaren Geoinformationssoftware QGIS erstellt, das diese Zonen identifiziert. Die Eingangsparameter sind variabel und können bei veränderter Datenlage und weiteren Erkenntnissen entsprechend angepasst werden. Das erstellte GIS-Modell beruht auf der Annahme, dass eine branchenbedingte Schienenaffinität seitens der Unternehmen besteht. Die Modellanwendung erfolgte im Rahmen der Arbeit für die Ostregion Österreichs, da die Anwendung für das ganze Bundesgebiet eine sehr große Rechenleistung benötigt. Dabei konnten erste Ergebnisse gewonnen und weitere räumliche Analysen durchgeführt werden. Die bisherigen Erkenntnisse und die Datenlage sind jedoch nicht differenziert genug, um mit dem Modell ausschließlich realistische Potenzialgebiete identifizieren zu können. So gibt es einerseits innerhalb der als schienenaffin definierten Branchen auch Unternehmen, die tatsächlich keinen Gütertransport durchführen. Andererseits ist aufgrund der Datenlage bei manchen Unternehmen nur der administrative Hauptsitz, jedoch nicht der produzierende Betriebsstandort in die Berechnung eingeflossen, wodurch es zu Verzerrungen bei den identifizierten Potenzialzonen kommt.

Die Arbeit zeigt, dass eine Verortung von Zonen mit Potenzial für Schienengüterverkehrsnutzung mittels GIS möglich ist. Um realistischere Ergebnisse erzielen zu können, sind weitere Forschung bezüglich der Schienenaffinität und genauere räumliche Daten zu produzierenden Betriebsstandorten notwendig. Die Ergebnisse des GIS-Modells können von Schieneninfrastrukturunternehmen bei der künftigen Netzentwicklung, von Ländern und Gemeinden bei der Ausweisung von Betriebs(vorrang)flächen und vom Bund bei der Entscheidung über gesetzliche Vorgaben und Förderungen verwendet werden.

ABSTRACT

Development of a GIS-model for identifying zones with high potential for rail freight

A major part of greenhouse gas emissions in the transport sector is caused by HGV's (heavy goods vehicles). Freight transportation by train causes a significantly lower emission of greenhouse gases per ton, but only 20 % of Austria's freight goes by train. The choice of transport mode is based on various factors, of which one of the most important is cost. This is generally lower for transporting freight by road transport than by rail and is determined by the system of rail, as well as political and legal decisions concerning both freight modes. Those, in general, do not consider the true costs of using HGV's and the rail sector faces a further decline in the density of the rail network.

Considering all these factors, the question arises of where in Austria there are zones which have a high potential for the usage of rail freight, based on existing companies and rail infrastructure. The computation does not consider the current frequency of use. A model in the freely available software tool QGIS (a geoinformation software) has been designed for this purpose. Input parameters are variable and can be selected depending on available data, as well as taking the most recent research into account.

The GIS model that was created for this Master's thesis is based on the assumption, that the likelihood of trains being used for carrying freight varies depending on production segments. The available data as well as previous research has not created an in-depth insight in this area, so that the output does not fully correspond to real potentials on rail freight. On one hand, a range of companies that have been defined as likely to use rail transport due to their segment might not be transporting goods at all. On the other hand, the available data might include administrative sites of specific branches, whilst their manufacturing sites might not be part of the data.

The work has shown that the identification of high potential zones for rail freight through a GIS-model is generally possible. To achieve more realistic results, more research needs to be done on which segments have a high likelihood of trains being used for carrying freight. In addition, more precise spatial data on production sites is necessary. The results may be used by railway infrastructure companies for planning their railway network, by provinces and municipalities for regional planning and zoning, and by the state to decide on provisions and subsidies.

DANKSAGUNG

Auch wenn auf der Titelseite auf einer Masterarbeit nur ein Name steht, gibt es viele Personen, die auf dem langen Weg bis zu dieser Titelseite einen Beitrag geleistet haben.
Einige davon seien hier namentlich erwähnt.

Bardo Hörl möchte ich für die Betreuung dieser Arbeit danken, bei der er mit seinem fachlichen Input die richtigen Weichen gestellt und mich immer unterstützt hat.

Bernhard Poimer und allen Kolleg:innen bei der ÖBB-Infra danke ich nicht nur für den spannenden Einblick in das Eisenbahnwesen und die Bereitstellung von Daten, sondern auch für die schöne Zeit, die ich während meines Praktikum bei euch verbringen durfte.

Tamara, neue Güterverkehrsexpertin im Selbststudium, danke ich für die Rechtschreibkorrektur.
Jeanette danke ich für die Inputs zum englischen Abstract.

Gerald und Raphael möchte ich, auch im Namen meiner Uni-Projektpartner, für die kulinarische Unterstützung während meiner gesamten Studienzzeit danken. Confierte Entenbrust, selbst gemachte Pizza, Kaffee und Schokosoufflés erhöhen die Motivation an arbeitsreichen Wochenenden.

Meinen Unifreunden vom ersten Tag an, Andi und Leo, möchte ich für die vielen schönen gemeinsamen Projektarbeiten danken. Von Unikollegen, zu Freunden, zu Mitbewohnern, zu Arbeitskollegen, ihr seid und wart das alles und noch viel mehr.

Leo danke ich außerdem ganz besonders dafür, dass er diese Zeit des Masterarbeitschreibens mit mir gemeinsam durchgestanden, mich immer wieder aufgebaut und fachlichen Input geliefert hat.

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	8
1.1	PROBLEMSTELLUNG UND RELEVANZ	9
1.2	ZIELE UND FORSCHUNGSFRAGEN	10
1.3	VORGEHENSWEISE	10
1.4	ARBEITSSCHRITTE UND METHODEN	12
2	SCHIENENGÜTERVERKEHR – GRUNDLAGEN VON ANBIETERSEITE	15
2.1	GÜTERVERKEHR IN DATEN UND FAKTEN	16
2.1.1	ARTEN VON GÜTERVERKEHREN	16
2.1.2	FORMEN DES SCHIENENGÜTERVERKEHRS	17
2.1.3	BEDEUTUNG DES SCHIENENGÜTERVERKEHRS IN ÖSTERREICH	20
2.1.4	BEDEUTUNG DES SCHIENENGÜTERVERKEHRS IM INTERNATIONALEN VERGLEICH	25
2.1.5	ZIELE UND MAßNAHMEN ZUR FÖRDERUNG DES SCHIENENGÜTERVERKEHRS	27
2.2	ORGANISATION DES SCHIENENGÜTERVERKEHRS	29
2.2.1	EU-RICHTLINIEN BETREFFEND SCHIENENGÜTERVERKEHR	29
2.2.2	EISENBAHNINFRASTRUKTURUNTERNEHMEN	32
2.2.3	EISENBahnVERKEHRSUNTERNEHMEN	33
2.2.4	AUSWIRKUNGEN DER LIBERALISIERUNG	33
2.2.5	TRASSENBESTELLUNG	34
2.3	GÜTERVERKEHRSINFRASTRUKTUR	35
2.3.1	EISENBahnINFRASTRUKTURUNTERNEHMEN	35
2.3.2	SCHIENENNNetz	36
2.3.3	ANSCHLUSSBAHNNETZ	38
2.3.4	GÜTERVERKEHRSPRODUKTIONSANLAGEN	39
2.3.5	KV-TERMINALS	40
2.3.6	INNOVATIONEN UND TRENDS IM SCHIENENGÜTERVERKEHR	41
2.4	GESAMTBEWERTUNG	45
3	BETRIEBE – GRUNDLAGEN VON NACHFRAGESEITE	47
3.1	STANDORT	48
3.1.1	STANDORTWAHL	48
3.1.2	STANDORTFAKTOREN	49
3.2	FAKTOREN UND EINSCHRÄNKUNGEN BEI DER VERKEHRSMITTELWAHL	50
3.2.1	SYSTEMBEDINGTE HINDERNISSE	50
3.2.2	INFRASTRUKTURANFORDERUNGEN	51
3.2.3	BRANCHEN	51
3.2.4	TRANSPORTEINHEIT	54
3.2.5	CLUSTER	54
3.2.6	GEWICHTS- UND MENGENRESTRIKTIONEN	55
3.2.7	TRANSPORTKOSTEN	55
3.2.8	DISTANZ	55
3.2.9	TRANSPORTDAUER UND ZEITMANAGEMENT	56
3.2.10	WEICHE FAKTOREN	57
3.3	ENTWICKLUNGEN IM TRANSPORTBEREICH	57
3.3.1	PRODUZIERENDE BRANCHEN	57
3.3.2	TRANSPORTBRANCHE	58
3.3.3	VERKEHRSPOLITISCHE ENTWICKLUNGEN	58

4	MODELLERSTELLUNG	60
4.1	GRUNDLAGEN UND METHODIK	61
4.1.1	GRAPHICAL MODELER	61
4.1.2	KOORDINATENSYSTEM.....	61
4.1.3	GRAPHENTHEORIE	62
4.1.4	NETZWERKANALYSE.....	62
4.2	DATENGRUNDLAGEN UND DATENQUALITÄT	63
4.2.1	ÖBB-INFRA.....	63
4.2.2	OPENSTREETMAP	65
4.2.3	HEROLD	68
4.3	DATENAUFBEREITUNG	69
4.3.1	OPENSTREETMAP SCHIENENHAUPTNETZ	69
4.3.2	LOKALISIERUNG VON ANSCHLUSSBAHNEN	69
4.3.3	LADEMÖGLICHKEITEN	73
4.3.4	BRANCHENBEDINGTE SCHIENENAFFINITÄT	73
4.3.5	HEROLD-DATEN – BAHNAFFINITÄT	74
4.3.6	BETRIEBSSTANDORTE	75
4.3.7	STRAßENNETZ.....	77
4.4	BERECHNUNG DER EINZUGSBEREICHE	79
4.4.1	BERECHNUNGSTOOL	79
4.4.2	BERECHNUNGSMODELL	81
4.4.3	BERECHNETE EINZUGSBEREICHE.....	82
4.5	DATENVERSCHNEIDUNG.....	86
5	ANWENDUNG, ERGEBNIS UND VERWERTUNG DES MODELLS	89
5.1	FUNKTIONSWEISE UND EINSCHRÄNKUNGEN	90
5.2	AUFBEREITUNG FÜR DIE EXTERNE ANWENDUNG	90
5.3	ANALYSE DER ERGEBNISSE	92
5.3.1	STATISTISCHE ANALYSE.....	92
5.3.2	RÄUMLICHE ANALYSE.....	97
5.4	POTENZIAL FÜR WEITERE ANALYSEN.....	108
5.5	VERGLEICH MIT DERZEITIGEM GÜTERVERKEHRAUFKOMMEN	108
5.6	MÖGLICHKEITEN ZUR WEITERENTWICKLUNG DES MODELLS	114
5.7	VERWERTUNG UND HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN	114
5.7.1	GEBIETSKÖRPERSCHAFTEN	114
5.7.2	SCHIENENINFRASTRUKTURUNTERNEHMEN	115
5.7.3	UNTERNEHMEN	115
6	FAZIT UND AUSBLICK.....	116
6.1	BEANTWORTUNG DER FORSCHUNGSFRAGEN	117
6.2	QUALITÄT DES MODELLS	119
6.2.1	OBJEKTIVITÄT	119
6.2.2	VALIDITÄT	119
6.2.3	RELIABILITÄT	120
6.3	WEITERE POTENZIALE FÜR FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG.....	120
6.4	ERGEBNISSE UND ERKENNTNISSE.....	121

BEGRIFFE UND VERZEICHNISSE	123
ABKÜRZUNGEN UND EIGENNAMEN	123
GLOSSAR	125
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	130
TABELLENVERZEICHNIS	133
LITERATURVERZEICHNIS	134

Bei den Bildern an den Kapitelanfängen handelt es sich um eigene Aufnahmen der Autorin. Diese haben ausschließlich gestalterische und keine inhaltliche Funktion, weshalb sie im Abbildungsverzeichnis nicht angeführt sind.

Um Menschen aller Geschlechter anzusprechen wird in dieser Arbeit der Gender-Doppelpunkt (z.B. Autor:in) verwendet.

1 EINLEITUNG



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

1.1 PROBLEMSTELLUNG UND RELEVANZ

Österreich hat das durch Klimaschutzabkommen festgehaltene Ziel, seine CO₂ Emissionen in den nächsten Jahren drastisch zu reduzieren (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus 2019). Ein Drittel der Treibhausgasemissionen Österreichs entsteht im Verkehrssektor (vgl. Umweltbundesamt 2019b, S. 19). Leichte und schwere Nutzfahrzeuge machen dabei einen großen Anteil an den THG-Emissionen insgesamt und insbesondere an den CO₂-Emissionen aus, während der Bahnverkehr nur einen verschwindend geringen Anteil daran hat (vgl. Umweltbundesamt 2019a).

Im Jahr 2017 machte der Schienengüterverkehr gemessen am Transportaufkommen (t) lediglich 15 % aus. Gemessen an der Transportleistung (tkm) erhöht sich dieser Wert aufgrund von längeren Wegstrecken auf 26 % (vgl. Statistik Austria 2019a). Eine Verlagerung möglichst großer Gütermengen von der Straße auf die Schiene kann im Sinne der Nachhaltigkeit als raumplanerisches Ziel festgehalten werden. Dieses Ziel kann derzeit jedoch nur schwer erreicht werden, da die Transportkosten per LKW in vielen Fällen geringer sind als per Bahn, obwohl die externen Kosten von LKW etwa sieben Mal höher sind (vgl. VCÖ - Mobilität mit Zukunft 2019). Derzeit ist der Schienengüterverkehr über kurze Distanzen und für geringere Gütermengen zu teuer oder nicht verfügbar (vgl. ebd.).

Es ist jedoch zu erwarten, dass in Zukunft aufgrund der Pflicht zur Einhaltung von Klimaschutzziele eine Kostenwahrheit im Sinne des Umweltschutzes entstehen wird. Bei ausreichend politischem Willen wären außerdem Maßnahmen bis hin zu teilweisen Fahrverboten für straßengebundene Verkehrsmittel denkbar. Eine völlige Einstellung von Gütertransporten in der hoch spezialisierten und regional verstreuten Wirtschaft kann dabei weder möglich, noch das Ziel sein. Aus diesem Grund ist ein Trend zum Schienengüterverkehr zu erwarten. Da keine flächendeckende Anbindung von Betrieben an Anschlussgleise möglich ist, wird jedoch gerade die erste und letzte Meile weiterhin mit dem LKW zurückgelegt werden. Somit sind Verlademöglichkeiten in erreichbarer Nähe notwendig, die möglicherweise in Zukunft noch ausgeweitet werden müssen.

Derzeit gibt es wenige gesammelte Informationen, welche Güter und Branchen sich für den Schienengüterverkehr besonders eignen, sowohl von Seiten der Nachfrager, also der Unternehmen, als auch von Seiten des Anbieters, also der Eisenbahninfrastruktur- und Eisenbahnverkehrsunternehmen. Auch über externe Faktoren, wie Abläufe und rechtliche Grundlagen, gibt es wenige gesammelte Informationen. Ziel dieser Arbeit ist es, diese beiden Bereiche zu vereinen und sowohl theoretische Voraussetzungen als auch durch die Entwicklung eines GIS-Tools die Möglichkeit zur Berechnung konkreter räumlicher Potenziale zu geben. Dabei wird von bestehenden Betriebsstellen mit Lademöglichkeiten und Anschlussbahnstandorten ausgegangen.

Die Erkenntnisse können für Eisenbahninfrastruktur- und Eisenbahnverkehrsunternehmen von Nutzen sein, um zu wissen, welche Bereiche der Infrastruktur erhaltenswert sind, da sie ein großes Potenzial für Schienengüterverkehr haben, unabhängig davon, ob derzeit ein Wagenaufkommen besteht. Für Bund und Länder können die Erkenntnisse als Grundlage für entsprechende Förderungen oder überregionale Vorgaben dienen. Überregionale Planungsgemeinschaften bis hin zu Gemeinden können anhand der Ergebnisse eine auf Schienengüterverkehr fokussierte Flächenwidmungsplanung vornehmen. Auch für Unternehmen, die einen für Schieneninfrastruktur gut erschlossenen Standort oder einen Standort mit hohem Potenzial zur Clusterbildung suchen, können die Ergebnisse ein Anhaltspunkt sein.

Insgesamt werden durch die Arbeit Erkenntnisse zum derzeitigen Stand des Schienengüterverkehrs in Österreich gewonnen. Die Arbeit kann nicht direkt auf die Nutzung von Schieneninfrastruktur Einfluss nehmen, aber durchaus wichtige Anhaltspunkte für weitere Entwicklungen liefern.

1.2 ZIELE UND FORSCHUNGSFRAGEN

Hauptziel der Arbeit ist es ein GIS-Modell zu entwickeln, durch welches Zonen in Österreich identifiziert werden können, in denen eine große Anzahl an Betriebsstandorten mit hohem Potenzial für Schienengüterverkehrsnutzung liegen. Die Entwicklung basiert auf der Annahme, dass für die Nutzung von Schienengüterverkehr auf Betriebsstandortseite grundsätzlich zwei Bedingungen erfüllt sein müssen: 1.) In dessen zu definierendem Einzugsgebiet befindet sich eine Betriebsstelle mit Lademöglichkeit für Güter oder eine Anschlussbahn. 2.) Der Betriebsstandort hat durch seine Branche oder bestimmte produzierte Güter eine, wenngleich unterschiedlich hohe, Schienenaffinität.

Diese beiden Faktoren können im Modell auch variiert werden, etwa welche Branchen als schienenaffin gelten oder wie groß der jeweilige Einzugsbereich definiert wird. So können grundsätzliche Potenzialgebiete gefunden werden. Dieses Modell kann in der weiteren Forschung und Entwicklung verfeinert und weiterentwickelt werden, zum Beispiel durch die Gewichtung besonders geeigneter Bahnstrecken.

Weiteres Ziel der Arbeit ist es, einen Überblick über die generelle Beschaffenheit, Struktur und Organisation des Schienengüterverkehrs in Österreich zu geben. Dazu gehören die rechtlichen Grundlagen, theoretische Hintergründe wie Standortfaktoren sowie Kennzahlen zu Aufkommen und Entwicklung. Weiters werden die Ziele und Bedürfnisse der verschiedenen Akteure näher beleuchtet. Dazu zählen Unternehmen mit ihren jeweiligen Gründen, Schienengüterverkehr (nicht) zu nutzen und Eisenbahninfrastrukturunternehmen. Auch zukünftige Entwicklungen und deren Auswirkungen auf den Schienengüterverkehr werden durch aktuelle Trends und Innovationen abgeschätzt.

Im Rahmen der Arbeit werden folgende Forschungsfragen behandelt:

- 1) Welche Umstände müssen gegeben sein, damit Unternehmen Schienengüterverkehr nutzen (können)?
 - a) Welche organisatorischen und gebauten Strukturen finden Unternehmen vor?
 - b) Welche Faktoren sind ausschlaggebend für die Transportmittelwahl?
 - c) Welche zukünftigen Entwicklungen zeichnen sich ab, die einen Einfluss auf den Güterverkehr haben können?
- 2) Wo befinden sich in Österreich Zonen, in denen es durch die dort befindlichen Betriebsstandorte ein nachfrageseitiges Potenzial für die Nutzung von Schienengüterverkehr gibt?
- 3) In welchen Gebieten deckt sich die Potenzialberechnung mit der derzeitigen Nutzung und in welchen gibt es große Unterschiede?

1.3 VORGEHENSWEISE

Forschungsfrage 1), welche die Rahmenbedingungen im Schienengüterverkehr beleuchtet, wird durch den theoretischen Teil der Arbeit beantwortet. Als Basis für die Beantwortung der Forschungsfrage wird ein Überblick über den Güterverkehr gegeben. Es werden die unterschiedlichen Arten von Güterverkehr und deren Entwicklung beschrieben sowie ein Vergleich mit anderen Ländern angeführt, um Erkenntnisse darüber zu gewinnen, welche Rolle der Schienengüterverkehr im gesamten Transportgeschehen spielt. Auf Ziele, Vorgaben und Förderungen wird dabei ebenfalls eingegangen. Es folgt eine Beschreibung des Zustandes der Schieneninfrastruktur in Österreich mit Fokus auf Schienengüterverkehr. Dabei werden das Netz im Allgemeinen sowie verschiedene Verlademöglichkeiten beschrieben. Es wird sowohl auf den derzeitigen Stand als auch auf vergangene Entwicklungen, sofern Daten verfügbar sind, eingegangen. Daraus entsteht ein Fazit über den grundsätzlichen Zustand der Infrastruktur, der teilweise Forschungsfrage 1a) beantwortet.

Anschließend wird die Organisation und Beziehung zwischen Eisenbahninfrastruktur und Eisenbahnverkehrsunternehmen beschrieben sowie die Richtlinien, auf denen diese Teilung basiert. Dazu gehört auch ein Überblick über die in Österreich tätigen Eisenbahnverkehrsunternehmen. Zum besseren Verständnis der praktischen Abläufe wird der Prozess der Trassenbestellungen im Schienengüterverkehr beschrieben, der unter anderem Auswirkungen auf die Transportwegeplanung und Transportdauer hat. Mit diesen Informationen kann Forschungsfrage 1a) weiter ausgeführt werden.

Zur genaueren Beantwortung von Forschungsfrage 1b) wird aufgezeigt, welche Faktoren bei der Verkehrsmittelwahl eine Rolle spielen. Es besteht die Hypothese, dass es bestimmte Branchen gibt, denen eine eindeutige hohe Schienenaffinität zugeordnet werden kann. Es wird außerdem angenommen, dass die Art der Güter eine Rolle spielt. Ein weiterer relevanter Faktor ist die Warenmenge und die zurückzulegende Distanz. Die Zeitplanung im Produktionsablauf kann ebenfalls eine Rolle spielen, da Schienengüterverkehr wenig flexibel ist und länger im Vorhinein geplant werden muss. Dazu kommt noch die Fahrbereitschaft für die erste oder letzte Meile von der Schieneninfrastruktur bis hin zum Betrieb, also die Distanzsensitivität. Diese Faktoren laufen jedoch im Endeffekt alle auf den Preis für den Transport insgesamt hinaus, der für Unternehmen eine zentrale Rolle spielt. Abgesehen davon können auch weiche Faktoren wie zum Beispiel Kontaktpersonen eine Rolle spielen.

Um die zukünftige Entwicklung des Güterverkehrs besser abschätzen zu können, werden mögliche Innovationen und Forschungsbereiche näher beleuchtet. Auch die Entwicklung von schienenaffinen Branchen wird erläutert. Daraus ergibt sich die Erkenntnis, welche Rolle der Schienengüterverkehr in Zukunft haben könnte, wodurch Forschungsfrage 1c) beantwortet werden kann.

Zur Beantwortung von Forschungsfrage 2) wird ein GIS-Tool konzipiert, durch welches Zonen mit hohem Potenzial für Schienengüterverkehr identifiziert werden können. Der Modellaufbau und die bei einer beispielhaften Anwendung verwendeten Modellparameter basieren auf den Erkenntnissen, die durch die Beantwortung von Forschungsfrage 1a) und 1b) gewonnen wurden. Anhand von verfügbaren Datensätzen wird den Betriebsstandorten eine branchenbedingte Schienenaffinität zugewiesen. Als zu findende Zonen mit Potenzial gelten Bereiche, in denen sich innerhalb der maximal zurückgelegten Distanz für die erste und letzte Meile Unternehmen mit einer branchenbedingten Schienenaffinität befinden. Das Modell wird durch eine Anwendung mit den verfügbaren Daten anschließend basierend auf wissenschaftlichen Gütekriterien kritisch beleuchtet.

Ein Ziel des Tools es, eine möglichst große Flexibilität bezüglich der Eingangsparameter zu haben. Faktoren wie die Größe der Einzugsbereiche und Bahnaffinitätsfaktoren bestimmter Branchen sollen flexibel wählbar sein. Im Rahmen der Arbeit wird das Modell mit Werten durchgeführt, die durch die Erkenntnisse des theoretischen Teils plausibel erscheinen. Als zusätzliche Erkenntnis zeigt sich, wie viele Gebiete überhaupt im Nahbereich von Anschlüssen an die Schieneninfrastruktur liegen.

Um einen Überblick zu bekommen, inwieweit sich die momentane Nutzung mit den errechneten Potenzialzonen räumlich deckt, wird das derzeitige Güterverkehrsaufkommen mit den errechneten Potenzialen verglichen. Diese Analyse kann nicht auf der Genauigkeit einzelner Betriebsgebiete erfolgen, sondern lediglich grobe regionale Tendenzen ausmachen. Es können jedoch in weiterer Folge regionsspezifische Handlungspotenziale herausgefiltert werden. Diese Erkenntnisse dienen der Beantwortung von Forschungsfrage 3). Die Ergebnisse können aber auch für die Verfeinerung des Modells verwendet werden..

Abschließend werden die Erkenntnisse der gesamten Arbeit verknüpft. Grundsätzliche Erkenntnisse, die zum Thema Güterverkehr gewonnen wurden, werden hier genauso beschrieben wie konkrete Handlungsempfehlungen für die verschiedenen Akteure. Diese können der ÖBB bezüglich Infrastrukturentscheidungen dienen sowie dem Staat bzw. den Ländern in Bezug auf Vorgaben oder Förderungen. Auch Unternehmen, die einen

Standort mit Gleisanbindung suchen, kann das Ergebnis der Arbeit als Orientierung dienen, etwa wenn sie versuchen Synergieeffekte, beispielsweise durch eine Clusterbildung, zu nutzen.

Eine Grenze der Arbeit besteht in der zu Anfang auch nicht ganz abschätzbaren Datenverfügbarkeit und Datenqualität. Aus diesem Grund werden auch Empfehlungen für entsprechende Akteure gegeben, was sich an der Datenlage verändern müsste, um eine solche Analyse besser durchführen zu können. Durch die Entwicklung des QGIS-Modells kann dieselbe Analyse bei besserer Datenverfügbarkeit auch nach Abschluss der Arbeit noch nützlich sein und in der Praxis Anwendung finden.

1.4 ARBEITSSCHRITTE UND METHODEN

Folgende Bearbeitungsschritte werden durchgeführt, um die Forschungsfragen zu beantworten und die Ziele der Arbeit zu erreichen: Theorie, Modellkonzeption, Modellergebnis, Erkenntnisse, Verwertung. Im Folgenden werden die Methoden, die im jeweiligen Arbeitsschritt angewendet werden, beschrieben. In Abbildung 1 wird der Ablauf schematisch dargestellt.

THEORIE (I)

Zum theoretischen Teil der Arbeit zählen jene Erkenntnisse, die durch Forschungsfrage 1) gewonnen werden. Die angewendete Methode ist das Zusammenführen von Erkenntnissen aus Sekundärquellen. Dazu zählt Fachliteratur genauso wie das Expert:innenwissen von Personen aus der Praxis. Dieser Teil wird hauptsächlich in Kapitel 2 und 3 behandelt.

MODELLERSTELLUNG (II)

Um in weiterer Folge Forschungsfrage 2) beantworten zu können, wird ein GIS-basiertes Modell erstellt, durch welches Zonen mit Unternehmen mit großem Potenzial für Schienengüterverkehrsnutzung identifiziert werden können. Die Erkenntnisse aus dem Theorieteil spielen bei der Entwicklung des Modells eine wichtige Rolle. Dabei wird in einem ersten Schritt abgewogen, welche Faktoren in ein Modell einbezogen werden müssen, um valide Ergebnisse zu erhalten. Darauf folgt eine Datenrecherche und in weiterer Folge eine Überprüfung der Verfügbarkeit und Validität. Die Daten werden gemäß den Anforderungen für die weitere Verwendung aufbereitet.

Um identifizierte Schienenzugangsmöglichkeiten (Möglichkeiten zum Be- und Entladen eines Zuges an einem Anschlussgleis oder einer Betriebsstelle mit Lademöglichkeit) wird ein Einzugsbereich basierend auf der Literaturrecherche errechnet. Diese Einzugsbereiche werden in einer räumlichen Analyse mit branchenbedingt schienenaffinen Unternehmen verschnitten.

Die verwendete Methode für diesen Arbeitsschritt ist somit die Erstellung eines GIS-Modells mit standardisiertem Ablauf und flexibel zu wählenden Parametern. Diese Arbeitsschritte werden in Kapitel 4 erläutert.

MODELLANWENDUNG UND ERGEBNISSE (III)

Das Modell wird in einem Gebiet mit den gewählten Parametern angewendet. Das Ergebnis wird durch unterschiedliche statistische Analysen und Darstellung in Karten interpretiert und es werden weitere Aussagen bezüglich Modellqualität und Modellergebnis gewonnen. Um einen Überblick zu bekommen, inwieweit die momentane Nutzung sich mit den errechneten Potenzialen deckt, wird das derzeitige Güterverkehrsaufkommen mit der Karte der errechneten Potenziale verglichen. So können regionspezifische Handlungspotenziale herausgefiltert werden.

Weitere Analysemöglichkeiten und Möglichkeiten zur Adaptierung des Modells werden aufgezeigt. Außerdem wird das Modell auf wissenschaftliche Gütekriterien hin überprüft und die Qualität der errechneten Ergebnisse eingeschätzt.

Die angewendete Methode ist folglich eine räumliche und statistische Analyse und Interpretation. Diese erfolgt in Kapitel 5.

ERKENNTNISSE (IV)

In einem abschließenden Schritt werden die gesammelten Erkenntnisse der Arbeit zusammengetragen. Hier werden die Informationen aus den theoretischen Kapiteln mit den Erkenntnissen aus der Erstellung des GIS-Modells und der Interpretation der Ergebnisse in Verbindung gesetzt und zusammenfassende Aussagen getroffen. Dieser Schritt wird in Kapitel 6 beschrieben.

Aus den Ergebnissen der Arbeit können Eisenbahninfrastruktur- und Eisenbahnverkehrsunternehmen, Kommunen und eventuell auch Unternehmen einen Nutzen ziehen. Welche Verwendung die Ergebnisse genau finden können, wird im zweiten Teil von Kapitel 6 behandelt. Dort wird auch dargelegt, welche weiteren Potenziale die Ergebnisse dieser Arbeit für zukünftige Forschungsarbeiten bieten.

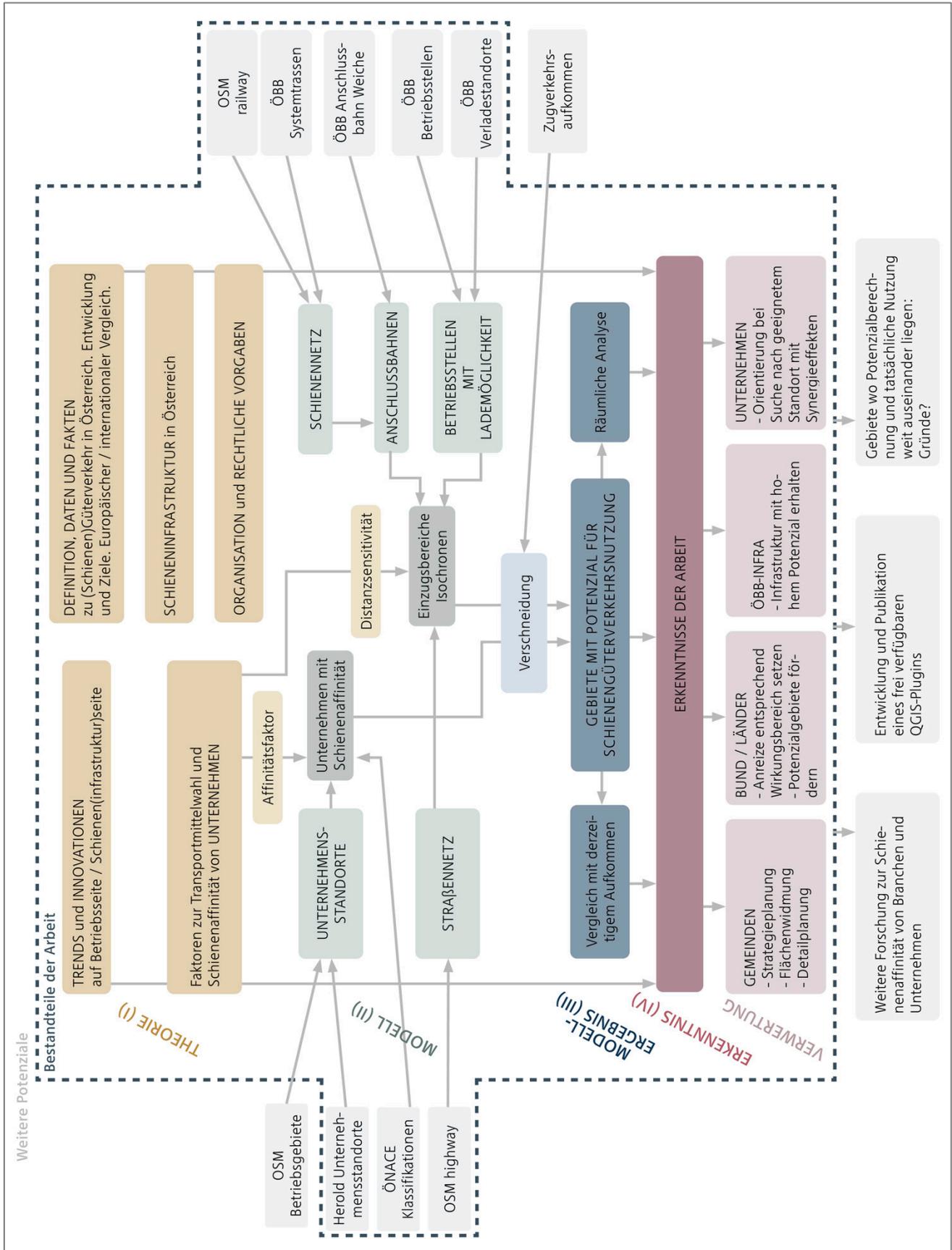


Abbildung 1: Struktur der Arbeit (eigene Darstellung)

2 SCHIENENGÜTERVERKEHR – GRUNDLAGEN VON ANBIETERSEITE



Güterverkehr kann als Folgeerscheinung anderer wirtschaftlicher Tätigkeiten und somit als abgeleiteter Verkehr bezeichnet werden. Der Wirtschaftszweck per se ist also nicht der Transport von Gütern, sondern ein anderer, durch den sich der Gütertransport ergibt. Durch die hohe Relevanz der Transporte haben sich jedoch Strukturen zur Logistik und Verladung entwickelt, die mittlerweile als eigener Wirtschaftszweig umgekehrt Einfluss auf Industrie- und Handelsunternehmen haben und die Nachfrage beeinflussen. So ergibt sich eine komplexe gegenseitige Beeinflussung beider Seiten (vgl. Stölzle, Faganini 2010, S. 1).

Bei der Durchführung eines Transportes wird ein Unternehmen, das seine Güter transportieren möchte, als Versender oder Verloader bezeichnet. Dieses Unternehmen ist in der Rolle des Nachfragers nach einer Transportleistung. Der Transporteur oder Frachtführer ist es, der sich um den tatsächlichen Transport des Gutes, also die Durchführung, kümmert. Zwischen ihnen stehen Spediteure, die den Transport organisieren und die entsprechenden Unternehmen beauftragen (vgl. BMVI 2019a). Es ist auch möglich, dass der Verloader gleichzeitig der Transporteur ist, seine Güter also selbst transportiert (vgl. Stölzle, Faganini 2010, S. 20). Als Verkehrsträger fungieren Straße, Schiene, Luft (Luftfahrt) und Wasser (Schifffahrt) (vgl. Statistik Austria 2019e). Auch Rohrfernleitungen werden in manchen Erhebungen als Verkehrsträger aufgeführt, die Daten dazu beruhen jedoch ausschließlich auf freiwilligen Angaben von Unternehmen (vgl. Statistik Austria 2019b) und sind nicht in allen Statistiken enthalten. In Österreich wird in einigen Statistiken beim Transport am Wasser als Verkehrsträger „Donau“ angegeben.

Im folgenden Kapitel werden die Grundlagen zum Güterverkehr näher erläutert. Es werden Arten von Güterverkehren und relevante Maßzahlen für das In- und Ausland thematisiert. Mit Fokus auf Schienengüterverkehr werden dessen Strukturierung sowie rechtliche Grundlagen erörtert und der Zustand der Schieneninfrastruktur in Österreich thematisiert.

2.1 GÜTERVERKEHR IN DATEN UND FAKTEN

2.1.1 ARTEN VON GÜTERVERKEHREN

UNTERSCHIEDUNG NACH VERKEHRSTRÄGER

Es gibt verschiedene Möglichkeiten zwischen den Arten von Güterverkehren zu unterscheiden. Eine mögliche Unterscheidung ist jene nach Verkehrsträger. Dazu zählen, wie bereits erwähnt, Straße, Schiene, Luft und Wasser, sowie auch Rohrfernleitungen.

Je nach Verkehrsträger ergibt sich wiederum eine Unterscheidung zwischen den eingesetzten Verkehrsmitteln. Für die Straße sind das zum Beispiel LKW mit und ohne Anhänger oder Sattelzüge, auf der Schiene verschiedene Arten von Güterzügen, zum Beispiel die RoLa oder ein Ganzzug, Binnen- oder Seeschiffe auf dem Wasser und Frachtflugzeuge in der Luft. Für den Transport in Rohrfernleitungen wird kein gesondertes Verkehrsmittel benötigt.

UNTERSCHIEDUNG NACH VERKEHRSBEREICH

Eine andere Möglichkeit der Unterscheidung, wie sie auch in Cerwenka u. a. beschrieben wird, erfolgt nach Herkunft und Ziel der Fahrt bzw. der Güter. Dies wird als Verkehrsbereich bezeichnet. Dabei werden die Kategorien *Inlandsverkehr*, *Grenzüberschreitender Empfang*, *Grenzüberschreitender Versand*, *Transitverkehr* sowie *Sonstiger Auslandsverkehr* gebildet. Bei Fahrten der Kategorie Inlandsverkehr findet die Be- und Entladung im selben Land statt. Bei Grenzüberschreitendem Empfang findet die Beladung im Ausland und die Entladung im betrachteten Land statt, während es bei Grenzüberschreitendem Versand genau umgekehrt ist. Transitverkehr bezeichnet jene Fahrten, die im Ausland begonnen und beendet werden, jedoch durch das betrachtete Land führen. Die Be- und Entladung erfolgt somit im Ausland. Unter die Kategorie des Sonstigen Auslandsverkehrs fällt etwa der Kabotageverkehr. Es handelt sich dabei um eine Fahrt, die im Ausland beginnt und endet, jedoch

mit einem in dem betrachteten Land zugelassenen Fahrzeug durchgeführt wird (vgl. Statistik Austria nach Cerwenka u. a. 2004, S. 191).

UNTERSCHIEDUNG NACH GÜTERART

Eine weitere Möglichkeit zur Unterscheidung ist jene nach Art der Güter. Diese können verschiedene Aggregatszustände, eine unterschiedliche Größe, einen unterschiedlich hohen Wert, eine verschieden hohe Transportempfindlichkeit oder Gefährlichkeit (vgl. ebd., S. 189 nach ÖNORM B 4920) und somit unterschiedliche Ansprüche an den Transportmodus, die Verpackung oder Verladung haben.

2.1.2 FORMEN DES SCHIENENGÜTERVERKEHRS

Im Schienengüterverkehr kann zwischen folgenden Kategorien unterschieden werden: Ganzzugverkehr, Einzelwagenverkehr (EWV) und Kombiniertes Verkehr (KV). Der Einzelwagen- und Ganzzugverkehr wird von Cerwenka u. a. und früher auch von manchen Eisenbahnunternehmen zur Kategorie „Wagenladungsverkehr“ zusammengefasst. Stückgutverkehr wird von Cerwenka u. a. ebenfalls als eigene Kategorie angeführt (vgl. BMVI 2019e; Cerwenka u. a. 2004, S. 197).

Zu Beginn wird noch Bahnverkehr über Anschlussgleise erläutert, da dieser Teil der anderen Formen von Schienengüterverkehr sein kann.

BAHNVERKEHRE ÜBER ANSCHLUSSBAHNEN

Bei Anschlussbahnen handelt es sich um vom Hauptnetz abzweigende Schienenstrecken, die an das Grundstück eines (privaten) Betriebes angeschlossen sind. Dadurch können diese Betriebe ihre Güter direkt auf ihrem Gelände auf die Schiene verladen oder von der Schiene entladen. Der Transport für die erste oder letzte Meile per LKW oder anderen Verkehrsmitteln entfällt dadurch (vgl. BMVI 2012a, S.2).

Von Anschlussbahnen kann je nach Aufkommen Einzelwagen- oder Ganzzugverkehr ausgehen.

GANZZUGVERKEHR (GZV)

Bei einem Ganzzug werden die transportierten Waren eines Kunden ohne Zugumbildung von einem Ausgangsort zu einem Zielort transportiert. Für den Transport als Ganzzug ist eine ausreichende Menge Güter notwendig, damit die Kosten geringer sind als beim Transport als Einzelwagen oder über ein anderes Verkehrsmittel. Für Unternehmen, die so etwas brauchen, zum Beispiel im Bereich von Kohle, Stahl oder Baumaterialien, rentiert sich oft die Herstellung eines eigenen Anschlussgleises und einer Verladeinfrastruktur am Betriebsgelände. Der Transport erfolgt in der Regel schneller als im Einzelwagenverkehr, da die zeitaufwendige Zugumbildung wegfällt (vgl. BMVI 2019e).

Da keine Zugumbildung passiert, werden Ganzzüge der Kategorie der nicht manipulierten Güterzüge zugeschrieben.

Abbildung 2 zeigt eine schematische Darstellung des Ganzzugverkehrs.

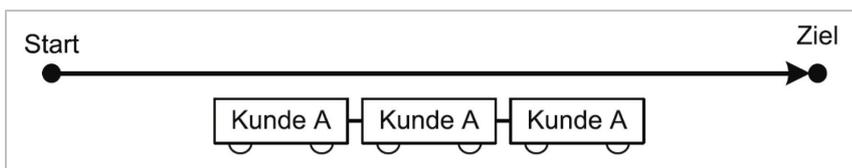


Abbildung 2: Schematische Struktur des Ganzzugverkehrs (Clausen u. a. 2013, S. 170)

EINZELWAGENVERKEHR (EWW)

Beim Einzelwagenverkehr gibt es mehrere Sender, die jeweils einzelne Wagen oder Wagengruppen transportieren lassen. Diese Wagen werden in mehreren Stufen gebündelt und an Zugbildungsbahnhöfen (Verschubstandorten) zu einem Zug für den Hauptlauf umgebildet (siehe schematische Darstellung in Abbildung 3). In der Region des Zielortes werden die Wagen wieder getrennt und entsprechend verteilt. Der gesamte Prozess braucht durch die Abholung der Wagen von verschiedenen Standorten und die Zugumbildung viel Zeit und personelle Ressourcen, weshalb er im Vergleich zu beispielsweise LKW-Verkehr oder Ganzzugverkehr langsamer und teurer ist. Aufgrund der benötigten Zeit für die Wagenabholung und mehrmalige Zugumbildung sind die Laufzeiten länger als bei Ganzzügen. Relevant ist der Einzelwagenverkehr für Kunden, die aufgrund der Entfernung oder Menge der Ladung einen Güterzug brauchen oder wollen, jedoch nicht regelmäßig genügend Transportgut für einen Ganzzug haben (vgl. BMVI 2019e). Gütergruppen, die in Österreich häufig im Einzelwagenverkehr transportiert werden, sind Holz, Silo-Zement, Zemente und Altpapier (vgl. Herry Consult 2016, S. 7).

Züge aus dem Einzelwagenverkehr zählen zu den manipulierten Güterzügen, da eine Zugumbildung erfolgt. In der Praxis gibt es bei der ÖBB-Infrastruktur eine Unterscheidung zwischen Bedienbahnhöfen als kleinste Einheit, Verschubstandorten als nächstgrößere und Verschubknoten, zwischen denen der Hauptlauf stattfindet. Dies wird in Kapitel 2.3.4 noch einmal genauer beschrieben.

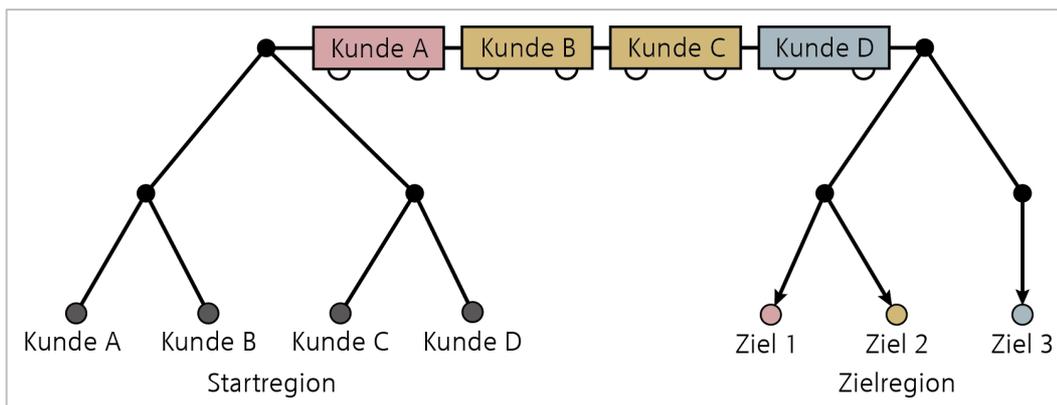


Abbildung 3: Schematische Struktur des Einzelwagenverkehrs (eigene Darstellung, angelehnt an Clausen u. a. 2013)

Die Bedeutung des Einzelwagenverkehrs spielt in den verschiedenen europäischen Ländern eine unterschiedlich große Rolle. In Österreich, Deutschland, Tschechien und Slowenien macht der Einzelwagenverkehr noch etwa ein Drittel des Schienengüterverkehrs aus, während er in anderen Ländern wie Italien, Frankreich oder Großbritannien kaum noch verbreitet ist (vgl. Schmidt 2016, S. 2 f.)

KOMBINIERTER VERKEHR (KV)

Im Kombinierten Verkehr werden in der Transportkette verschiedene Transportmittel benutzt, ohne dass die Umschlageinheit gewechselt wird. Die Umschlageinheiten können zum Beispiel Container, Sattelanhänger oder Wechselaufbauten sein. Der Vor- und Nachlauf erfolgt in den meisten Fällen per LKW. Ein Beispiel für Kombinierten Verkehr ist ein Container, der von einem LKW auf ein Schiff umgeladen wird. Der/die Fahrer:in des LKW gibt die Ladung ab und fährt nicht mit dem Schiff mit, weshalb diese Form auch unbegleiteter Kombiniertes Verkehr genannt wird (vgl. Cerwenka u. a. 2004, S. 197 f.). Der Umschlag erfolgt meist über eigene KV-Terminals. Abbildung 4 zeigt ein Beispiel für ein Terminal, bei dem Container zwischen LKW und Bahn verladen werden.

Beim Kombinierten Verkehr gibt es einige private Zusammenschlüsse und Initiativen, die sich für dessen Stärkung einsetzen. Diese beobachten dessen Entwicklung und konnten von 2005 bis 2014 in Europa einen Zuwachs von 43 % beim Transportaufkommen (transportierte Tonnen (t)) und 28 % bei der Transportleistung (transportierte Tonnen mal Distanz in Kilometern (tkm)) auf der Schiene als Teil einer Wegstrecke im Kombinierten Verkehr feststellen. Das gesamte Transportaufkommen auf der Schiene ist im gleichen Zeitraum in Europa um 3 % gesunken, während die Transportleistung um 1 % gewachsen ist (vgl. International Union of Railways 2017, S. 12). Der unbegleitete Kombinierte Güterverkehr in Österreich stieg von 2013 bis 2015, gemessen am Transportaufkommen, um 23 % an (vgl. ebd., S. 19).



Abbildung 4: Containerterminal für kombinierten Verkehr
(Industrie- und Handelskammer Nürnberg für Mittelfranken 2019)

Eine Sonderform des Kombinierten Verkehrs stellt die Rollende Landstraße (RoLa) dar, die dem begleiteten Kombinierten Verkehr zugeordnet wird und die nur bei einer Kombination zwischen Straße und Schiene auftritt. Dabei werden ganze LKW auf speziellen Niederflrwagen per Bahn transportiert. Der/die Fahrer:in fährt in einem Begleitwagen mit. Die Zeit im Zug darf zu den gesetzlich vorgeschriebenen Ruhepausen gezählt werden, was ein Vorteil der RoLa ist. Am Zielort des Zuges fahren die Fahrer:innen ihre Fahrzeuge von den Zugwaggons hinunter und setzen ihre Fahrt fort. Ein weiterer Vorteil der RoLa ist, dass kleinere Unternehmen damit ohne Investition in eine Umschlagtechnik und somit relativ einfach den Kombinierten Verkehr nutzen können. Ein Nachteil ist die relativ teure Anschaffung und Wartung der Niederflrwagen. Der Transport der Zugmaschinen braucht außerdem viel Platz und diese haben ein hohes Gewicht, das zum Gewicht der geladenen Güter noch dazukommen. Aus diesen Gründen ist die RoLa wenig rentabel und hat einen hohen Subventionsbedarf. Auch die CO₂-Reduktion pro Sendungskilometer ist dadurch viel geringer als beim unbegleiteten Kombinierten Verkehr (vgl. BMVI 2019c).

Abbildung 5 zeigt ein Beispiel für einen RoLa-Zug. Der erste Wagen hinter der Lok ist der Begleitwagen für die Fahrer:innen, dahinter befinden sich die LKW auf den Niederflrwagen.



Abbildung 5: RoLa-Zug
(Hafner 2019)

STÜCKGUTVERKEHR / SAMMELGUTVERKEHR

Die Eigenschaften von Stückgütern bestehen darin, dass sie zählbar sind und außerdem als ein Stück transportiert werden können. Dazu zählen zum Beispiel Kisten und Paletten, aber auch Maschinen und Fahrzeuge (vgl. Stölzle, Faganini 2010, S. 21).

Der Transport kann im Sammelgutverkehr erfolgen. Dabei sammelt ein Spediteur über einen Zeitraum von 2 bis 3 Tagen Stückgüter in einer Transporteinheit zusammen. Diese werden dann entweder als Ganzzug oder als Einzelwagen versendet (vgl. Dolezal 2020)

Wird der Begriff Sammelgutverkehr nicht als Produktbezeichnung in der Logistik, sondern auf den Eisenbahntransport bezogen, kann er auch für die Sammlung von Waggons in einer Region für den Einzelwagenverkehr verwendet werden (vgl. ebd.).

2.1.3 BEDEUTUNG DES SCHIENENGÜTERVERKEHRS IN ÖSTERREICH

Im Folgenden wird die Bedeutung der Verkehrsträger im Güterverkehr in Österreich anhand statistischer Maßzahlen analysiert. Das erfolgt durch eine grafische Darstellung und eine entsprechende Erläuterung der Daten. Der Stand der Daten ist dabei November/Dezember 2019. Die Auswirkungen der Coronapandemie werden deshalb bei der Angabe von Prognosen nicht erwähnt und sind auch zum Abschluss der Arbeit noch nicht abschätzbar.

ENTWICKLUNG VON TRANSPORTAUFKOMMEN UND MODAL SPLIT

Das gesamte Transportaufkommen in Österreich ist in den letzten 20 Jahren um etwa das Eineinhalbfache angestiegen. Dabei konnten der Schienenverkehr und der Straßenverkehr Zugewinne verzeichnen, wie Abbildung 6 zeigt. Nach dem Jahr 2008 ist ein leichter Einbruch zu erkennen, der durch die Wirtschaftskrise bedingt ist (vgl. Scheucher 2014, S. 21). Wenig später setzt sich der Aufwärtstrend jedoch fort. Bis zum Jahr 2025 wird eine weitere Steigerung des Transportaufkommens prognostiziert (vgl. TRAFICO u. a. 2009, S. 27 ff.).

Die Anteile der Verkehrsträger sind im Vergleich zwischen 1995 und 2017 ident, haben sich in den 22 Jahren dazwischen jedoch immer wieder verschoben, wie Abbildung 7 zeigt. Das Transportaufkommen auf der Schiene hat 2017 einen Anteil von etwa 21 % und die Straße einen Anteil von etwa 77 %. Der Transport über Schiff hat einen Anteil von 2-3 %, jener der Luftfahrt ist mit 0,5 % am geringsten und in Abbildung 7 kaum noch erkennbar.

Den höchsten Anteil am Transportaufkommen hatte die Schiene im Jahr 2005 mit 25 %. Eine grafische Darstellung dieser Werte erfolgt in Abbildung 7, wobei der Anteil der Luftfahrt so gering ist, dass er in der Grafik nicht

erkennbar ist. Der Transport über Rohrfernleitungen wird in der zeitlichen Entwicklung von Statistik Austria nicht ausgewiesen.

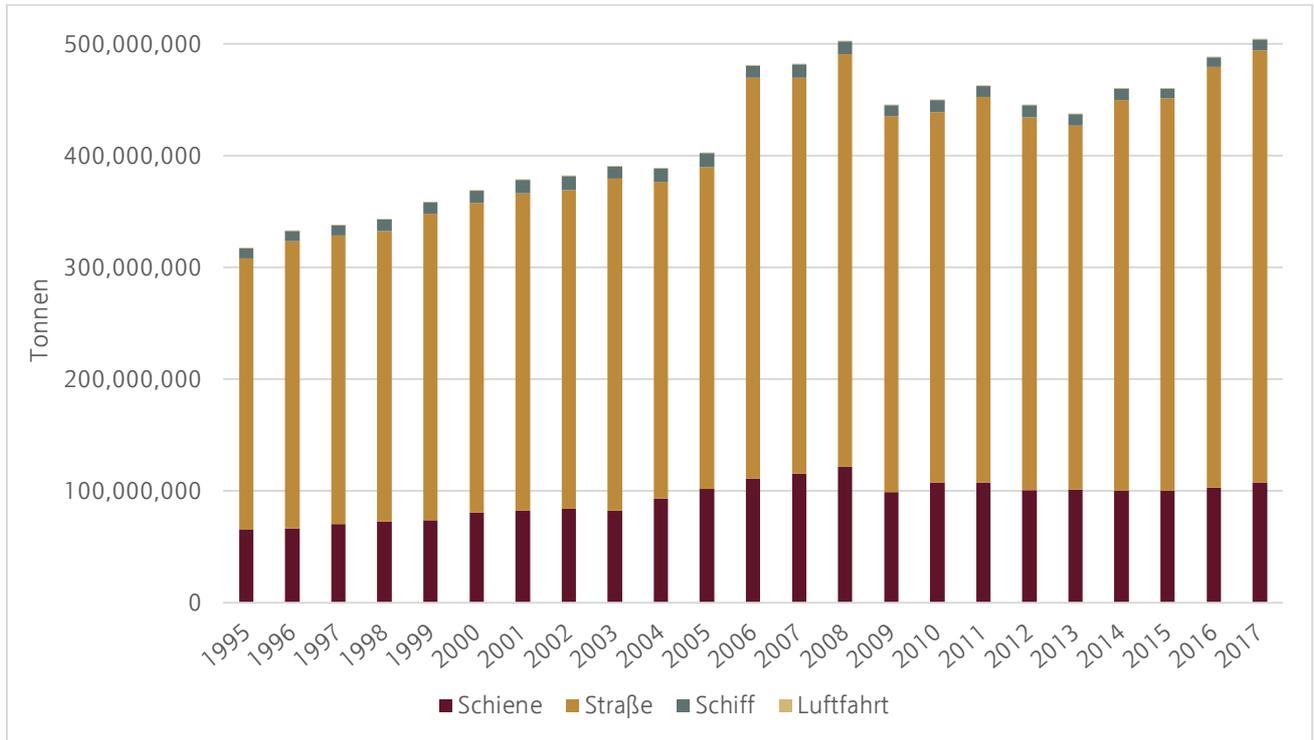


Abbildung 6: Entwicklung des Transportaufkommens (absolut beförderte Tonnen t) nach Verkehrsmittel in Österreich von 1995-2017 (ohne Rohrfernleitung) (vgl. Statistik Austria 2019c, eigene Darstellung)

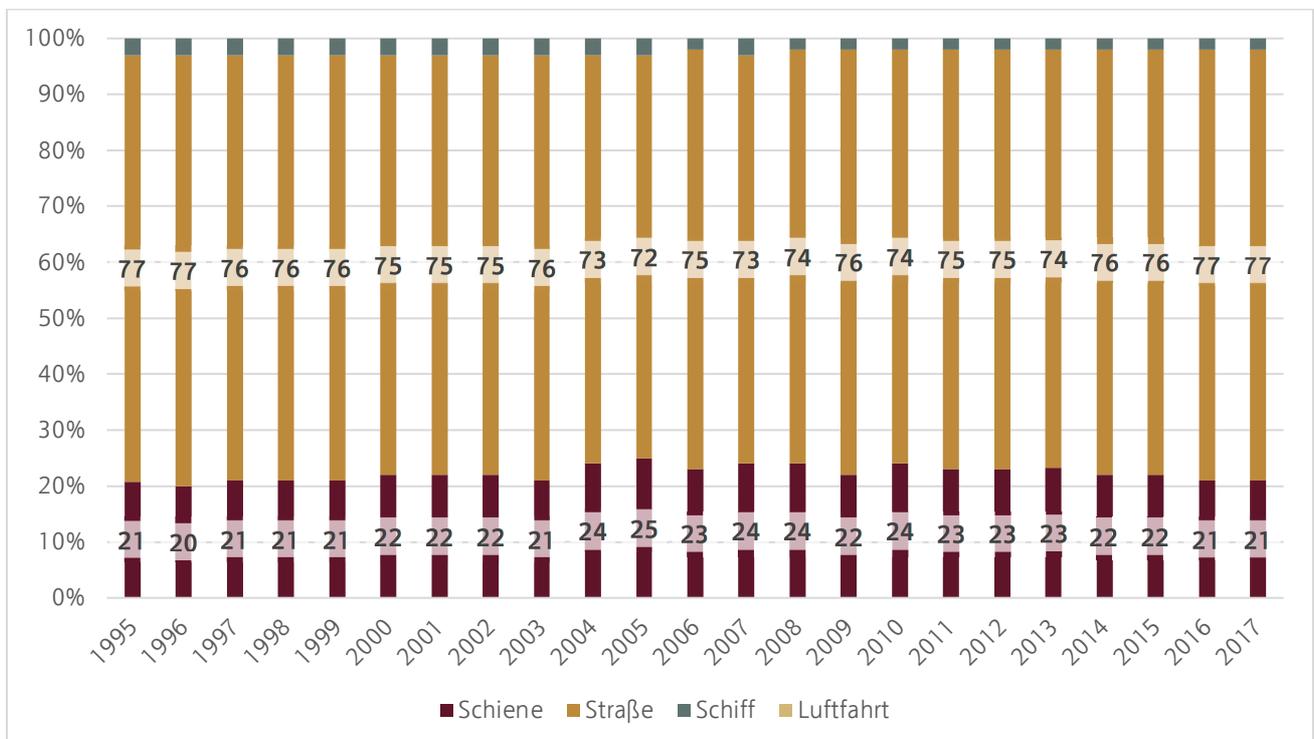


Abbildung 7: Entwicklung der Anteile der Verkehrsträger am Transportaufkommen (absolut beförderte Tonnen t) in Österreich von 1995 - 2017 (ohne Rohrfernleitung) (vgl. ebd., eigene Darstellung)

VERGLEICH TRANSPORTAUFKOMMEN UND TRANSPORTLEISTUNG

Abbildung 8 zeigt die unterschiedlichen Anteile der Verkehrsträger im Jahr 2018 am Transportaufkommen (Tonnen t) und der Transportleistung (Tonnenkilometer tkm) innerhalb Österreichs (inklusive Rohrfernleitungen und im Ausland angemeldeten Kraftfahrzeugen). Durch diese Einbeziehung macht das Transportaufkommen per Luft nur noch 0,03 % aus, weshalb es nicht in der Abbildung dargestellt wird. Die Transportleistung per Luftfahrt wird von der Statistik Austria nicht ausgewiesen.

Wie Abbildung 8 ebenfalls zeigt, entstehen unter Einbeziehung der genannten Verkehrsträger 75 % des Transportaufkommens auf der Straße. Der Anteil der Schiene ist mit 14 % nur wenig höher als jener der Rohrfernleitungen mit 10 %. Der Transport auf der Donau macht 1 % des Gütertransportaufkommens aus (Anm.: da offenbar in Österreich der gesamte relevante Gütertransport per Schiff auf der Donau passiert, wird von der Statistik Austria in manchen Statistiken die Donau als eigener Verkehrsträger bezeichnet).

Aus der Abbildung ist ebenfalls herauszulesen, dass sich bei Berechnung der Transportleistung die Anteile zu Gunsten der Schiene verschieben. Dieser Effekt entsteht aufgrund der längeren Transportwege. Es werden 24 % der Transportleistung auf der Schiene erbracht. Trotzdem bleibt der Anteil der Straße mit 56 % mit Abstand am größten. Auch Rohrfernleitungen haben gemessen an der Transportleistung mit 19 % einen höheren Anteil im Vergleich zum Transportaufkommen. Daraus lässt sich schließen, dass die Verkehrsträger Rohrfernleitung und Schiene besonders für große Distanzen attraktiver sind als Straßengüterverkehr.

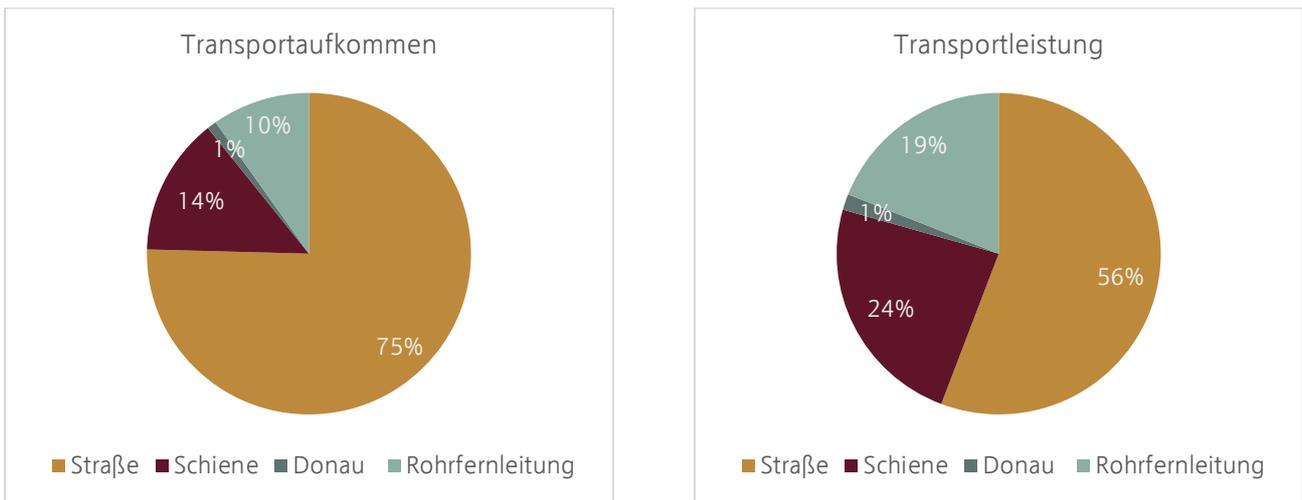


Abbildung 8: Vergleich der Anteile der Verkehrsträger am Transportaufkommen (t) und der Transportleistung (tkm) in Österreich im Jahr 2018 (ohne Luftfahrt, mit Rohrfernleitung) (vgl. Statistik Austria 2019a, eigene Darstellung)

ANTEILE DER VERKEHRSBEREICHE

Das Transportaufkommen und die Transportleistung werden von der Statistik Austria außerdem für Straßenverkehr, Schienenverkehr und Donauschifffahrt gesondert nach Herkunft und Zielen, also den so genannten Verkehrsbereichen, erhoben. Die Einteilung erfolgt in Transitverkehr, grenzüberschreitenden Güterversand, grenzüberschreitenden Gütereingang und Transitverkehr (genaue Definition in Kapitel 2.1.1). Abbildung 9 zeigt für die Verkehrsträger Straße, Schiene und Donau die jeweiligen Anteile der Verkehrsbereiche am jeweiligen Transportaufkommen der Verkehrsträger. Abbildung 10 zeigt die Anteile der Verkehrsbereiche an der Transportleistung derselben Verkehrsträger.

Beim Transportaufkommen auf der Straße macht der **Inlandsverkehr** mit 66 % den größten Anteil aus. Auf der Schiene spielt der Inlandsverkehr mit 28 % eine geringere Rolle, auf der Donau mit 4 % nur eine sehr kleine.

Bei der Transportleistung, bei der auch die zurückgelegte Distanz einen Einfluss auf den Wert hat, macht der Inlandsverkehr auf der Straße nur 34 % aus, was einen wesentlich geringeren Anteil am Straßenverkehrsaufkommen als beim Transportaufkommen darstellt. Auf der Schiene ist mit 20 % Inlandsverkehr an der Transportleistung der Unterschied zum Transportaufkommen weniger groß. Das lässt darauf schließen, dass auf der Straße viel Inlandsverkehr mit sehr kurzen Wegen zurückgelegt wird, während auf der Schiene auch im Inlandsverkehr große Distanzen zurückgelegt werden. Auf der Donau macht der Inlandsverkehr nur 2 % der Transportleistung aus.

Der **grenzüberschreitende Gütereingang** macht auf der Straße in etwa einen gleich großen Anteil am Transportaufkommen aus wie der **grenzüberschreitende Güterversand**, mit jeweils 12 % bzw. 10 %. Auf der Schiene ist der Anteil des grenzüberschreitenden Gütereingangs mit 26% hingegen deutlich höher als der Versand mit 17 %. Noch deutlicher sind die Unterschiede auf der Donau, wo 53% des Transportaufkommens durch Empfang, jedoch nur 25 % durch Versand entstehen.

Auf der Straße sind die Anteile von grenzüberschreitendem Güterversand und -empfang an der Transportleistung mit 17 % und 15 % auch etwa gleich hoch, haben insgesamt jedoch einen etwas höheren Anteil als am Transportaufkommen. Die Anteile auf der Schiene sind bei der Transportleistung annähernd ident wie beim Transportaufkommen. Auch auf der Donau entsteht bei der Berechnung der Transportleistung eine eher geringe Verschiebung (49 % Empfang und 17 % Versand) im Vergleich zum Transportaufkommen.

Der **Transitverkehr** macht 13 % des Transportaufkommens auf der Straße aus. Auf der Schiene sind es 30 %, auf der Donau 19 %.

Im Gegensatz dazu macht der Transitverkehr 35 % der Transportleistung auf der Straße aus, was auf größere zurückgelegte Distanzen hinweist. Auf der Schiene sind es ebenfalls 35 %, was im Vergleich zum Transportaufkommen eine weniger große Verschiebung darstellt. Auf der Donau sind es 32 % im Transitverkehr.

Es lässt sich für den Schienenverkehr festhalten, dass der Transitverkehr mit 30 % am Transportaufkommen auf der Schiene und 35 % an der Transportleistung auf der Schiene einen sehr hohen Anteil am Transitverkehr hat und dass auch im Inlandsverkehr vergleichsweise große Distanzen zurückgelegt werden.

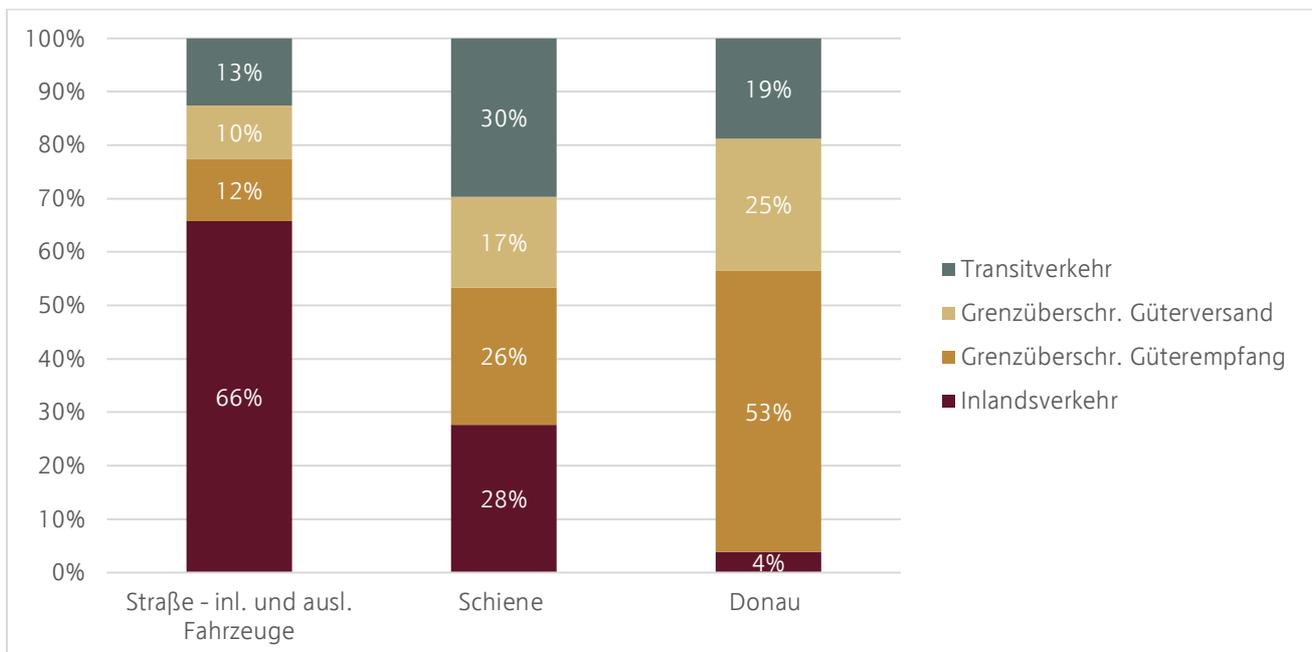


Abbildung 9: Anteile der Ziele am jeweiligen Transportaufkommen (t) der Verkehrsträger in Österreich im Jahr 2018 (ohne Luftfahrt und Rohrfernleitung)
(vgl. Statistik Austria 2019c, eigene Darstellung)

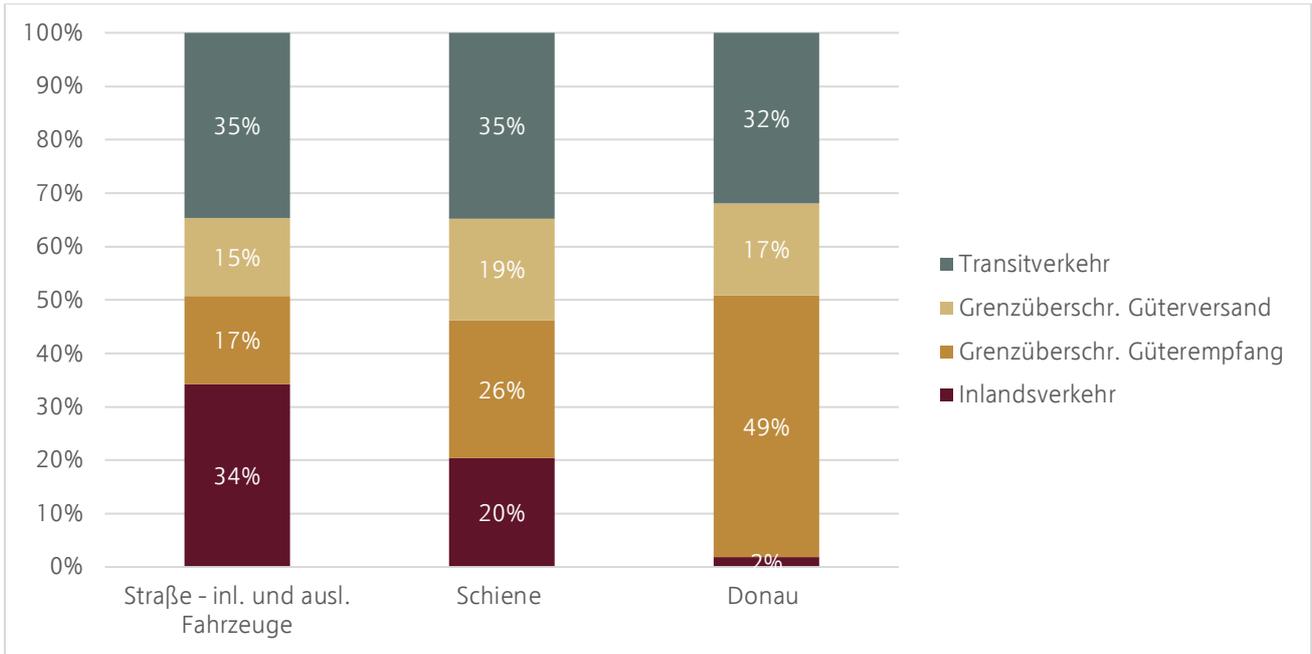


Abbildung 10: Anteile der Ziele am der jeweiligen Transportleistung (tkm) der Verkehrsträger in Österreich im Jahr 2018 (ohne Luftfahrt und Rohrfernleitung) (vgl. Statistik Austria 2019c, eigene Darstellung)

ANTEILE DER MARKTSEGMENTE

Im Schienennetz der ÖBB werden 27 % der gesamten Zugkilometer durch Güterzüge zurückgelegt, während 68 % der Zugkilometer durch Personenverkehrszüge erbracht werden, wie Abbildung 11 zeigt.

17 % der Güterzugkilometer werden durch manipulierte Güterzüge erbracht. Zu diesen gehört der Einzelwagenladungsverkehr, der Kombinierte Verkehr und Verschubgüterzüge (vgl. Schienen-Control GmbH 2018, S. 83). Durch nicht manipulierte Güterzüge, also Ganzzüge (vgl. ebd., S. 83), werden 10 % der Zugkilometer erbracht. 5 % der Zugkilometer entstehen durch Dienstzüge, das sind beispielsweise Fahrten in den Betriebsbahnhof.

Der Personenverkehr nimmt somit einen sehr dominanten Stellenwert auf der Infrastruktur ein. Bemerkenswert sind jedoch auch die höheren Anteile an den Zugkilometern des manipulierten Verkehrs als des nicht manipulierten Verkehrs, da ersterer traditionellerweise kosten- und personalintensiver sowie insgesamt weniger rentabel ist. Trotzdem scheint er einen großen Stellenwert einzunehmen, selbst wenn bedacht wird, dass auch aufgrund der Zugbildung eine höhere Zahl an Kilometern zurückgelegt wird.

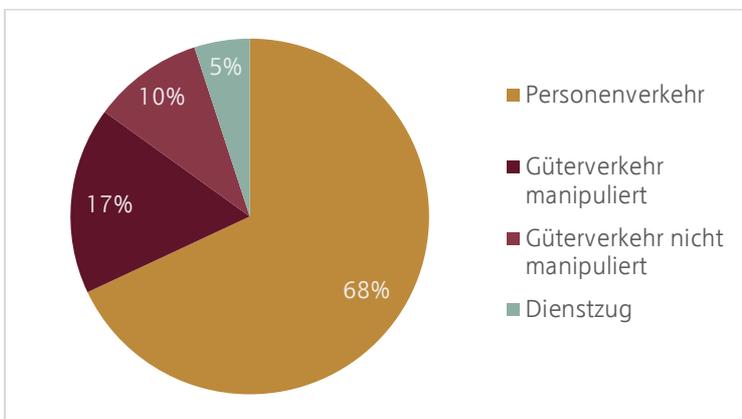


Abbildung 11: Anteile der Marktsegmente an den Zugkilometern im ÖBB-Netz im Jahr 2018 (vgl. Schienen-Control GmbH 2019b, S. 28, eigene Darstellung)

2.1.4 BEDEUTUNG DES SCHIENENGÜTERVERKEHRS IM INTERNATIONALEN VERGLEICH

EUROPAWEIT

Im EU-Vergleich des Schienenverkehrsanteils an der Transportleistung (ohne Rohrfernleitungen und Luftfahrt) liegt Österreich im Jahr 2017 mit etwa 32 % auf Platz 7 der EU-28, wie Abbildung 12 zeigt. Mit einem Straßenverkehrsanteil von 65 % an der Transportleistung liegt Österreich auf Platz 19 der EU-28 gemessen an den Straßenverkehrsanteilen. Gemessen an der Transportleistung über Wasserwege liegt Österreich auf Platz 10 der EU-28. Der Straßenverkehrsanteil am Transportaufkommen ist in etwa gleich hoch wie jener des Nicht-EU-Landes Schweiz.

Den niedrigsten Anteil an Transportleistung im Schienengüterverkehr im EU-Vergleich haben Zypern und Malta mit 0%, da diese Staaten kein Schienennetz haben. Die höchsten Werte weist hingegen das Baltikum mit Anteilen von bis zu 75 % in Lettland auf. Güterverkehr über inländische Wasserwege ist besonders in den Niederlanden relevant, die so 45 % ihrer Transportleistung erzielen. Schienengüterverkehr spielt dort hingegen mit 6% kaum eine Rolle (vgl. European Union 2019a).

Auch in Rumänien und Bulgarien spielt der Transport über Wasserwege eine wichtige Rolle, diese beiden Länder erzielen so 27 bzw. 25 % ihrer Transportleistung. Rumänien ist außerdem das einzige EU-Land, in dem die Transportleistung zu je einem Drittel auf die Verkehrsträger verteilt ist.

Bei der Bewertung der beschriebenen Daten ist zu beachten, dass es sich um die Transportleistung handelt, bei der der Schienengüterverkehr, zumindest in Österreich, aber wahrscheinlich auch in den meisten anderen Ländern, einen höheren Anteil aufweist als bei einer Messung nach Transportaufkommen. Dieser Effekt kommt von den in den meisten Fällen viel größeren Distanzen im Schienengüterverkehr.

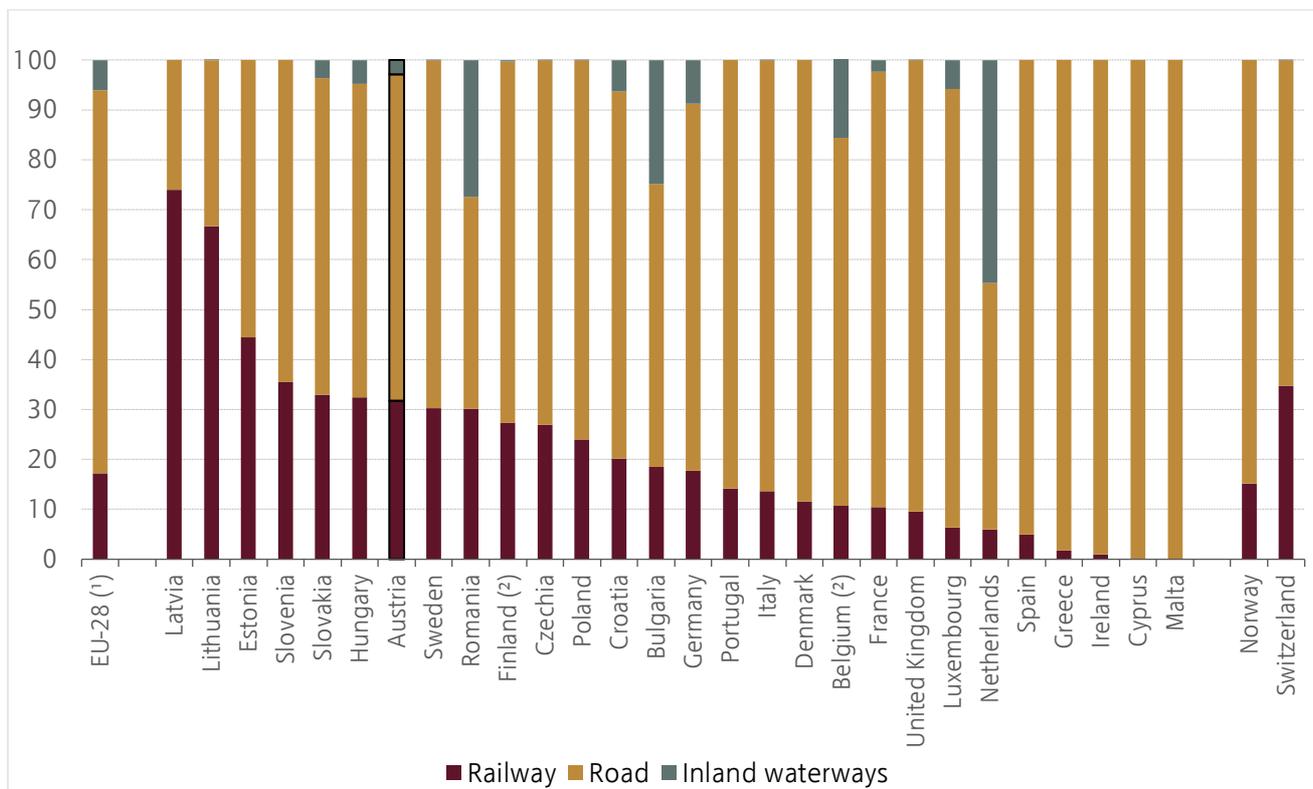


Abbildung 12: Anteile der Verkehrsträger an der Transportleistung (tkm) der jeweiligen Inlandsverkehre im EU-Vergleich im Jahr 2017 (ohne Luftfahrt und Rohrfernleitung, EU-28 + Norwegen und Schweiz), absteigend sortiert nach Anteilen am Schienengüterverkehr

(vgl. European Union 2019b, Darstellung bearbeitet)

Bei einem Vergleich des Modal Split in der EU zwischen 2013 und 2018, wie er in Abbildung 13 dargestellt ist, fällt auf, dass in dieser Zeitperiode in den meisten Ländern eher kleinere Verschiebungen stattfanden, insgesamt jedoch ein allgemeiner Trend zur Senkung des Schienenverkehrsanteils zu erkennen ist. Die größten Veränderungen fanden in den Staaten Estland und Lettland statt. In Lettland sank der Schienenverkehrsanteil an der Transportleistung um 7,2 % zu Gunsten des Straßenverkehrs. In Estland waren es sogar 19,3 % Senkung des Schienenanteils zu Gunsten der Straße. Estland ist auch 2017 jener Staat des Baltikums, der den geringsten Schienenverkehrsanteil hat, wie in Abbildung 12 erkennbar ist. Auch in der Binnenschifffahrt sind klare Tendenzen erkennbar, dass deren Anteile zu Gunsten der Straße sinken.

	Eisenbahn			Straße			Binnenschifffahrt		
	2013	2017	Differenz	2013	2017	Differenz	2013	2017	Differenz
EU-28	18,2	17,3	-1,0	74,9	76,7	1,8	6,9	6,0	-0,8
Latvia	81,2	74,0	-7,2	18,8	26,0	7,2	-	-	-
Lithuania	66,6	66,7	0,1	33,4	33,3	-0,1	0,0	0,0	0,0
Estonia	63,7	44,4	-19,3	36,3	55,6	19,3	-	-	-
Slovenia	34,7	35,5	0,8	65,3	64,5	-0,8	-	-	-
Slovakia	39,0	32,9	-6,1	56,4	63,5	7,1	4,6	3,6	-1,0
Hungary	30,7	32,4	1,8	63,3	62,7	-0,5	6,1	4,8	-1,2
Austria	32,0	31,8	-0,3	64,1	65,4	1,3	3,9	2,9	-1,0
Sweden	33,5	30,2	-3,3	66,5	69,8	3,3	-	0,0	-
Romania	30,7	30,2	-0,5	40,3	42,4	2,1	29,0	27,4	-1,6
Finland (²)	30,1	27,3	-2,8	69,5	72,4	2,8	0,4	0,3	0,0
Czechia	28,3	26,9	-1,4	71,7	73,1	1,4	0,1	0,0	0,0
Poland	26,4	23,9	-2,5	73,5	76,0	2,5	0,0	0,1	0,0
Croatia	19,7	20,1	0,5	73,1	73,6	0,5	7,3	6,3	-1,0
Bulgaria	16,6	18,5	1,9	56,0	56,6	0,7	27,5	24,9	-2,6
Germany	19,1	17,8	-1,3	70,7	73,4	2,7	10,2	8,8	-1,4
Portugal	12,7	14,1	1,4	87,3	85,9	-1,4	-	-	-
Italy	11,8	13,6	1,8	88,1	86,4	-1,7	0,1	0,0	0,0
Denmark	11,2	11,5	0,3	88,8	88,5	-0,3	-	-	-
Belgium (²)	11,8	10,7	-1,1	72,4	73,7	1,3	15,8	15,6	-0,2
France	10,5	10,5	0,0	86,5	87,2	0,7	3,0	2,4	-0,7
United Kingdom	12,8	9,6	-3,2	87,1	90,4	3,2	0,1	0,1	0,0
Luxembourg	7,2	6,3	-0,9	82,3	87,9	5,7	10,5	5,8	-4,7
Netherlands	5,9	5,9	0,0	47,1	49,4	2,3	47,1	44,7	-2,4
Spain	5,3	4,9	-0,4	94,7	95,1	0,4	-	-	-
Greece	1,4	1,8	0,4	98,6	98,2	-0,4	-	-	-
Ireland	1,1	0,9	-0,2	98,9	99,1	0,2	-	-	-
Cyprus	-	-	-	100,0	100,0	0,0	-	-	-
Malta	-	-	-	100,0	100,0	0,0	-	-	-

Abbildung 13: Entwicklung der Anteile der Verkehrsträger an der Transportleistung (tkm) von Inlandsverkehren im EU-Vergleich zwischen 2013 und 2017 (ohne Luftfahrt, ohne Rohrfernleitung, EU-28) (vgl. European Union 2018, 2019b, eigene Darstellung)

WELTWEIT

Für eine Einschätzung der Bedeutung von Schienengüterverkehr in unterschiedlichen Staaten außerhalb Europas wurden einige Staaten ausgewählt und deren Verteilung des Transportaufkommens auf Schiene und Straße gegenübergestellt. Über die Gründe für die Verteilung werden dabei nur naheliegende Mutmaßungen aufgestellt, die tatsächlichen Gründe jedoch nicht näher erforscht.

Bei einem Vergleich der Transportleistung einiger OECD-Länder fällt auf, dass Österreichs Bahnanteil relativ im Mittelfeld liegt, wie auch in Abbildung 14 zu sehen ist. Den höchsten Bahnanteil der betrachteten Länder,

gemessen an der Transportleistung, hat Russland mit über 90 %. Ein logischer Grund dafür kann die flächenmäßig sehr große Ausdehnung Russlands sein, da die Transportleistung bei weiten Strecken naturgemäß höher ist. Ein weiterer Grund könnte die wichtige Kohle- oder Erzindustrie sein, die gleichzeitig durch die großen zu befördernden Mengen sehr bahnaffin sind. Die flächenmäßig ebenfalls sehr große Volksrepublik China hat im Gegensatz zu Russland nur einen Güterschienenverkehrsanteil von knapp unter 30 %, wie Abbildung 14 ebenfalls zeigt. Mögliche Gründe können eine andere Wirtschaftsstruktur oder eine höhere Zentralisierung sein. Auch ist es möglich, dass in China über weite Strecken mehr Güter per Schiff transportiert werden als in Russland, was jedoch aus den vorliegenden Daten nicht ablesbar ist.

Abbildung 14 zeigt auch, dass Länder wie Australien und Kanada einen Schienenanteil um oder etwas über 50 % haben. Jener der USA liegt bei etwa 45 %. Auch wenn es in diesen Staaten traditionell eine große Fokussierung auf Trucks gibt, hat der Schienengüterverkehr in diesen Flächenstaaten schon aufgrund der großen zurückzulegenden Distanzen einen relativ hohen Anteil.

Eine sehr niedrige Transportleistung im Schienengüterverkehr weisen Japan, Mexiko und die Türkei auf. In Island existiert kein Schienennetz, weshalb der Anteil 0 % beträgt.

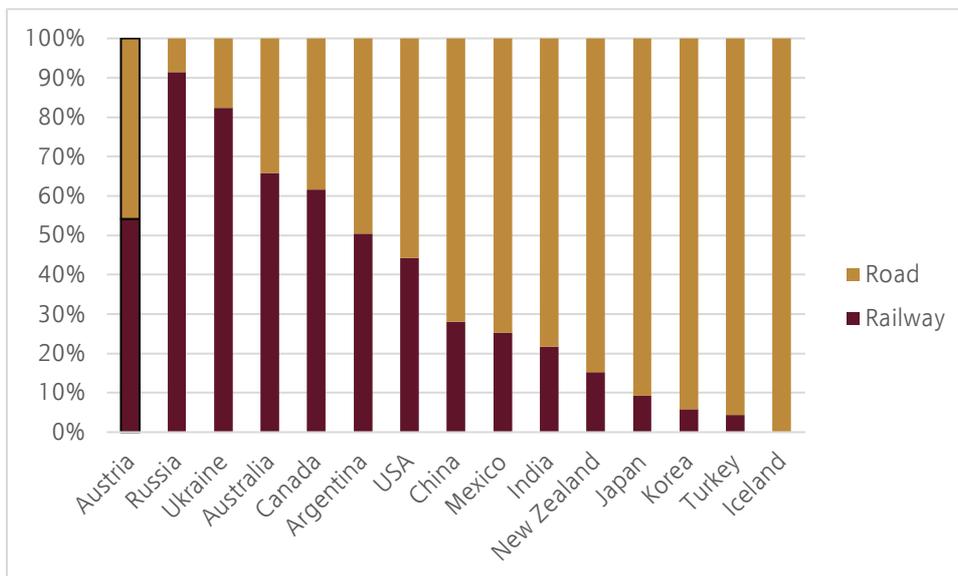


Abbildung 14: Anteile der Verkehrsträger an der Transportleistung (tkm) in ausgewählten OECD-Ländern im Jahr 2016 (nur Schiene und Straße)
(vgl. Organisation for Economic Co-operation and Development 2019 nach ITF Transport Statistics: Goods transport, eigene Darstellung)

2.1.5 ZIELE UND MAßNAHMEN ZUR FÖRDERUNG DES SCHIENENGÜTERVERKEHRS

Der Bahnanteil gemessen an der Transportleistung (ohne Rohrfernleitungen) lag in Österreich bei knapp über 30 % im Jahr 2011 (vgl. BMVIT 2012b, S. 30). Ohne Maßnahmen zur Förderung von Schienengüterverkehr wird prognostiziert, dass sich dieser Anteil kaum verändern wird (vgl. ebd., S. 38). Im Gesamtverkehrsplan ist jedoch das Ziel festgehalten, den Anteil bis 2025 auf 40 % zu erhöhen. Als mögliche Maßnahmen werden die Verbesserung des Angebots an Schieneninfrastruktur genauso wie LKW-Mauterhöhungen sowie vermehrte Kontrollen von Geschwindigkeiten und Ruhezeiten festgehalten (vgl. ebd., S. 30). Neben der Streckeninfrastruktur werden auch Terminals ausgebaut, die als intermodale Umschlagpunkte für den Güterverkehr dienen (vgl. ebd., S. 56). Es gibt mehrere Programme des BMVIT zur Förderung von Schienengüterverkehr. Ein Förderprogramm gewährt Zuschüsse für gefahrene Güterzüge, ein anderes fördert den Neu- und Ausbau von Anschlussbahnen und Umschlagterminals durch Unternehmen. Ein weiteres Programm fördert Innovationen und Umsetzungen zum kombinierten Güterverkehr. Im Folgenden werden diese Förderprogramme näher beschrieben.

FÖRDERUNG SCHIENENGÜTERVERKEHR 2013-2017 UND 2018-2022

Vom BMVIT wird der Schienengüterverkehr mit finanziellen Mitteln gefördert. Es handelt sich dabei um einen nicht rückzahlbaren direkten Zuschuss für Eisenbahnunternehmen, die Schienengüterverkehrsleistungen in Österreich erbringen bzw. erbringen möchten (vgl. Europäische Kommission 2017, S. 2). Der erste Förderzeitraum war von 2013 bis 2017, der zweite Förderzeitraum von 2018 bis 2022. Für diese gesamte erste Periode standen Mittel in der Höhe von maximal 1,1 Milliarden Euro zur Verfügung, während in der zweiten Periode maximal 600 Millionen Euro zur Verfügung stehen (vgl. ebd., S. 3). Die Förderung wird von der Europäischen Union weder gefordert noch unterstützt, braucht jedoch von der Europäischen Kommission die Zusage, dass diese mit dem europäischen Binnenmarkt vereinbar ist (vgl. ebd., S. 5).

Im aktuellen Förderprogramm „Schienengüterverkehr 2018-2022“ kann jährlich eine Förderung beantragt werden. Gefördert wird der Einzelwagenverkehr, der unbegleitete Kombinierte Verkehr und die Rollende Landstraße. Antragsberechtigt sind alle Eisenbahnunternehmen, die in Österreich Schienengüterverkehrsleistungen erbringen oder erbringen möchten (vgl. BMVIT 2019c, S. 1 f.). Ganzzüge werden nicht gefördert, da diese viel geringere Kosten haben und dadurch auch ohne Förderung mit der Straße wettbewerbsfähig sind (vgl. Schuster 2019, S. 8).

Im Einzelwagenverkehr erfolgt die Förderung nach Nettotonnenkilometern (Zurückgelegter Kilometer pro Tonne Transportgut ohne Gewicht der Transporteinheit in ntkm) und ist je nach Entfernungskategorie unterschiedlich hoch. Dabei wird ganz besonders die erste und letzte Meile gefördert. Für Strecken unter 100km gibt es eine Förderung von 22,10 Euro je 1.000 ntkm. Für Strecken über 100km ist die Förderung mit 9,40 Euro für Inlandsfahrten bzw. 5,20 Euro für Ein-/Ausfuhr weit geringer (vgl. BMVIT 2012c, S. 1).

Im unbegleiteten Kombinierten Verkehr wird die Förderung pro Intermodaler Transporteinheit (ITE) nach Entfernung, Gewicht und Inlandsfahrt, Ein-, Aus- oder Durchfahrt differenziert. Die niedrigsten Zuschüsse sind in der Höhe von 6,50 Euro für die Durchfahrt eines Zuges über eine Strecke zwischen 30 und 100 km und über 25 Tonnen (bezogen auf das Gewicht der ITE), die höchsten in der Höhe von 55,80 Euro für Fahrten im Inland über 250 km mit einer Ladung unter 25 Tonnen (vgl. BMVIT 2019a, S. 1).

Die Förderung für die RoLa wird nach transportierten LKW berechnet, eine weitere Differenzierung erfolgt je nach Strecke und Tag- bzw. Nachtverkehr. Auf der Brennerachse beträgt die Förderhöhe zum Beispiel zwischen 33 und 94 Euro, wobei Fahrten am Tag stärker gefördert werden (vgl. BMVIT 2019b, S. 1).

Auf der Homepage des BMVIT sind die Vertragsnehmer aus den Jahren 2016-2019 mit den einzelnen Eisenbahnverkehrsunternehmen aufgelistet. Das sind zum Beispiel die DB Cargo, ECCO, Lokomotion oder die Wiener Lokalbahn Cargo GmbH. Über Links sollten auch die jeweiligen Verträge abrufbar sein, jedoch führen die meisten dieser Links auf leere Seiten (z. B. vgl. BMVIT 2018d).

FÖRDERUNG PRIVATER ANSCHLUSSBAHNEN

Seit 2007 existiert die Förderung des BMVIT für die Errichtung von Anschlussbahnen für Unternehmen. Die erste Förderperiode dauerte bis 2017 (vgl. BMVIT 2012b, S. 56). Von 2017 bis 2022 läuft die zweite Förderperiode, deren Schwerpunkte nach der ersten Förderperiode etwas abgeändert wurden, da die Nachfrage in der ersten Periode geringer war als geplant. Gefördert werden dabei nicht nur der Neubau und die Erweiterung von Anschlussbahnen, sondern auch der Bau von Umschlaganlagen für den Intermodalen Verkehr, solange diese nicht-diskriminativ betrieben werden. Die Anträge können das ganze Jahr über direkt bei der Schieneninfrastruktur-Dienstleistungsgesellschaft (SCHIG) eingereicht werden, wodurch man sich ebenfalls mehr Anträge erhofft (vgl. BMVIT 2018a).

Bei den verschiedenen Maßnahmen wird jeweils ein unterschiedlich großer Prozentsatz der Kosten gefördert. Zum Beispiel werden bei der Neuerrichtung von Anschlussbahnen 50 % der Planungs- und Projektierungskosten übernommen. Aber auch Kosten für Tiefbau, Hochbau, sowie Begleitmaßnahmen werden zu unterschiedlichen Prozentsätzen gefördert (vgl. BMVIT 2018c, S. 1 ff.).

INNOVATIONSFÖRDERPROGRAMM KOMBINIRTER VERKEHR

Ein weiteres Förderprogramm zur Stärkung des Schienengüterverkehrs zielt auf die Förderung von Kombiniertem Verkehr ab. Es sollen Verlader, Frächter, Terminalbetreiber und Unternehmen angesprochen werden. Die Förderung läuft von 2015 bis 2020. In der Programmbeschreibung wird explizit erwähnt, dass die höheren externen Kosten des Straßengüterverkehrs nicht den tatsächlich zu bezahlenden Kosten entsprechen, was einer der Gründe für eine Förderung des Kombinierten Verkehrs ist. Außerdem besteht ein höherer finanzieller Aufwand durch die Verladung und die dafür benötigten technischen Geräte als bei nicht umgeschlagenen Transportwegen. Gefördert werden nicht nur die Projekte zum Bau von Anlagen mit bis zu 30 %, sondern auch Machbarkeitsstudien für innovative neue Konzepte mit bis zu 50 %. Die Förderhöhe liegt zwischen 8.000 und 800.000 Euro pro Projekt, das gesamte Fördervolumen beträgt drei Millionen Euro pro Jahr (vgl. BMVIT 2018b).

Eine Evaluierung der Förderprogramme konnte nicht gefunden werden. Das Ziel den Schienengüterverkehrsanteil zu erhöhen, scheint jedoch bisher nicht erreicht worden zu sein. Der Anteil des Schienengüterverkehrs an der Transportleistung hat sich, wie bereits zu Beginn des Kapitels erwähnt, zwischen 2011 und 2017 kaum verändert. Der Anteil am Transportaufkommen ist seit 2011 sogar leicht rückläufig, wie in Kapitel 2.1.3 dargelegt wird. Einige Einflussfaktoren werden in Kapitel 3.2 näher erläutert.

Auch wenn im Gesamtverkehrsplan das Ziel festgehalten ist, nicht nur den Schienenverkehr zu fördern, sondern auch entsprechende Maßnahmen im Straßenverkehr zu treffen, ist in diesem Bereich bisher wenig passiert. Selbst in den Förderprogrammen wird erwähnt, dass eine Förderung aufgrund dieser Ungleichheit der Kosten notwendig ist. Der politische Wille, konkrete Maßnahmen in Form von Mehrkosten zu setzen, scheint jedoch bisher nicht vorhanden zu sein.

2.2 ORGANISATION DES SCHIENENGÜTERVERKEHRS

Durch die Mitgliedschaft Österreichs bei der Europäischen Union ist der Staat an die Verordnungen und Richtlinien gebunden, die von der Europäischen Gemeinschaft festgelegt werden. Diese haben die Struktur und Organisation der Eisenbahn wesentlich beeinflusst und verändert, etwa durch die organisatorische Trennung zwischen der Bereitstellung der Infrastruktur und der Benutzung derselben. Diese Verordnungen und ihre Auswirkungen werden im Folgenden erläutert. Auch betrachtet werden die sich daraus ergebenden organisatorischen Wege, die für die Trassenbestellung und Fahrt eines Zuges notwendig sind.

2.2.1 EU-RICHTLINIEN BETREFFEND SCHIENENGÜTERVERKEHR

Ein Ziel der gemeinsamen EU-Verkehrspolitik ist die Bildung eines einheitlichen europäischen Eisenbahnraumes, welcher durch die schrittweise Liberalisierung des Schienenverkehrsmarktes sowie weitere begleitende Regulierungen erreicht werden soll. Die Deregulierung betrifft jedoch nur den Eisenbahnbetrieb, nicht die Schieneninfrastruktur. Diese bleibt als natürliches Monopol erhalten (vgl. Heinzle 2015, S. 47). Der durch die Liberalisierung entstehende Wettbewerb soll die Attraktivität und die Effizienz im Bahnbetrieb erhöhen (vgl. Warnecke, Götz 2012, S. 112).

Die Liberalisierung begann mit dem Inkrafttreten der Richtlinie 91/440/EWG im Jahr 1991. Dort wurde als Mindestvorgabe die organisatorische und finanzielle Trennung zwischen Bahnbetrieb und Infrastrukturbetrieb festgelegt (vgl. ebd., S. 115). Die Weiterentwicklung und Konkretisierung erfolgte durch die sogenannten ‚Eisenbahnpakete‘, die in den Jahren 2001, 2004, 2007 und 2016 verabschiedet wurden (vgl. Schienen-Control GmbH 2019c). Einen Überblick über die jeweiligen Richtlinien und Verordnungen der Pakete gibt Abbildung 15. Im Folgenden werden jene Aspekte der Eisenbahnpakete beschrieben, die für den Erkenntnisgewinn der Arbeit relevant sind.

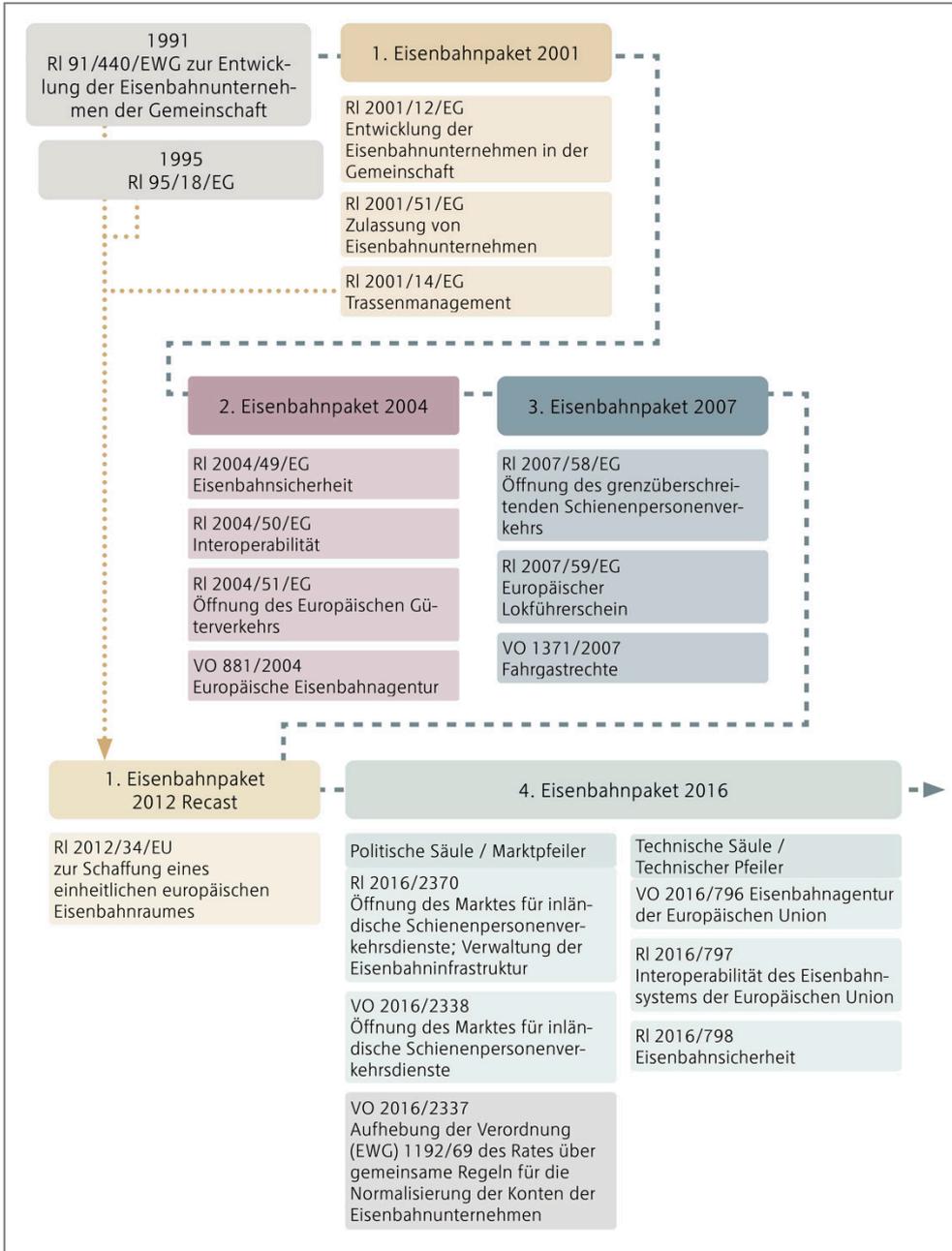


Abbildung 15: Übersicht über die in Kraft getretenen Eisenbahnpakete der EU mit Relevanz für Schienengüterverkehr (vgl. Schienen-Control GmbH 2019c, eigene Darstellung)

ERSTES EISENBAHNPAKET

Im ersten Eisenbahnpaket von 2001 wurde festgelegt, dass es in jedem Staat eine vom Infrastrukturbetreiber unabhängige Stelle geben muss, die über die Kapazitätzuweisung entscheidet. Die Eisenbahnverkehrsunternehmen müssen außerdem im Sinne der Transparenz eine getrennte Rechnungsführung für Güter- und Personenverkehr führen. Des Weiteren werden für alle EU-Staaten einheitliche finanzielle, ökonomische und sicherheitstechnische Regeln geschaffen, nach denen Lizenzen an Eisenbahnunternehmen vergeben werden können, damit diese im transeuropäischen Schienengüternetz Züge führen dürfen. Somit muss nur noch in einem EU-Staat die Lizenz erworben werden, da diese für alle EU-Staaten gültig ist und auch bei der Europäischen Kommission veröffentlicht wird. Infrastrukturmanager müssen zudem eine Netzbeschreibung für ihr ge-

samtes Netz veröffentlichen, das die technische Beschaffenheit, Beschränkungen, die Regeln für die Kapazitätszuteilung und Handhabung bei Konflikten enthält. Festgelegt wird auch das entsprechende Trassenentgelt. Diese Aspekte wurden beim Recast 2012 überarbeitet (vgl. BMVI 2017b).

ZWEITES EISENBAHNPAKET

Im zweiten Eisenbahnpaket von 2004 wurden Richtlinien zu einer harmonisierten Eisenbahnsicherheitstechnik erlassen. Dazu gehören auch diverse Steuerungs- und Sicherheitsanwendungen für im grenzüberschreitenden Güterverkehr eingesetzte Fahrzeuge und einheitliche Bestimmungen sowie die Anerkennung der Qualifikationen des Zugpersonals. Außerdem wurde das Datum, ab wann grenzüberschreitende Güterzüge fahren dürfen, auf 2006 vorverlegt. Ab 2007 waren außerdem alle nationalen Schienennetze für den internationalen Güterverkehr gänzlich zu öffnen (vgl. BMVI 2017c).

DRITTES EISENBAHNPAKET

Im Jahr 2007 wurde das dritte Eisenbahnpaket beschlossen, das eine grenzüberschreitende Zertifizierung von Triebfahrzeugführern unter bestimmten Voraussetzungen regelt. Darüber hinaus wurden hauptsächlich Richtlinien für den Personenverkehr in Kraft gesetzt (vgl. BMVI 2017a).

VIERTES EISENBAHNPAKET

Das vierte Eisenbahnpaket von 2016 ist in zwei Säulen eingeteilt. Der ‚Marktpfeiler‘, auch ‚Politische Säule‘ betrifft vor allem die weitere Liberalisierung des Personenverkehrs. Der ‚Technische Pfeiler‘, auch ‚Technische Säule‘ zielt auf eine weitere Angleichung der technischen Systeme und einer grenzüberschreitend anerkannten Bewilligung für grenzüberschreitende Fahrten ab. Nationale Vorschriften sollen weiter angeglichen werden, wodurch sich eine Vereinfachung für Hersteller ergibt und es ein einheitliches Zulassungsverfahren in der ganzen EU geben kann (vgl. Europäisches Parlament 2016).

In Österreich erfolgte die Trennung zwischen Netz und Betrieb durch das Bundesbahngesetz 1992. Die bis dahin durch den Bund verwaltete ÖBB wird eine Gesellschaft mit eigener Rechtspersönlichkeit. Diese wird als ‚Österreichische Bundesbahnen-Holding Aktiengesellschaft‘ gegründet. Ihr unterliegt die strategische Ausrichtung, also „die Gesamtkoordination der Erstellung und Umsetzung der Unternehmensstrategien der Gesellschaften“ (§4 Abs. 2 1. EisbG), sowie die Wahrung der finanziellen Transparenz. Die ÖBB Bundesbahnen-Holding Aktiengesellschaft ist zu 100 % im Eigentum der Republik Österreich und wird vom jeweiligen für Verkehr zuständigen Ministerium verwaltet (vgl. ÖBB-Holding AG 2019).

Auf Grundlage dieses Gesetzes erfolgt die Aufteilung der Kompetenzen auf weitere, aufgrund des Gesetzes zu gründende Gesellschaften. Darunter sind zum Beispiel die Rail Cargo Austria AG (RCA), deren Aufgabe die Beförderung von Gütern ist (§10 Bundesbahngesetz), die ÖBB-Personenverkehr AG (ÖBB-PV), deren Hauptaufgabe die Beförderung von Personen und die damit verbundenen Leistungen ist (§6 Bundesbahngesetz), und die ÖBB-Infrastruktur Betrieb AG (ÖBB-Infra), die als Eisenbahninfrastrukturunternehmen für Planung, Bau und Instandhaltung der Schieneninfrastruktur zuständig ist (§31 Abs. 1 Bundesbahngesetz). Diesen Aktiengesellschaften sind wiederum mehrere GmbHs zugeordnet. Die Aktiengesellschaften untereinander sind gemäß des Gesetzes jedoch weitgehend getrennt. Eine Übersicht über die Organisation gibt Abbildung 16.

Als Regulierungsbehörde fungiert seit 1999 die Schienen-Control GmbH. Deren Aufgabe ist die Überwachung des offenen und diskriminierungsfreien Netzzugangs im Personen- und Güterverkehr für alle Eisenbahnverkehrsunternehmen (vgl. Schienen-Control GmbH 2019c).

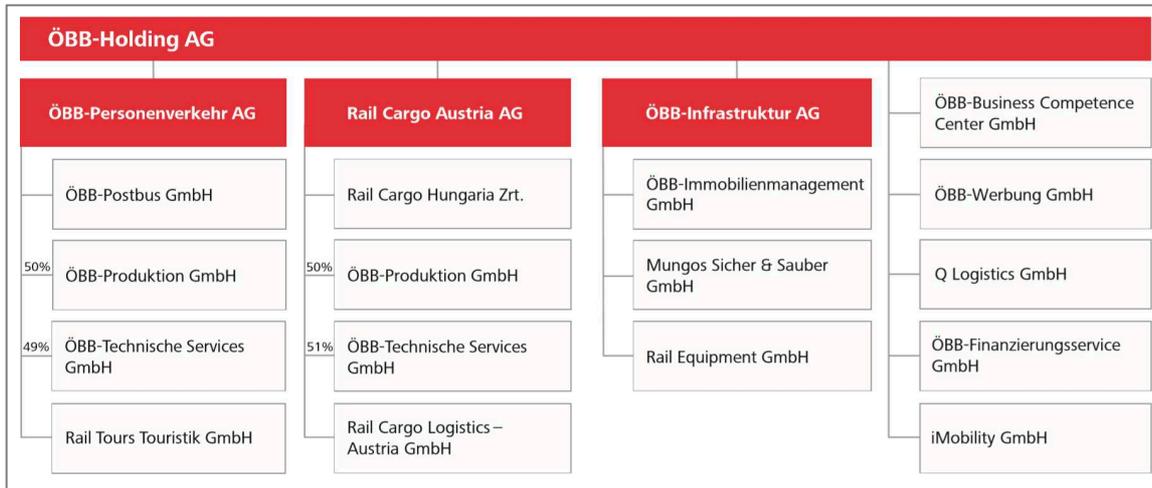


Abbildung 16: Organisation des ÖBB-Konzerns (ÖBB-Konzern 2019)

2.2.2 EISENBAHNINFRASTRUKTURUNTERNEHMEN

Die Eisenbahninfrastruktur wird gemäß § 1a EisbG durch Eisenbahninfrastrukturunternehmen betrieben. Diese führen Bau, Betrieb und Instandhaltung von vernetzten Haupt- und Nebenbahnen durch und sind darüber verfügungsberechtigt. Die durch das Bundesbahngesetz erfolgte Trennung von Eisenbahnverkehrsunternehmen wird durch § 55c des EisbG näher definiert. So müssen zum Beispiel Personen in wesentlichen Entscheidungspositionen diskriminierungsfrei und unparteiisch handeln und dürfen keine weiteren wesentlichen Entscheidungspositionen in Eisenbahnverkehrsunternehmen bekleiden (vgl. EisbG 1957; Bundesbahngesetz 1992). Ein Großteil der vernetzten Schieneninfrastruktur in Österreich wird von der ÖBB-Infrastruktur AG betrieben. Der Anteil am Normalspur-Schienennetz liegt bei über 90 %, wie Abbildung 17 zeigt. Es gibt jedoch auch andere Betreiber von Schienennetzen, welche nach dem Eisenbahngesetz als Privatbahnen bezeichnet werden. Insgesamt gibt es 8 Eisenbahninfrastrukturunternehmen und 11 integrierte Eisenbahnunternehmen (vgl. Schienen-Control GmbH 2019a). Eine Verknüpfung des Netzes der ÖBB besteht bei 9 davon. Das sind Graz-Köflacher Bahn und Busbetrieb GmbH (GKB), Linzer Lokalbahnen AG (LILLO), Lokalbahn Lambach-Vorchdorf-Eggenberg AG (LVE), Montafonerbahn AG (MBS), Neusiedler Seebahn GmbH (NSB), Raab-Oedenburg-Ebenfurter Eisenbahn AG (Raaberbahn), Salzburg AG für Energie, Verkehr und Telekommunikation (SLB), Steiermärkische Landesbahnen (StLB) und Wiener Lokalbahnen AG (WLB) (vgl. ÖBB-Infrastruktur AG 2018b, S. 22).

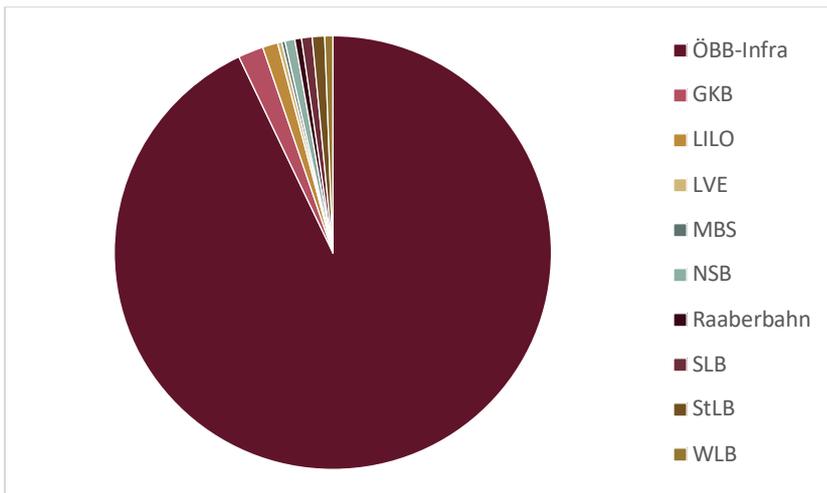


Abbildung 17: Anteile der Eisenbahn(infrastruktur)unternehmen am zusammenhängenden Normalspur-Netz im Jahr 2019 (vgl. ÖBB-Infrastruktur AG 2019d, S. 6; Schienen-Control GmbH 2020, S. 83; Abkürzungserklärungen siehe Fließtext)

Der Zugang zur Eisenbahninfrastruktur wird auf Basis von Fahrwegkapazitäten durch die Zuweisungsstelle gewährt und eingeteilt. Die Zuteilung muss gemäß § 56 Abs. 1 EisbG zu „nicht diskriminierenden, angemessenen und transparenten Bedingungen“ erfolgen. Laut § 62 Abs. 1 fungiert als Zuweisungsstelle das jeweilige Eisenbahninfrastrukturunternehmen selbst. Es ist jedoch auch möglich der Schieneninfrastruktur-Dienstleistungsgesellschaft mbH (SCHIG) oder einer anderen geeigneten Stelle diese Aufgabe per Vertrag zu übertragen. Die ÖBB-Infrastruktur AG führt ihre Trassenzuteilung selbst durch und war 2018 außerdem mit der Trassenzuteilung der Raaberbahn beauftragt. Einige Privatbahnen führen ihre Trassenzuteilung selbst durch, so zum Beispiel LILLO. Manche sind von der Verpflichtung zur unabhängigen Trassenzuteilung durch §54a Abs 2 EisbG ausgenommen, da sie zum Beispiel ausschließlich örtliche und regionale Personenverkehrsdienste oder regionale Güterverkehrsdienste mit einem einzigen Zugangsberechtigten bedienen. Das trifft zum Beispiel auf die GKB und die StLB zu (vgl. EisbG; Schienen-Control GmbH 2019b, S. 78).

2.2.3 EISENBAHNVERKEHRSUNTERNEHMEN

Die tatsächliche Fahrleistung, genannt Traktion, erbringen im Güterverkehr genauso wie im Personenverkehr Eisenbahnverkehrsunternehmen. Das sind gemäß § 1b EisbG Unternehmen, die „Eisenbahnverkehrsdienste auf der Eisenbahninfrastruktur von Hauptbahnen oder vernetzten Nebenbahnen“ erbringen.

Wie bereits erwähnt, gibt es in Österreich 11 integrierte Eisenbahnunternehmen. Dazu kommen noch 50 reine Eisenbahnverkehrsunternehmen (vgl. Schienen-Control GmbH 2019a). 40 Eisenbahnverkehrsunternehmen sind im Marktsegment des Güterverkehrs tätig (vgl. ÖBB-Infrastruktur AG 2019b), 22 davon haben einen Marktanteil von mehr als 0,1 % (vgl. Schienen-Control GmbH 2019b, S. 33).

2.2.4 AUSWIRKUNGEN DER LIBERALISIERUNG

Die Trennung zwischen Infrastrukturunternehmen und Eisenbahnunternehmen sowie die Liberalisierung des Eisenbahnmarktes haben in der Praxis nicht immer die von der EU erwarteten Ergebnisse gebracht. So wurde dadurch zum Beispiel eine Senkung der Ticketpreise im Personenverkehr erwartet. Eine Fallstudie in Österreich und Tschechien zeigt jedoch, dass das nicht zwingendermaßen so ist. Während in Tschechien auf jenen Strecken, auf denen auch private Eisenbahnverkehrsunternehmen verkehren, die Fahrpreise stark gesunken sind, war in der betrachteten Studie Österreich insgesamt ein leichter Preisanstieg auf der Westbahnstrecke zu bemerken (vgl. Heinzle 2015, S. 53). Deutliche Auswirkungen hatte die Liberalisierung jedoch auf die Qualität des

Angebots der Incumbents (ehem. Monopolisten). Die ÖBB rüstet ihre Züge seit dem Markteintritt der Konkurrenten zum Beispiel mit Fahrrad-abteilen, kostenlosem W-LAN sowie verstellbaren Sitzen und Fußstützen nach (vgl. Heinzle 2018, S. 35).

Auch eine Studie, welche die Entwicklung des Güterverkehrs in Tschechien, der Slowakei, Polen, Ungarn und Österreich seit der Liberalisierung betrachtet, kommt zu dem Ergebnis, dass die durch die Liberalisierung gewünschten Effekte bisher nicht eingetreten sind (vgl. Dolinayova, Loch, Camaj 2016, S. 925). Eine Korrelation zwischen den zurückgelegten Tonnenkilometern und der Anzahl der Eisenbahnunternehmen war nicht in allen Ländern bemerkbar (vgl. ebd., S. 923), obwohl dieser Effekt durch die Liberalisierung von der EU erwartet wurde.

In Österreich ist der Marktanteil der Rail Cargo Austria in den letzten Jahren stark rückläufig. Während die Mitbewerber im Jahr 2014 noch einen Marktanteil von 21 % der Bruttotonnenkilometer (Gewicht des Transportgutes und der Transporteinheit) hatten, waren es im Jahr 2018 bereits 29 % (vgl. Schienen-Control GmbH 2019b, S. 33). Werden nur Ganzzüge berücksichtigt, haben die Mitbewerber bereits einen Marktanteil von 42 %. Es ist somit erkennbar, dass sich die Privatbahnen auf Ganzzüge fokussiert haben, während der Einzelwagenverkehr hauptsächlich von der RCA betrieben wird (vgl. ebd., S. 31). Das liegt an den hohen Kosten, die mit der Abholung einzelner Wagen, der Zugbildung und -umbildung entstehen. Für die privaten Eisenbahnverkehrsunternehmen sind vor allem große Distanzen und grenzüberschreitende Fahrten attraktiv, da damit die größten Gewinne erzielt werden können (vgl. Dolezal 2020). Das hat auch große Auswirkungen auf das Anschlussbahnnetz, welche in Kapitel 2.3.3 näher erläutert werden.

Die Anteile der einzelnen Mitbewerber sind jedoch nach wie vor gering. Den nach der RCA zweitgrößten Marktanteil an den Nettotonnenkilometern (Brutto-tkm nicht ausgewiesen) hat Lokomotion mit fast 5 %, dahinter folgen die LTE Logistik und Transport mit 4,5 % und die TXL TX Logistik Austria mit 4 % (vgl. Schienen-Control GmbH 2019b, S. 33).

Als ein Grund für den Rückgang des Marktanteils der RCA werden deren höhere Kosten genannt. Private Eisenbahnverkehrsunternehmen werden von der Eisenbahnbehörde weniger stark kontrolliert und hinter deren Mitarbeiter:innen steht keine so starke Gewerkschaft bei der RCA. Durch Einsparungen sowohl bei den Personalkosten als auch beim Management können diese ihre Leistungen zu geringeren Preisen anbieten (vgl. Horn 2013b: 365, zitiert nach Ramprecht 2016, S. 14)

Für die Netz- und Angebotsplanung entstehen durch die Trennung zwischen Eisenbahnverkehrsunternehmen und Eisenbahninfrastrukturunternehmen auch Nachteile. So erheben etwa Eisenbahnverkehrsunternehmen Daten dazu, wie viele Personen sich in einem Zug befinden. Eine kostenlose Weitergabe an das Eisenbahninfrastrukturunternehmen ist jedoch nicht möglich, da sonst die Daten für alle Marktteilnehmer zugänglich gemacht werden müssten. Das Eisenbahninfrastrukturunternehmen erhebt wiederum ausschließlich die Ein- und Aussteiger an den Bahnhöfen, diese Daten werden ebenfalls nicht weitergegeben. Zur optimalen Netz- und Angebotsplanung wäre ein Austausch jedoch durchaus sinnvoll und würde auch Ressourcen sparen (vgl. Poirmer 2019).

2.2.5 TRASSENBESTELLUNG

Die Jahresbestellung eines Güterzuges auf den Trassen der ÖBB-Infrastruktur erfolgt entweder über das Online-Bestellsystem der ÖBB ‚M-AMA‘ (Modulares Auftragsmanagement), oder, bei der Bestellung von internationalen Fahrwegkapazitäten, über das ‚Path Coordination System PCS‘ von RailNetEurope (RNE) (vgl. ÖBB-Infrastruktur AG 2019c). Im Programm M-AMA müssen von den bestellenden Eisenbahnverkehrsunternehmen die benötigten Daten in einem Formular eingegeben werden. Die unterjährige Bestellung für Ad-Hoc-Verkehr oder Sonderzugverkehr wird per E-Mail abgewickelt. Anzugebende Daten sind laut Dolezal vom Netzzugang

der ÖBB-Infra der Anfangs- und Endpunkt, das Gewicht und die höchst zulässige Geschwindigkeit des Zuges (vgl. ÖBB-Infrastruktur AG 2018b, S. 31; Dolezal 2020).

Die Frist für die Bestellung regulärer Trassen ist etwa 8 Monate vor Fahrplanwechsel zwischen März und April (vgl. ÖBB-Infrastruktur AG 2018b, S. 31). Bei Anträgen, die während dieses Hauptbestelltermins eingereicht werden, können die Wünsche bei der Zuteilung besser berücksichtigt werden als bei nachträglichen Bestellungen. Diese erhalten lediglich „Restkapazitäten“. Zum Hauptbestelltermin werden in etwa 10.000 bis 11.000 Anträge für Güterverkehr und Personenverkehr gestellt. Nachträgliche Anträge sind es in etwa 200-300, diese sind jedoch hauptsächlich für Güterverkehrszüge. Bei unterjährigen Anträgen für Personenverkehrszüge handelt es sich zumeist um Sonder- oder Nostalgiezüge (vgl. Dolezal 2020).

Nach dem Ablauf der Bestellfrist wird von der Abteilung Netzzugang der ÖBB-Infra ein Trassenkonzept ausgearbeitet. Danach wird ein Angebot für das jeweilige Eisenbahnverkehrsunternehmen erstellt (vgl. ebd.) und bis Anfang Juli den Unternehmen unterbreitet. Diese haben eine Frist von einem Monat, um zu dem Angebot Stellung zu nehmen und es gegebenenfalls anzunehmen. Die endgültige Zuweisung der Fahrwegkapazitäten erfolgt ab Ende August (vgl. ÖBB-Infrastruktur AG 2018b, S. 31).

Die Bestellung von Fahrwegkapazitäten für Ad-hoc-Verkehr kann in der Regel bis zu 6 Stunden vor Abfahrt des Zuges erfolgen. Das ist im Vergleich zu anderen Ländern sehr kurzfristig, in Deutschland etwa muss eine Bestellung 2 bis 3 Tage im Voraus eingehen. Je kurzfristiger die Bestellung erfolgt, desto ungenauer ist jedoch der Fahrplan des Zuges, da keine umfangreiche Planung mehr erfolgen kann. Der Zug „muss sich seinen Weg suchen“ (Dolezal 2020). Innerhalb von 3-4 Stunden lässt sich in der Regel ein freier Slot auf einer Trasse finden. Die Planung erfolgt dabei in größeren Abschnitten. Den Zug ohne weitere Vorausplanung loszuschicken ist nicht sinnvoll, da Lokführer Pausenzeiten einzuhalten haben. Ist der Lokführer also offiziell im Einsatz, der Zug muss jedoch auf der Strecke warten, ist es möglich, dass beim Freiwerden der Strecke die Weiterfahrt aufgrund von Pausenzeiten nicht mehr erlaubt ist (vgl. ebd.).

2.3 GÜTERVERKEHRSINFRASTRUKTUR

Im Folgenden wird ein Überblick über die bestehende, für den Güterverkehr relevante Schieneninfrastruktur und deren Entwicklung in Österreich gegeben.

2.3.1 EISENBAHNINFRASTRUKTURUNTERNEHMEN

Das Eisenbahninfrastrukturunternehmen hat wirtschaftliche und betriebliche Interessen, die sich auf die bereitgestellte Infrastruktur, den Ablauf und die Preise auswirken. Dabei wird von Systemadäquanz gesprochen. Diese Faktoren und deren Wechselwirkungen werden im folgenden Kapitel erläutert.

ANGEBOT

Von Seiten der Schienenverkehrsanbieter müssen für Kunden attraktive und sinnvolle Angebote gestellt werden. Die ÖBB-Infra garantiert etwa, dass eine Zustellung in ganz Österreich jeweils in der Früh an Tag C (der dritte Tag nach Verladung des Zuges) erfolgt. Das ist ein sinnvolles Transportangebot, das von den Kund:innen gut angenommen wird. Die Garantie einer bestimmten Anzahl an Transportstunden ist weit weniger sinnvoll (vgl. ebd.).

SYSTEMADÄQUANZ

Von Seiten des Schienenverkehrsanbieters müssen mehrere Faktoren gegeben sein, um Interesse am Betreiber einer Strecke zu haben. Dazu gehören „eine ausreichend berechenbare Regelmäßigkeit der Transportläufe im Jahreslauf, eine angemessene Erheblichkeit (Zahl der Wagenladungen) und eine operable Reichweite“ (Hörl u. a. 2011, S. 17). Diese operable Reichweite deckt sich mit jener aus Sicht von Unternehmen und beträgt in

der Regel ebenfalls mindestens 300 km (vgl. Pfohl, Stölzle 1999: 201, zitiert nach ebd., S. 17). Die drei genannten Faktoren können sich auch gegenseitig ausgleichen. Eine geringere Reichweite kann zum Beispiel durch eine hohe Regelmäßigkeit und eine große Menge an Wagenladungen ausgeglichen werden (vgl. ebd., S. 17). Im Zielnetz 2025+ der ÖBB-Infra wird bei diesen Faktoren von Systemadäquanz gesprochen. Systemadäquanz ist dann gegeben, wenn „die Merkmalsausprägungen der Nachfrage mit den Systemeigenschaften der Schiene übereinstimmen und so die Stärken der Schiene optimal genutzt werden können“ (ÖBB-Infrastruktur AG 2011, S. 36). Im Zielnetz 2025+ ist festgehalten, dass Investitionen künftig nur noch in als systemadäquat eingestufte Infrastruktur getätigt werden sollen. Allgemeines Ziel ist es, eine kostengünstige Infrastruktur bereitzustellen und somit auch einen kostengünstigen Güterverkehrsbetrieb zu ermöglichen (Zankl, Wollfart 2016).

Für den Ferngüterverkehr wird grundsätzlich eine Systemadäquanz angenommen, während für die Zubringerstrecken des Nahgüterverkehrs Mindestausprägungen definiert wurden (vgl. ÖBB-Infrastruktur AG 2011, S. 38). So muss auf einer Strecke ein Aufkommen von mindestens 4.000-5.000 Wagen bzw. 250.000 Gesamtbruttotonnen pro Jahr herrschen, damit diese als systemadäquat gilt. Dafür muss pro Jahr in etwa ein Zug pro Werktag, entweder mit mindestens 1.000 Gesamtbruttotonnen, oder mit etwa 50 % der maximalen Zuglänge auf der betrachteten Strecke verkehren. Die maximale Distanz der Zubringerstrecke beträgt nach den Systemadäquanzkriterien 15 km. Das entspricht bei einer durchschnittlichen Beförderungsstrecke von zirka 150 km im Einzelwagenverkehr etwa einem Zehntel der gesamten Strecke (vgl. ebd., S. 50 f.).

In der Anwendung wurden die Systemadäquanzkriterien noch weiter verfeinert. So wird dabei etwa darauf eingegangen, ob auf einer Strecke Mischverkehr (Personen- und Güterverkehr) geführt wird. Außerdem wird für bestimmte Streckenabschnitte, etwa jenen zur letzten Betriebsstelle, der Zusammenhang der Kriterien näher definiert (vgl. Zankl, Wollfart 2016, S. 5).

Der Wegfall einzelner unrentabler Streckenabschnitte mit geringem Aufkommen kann durchaus auch unerwünschte Folgen nach sich ziehen. Die Bedienbarkeit von rentablen Strecken kann durch die Einstellung bestimmter Abschnitte zum Beispiel unterbrochen werden oder es erfolgt ein Preisanstieg auf den übrigen Strecken, da die hohen Fixkosten im Gesamtsystem weiterhin bestehen (vgl. BMVI 2018a). So kann eine Negativspirale an Streckenschließungen entstehen.

TRASSENMANAGEMENT

Es gibt von Seiten des Trassenmanagements Interessenskonflikte, die größer sind, je unterschiedlicher die Verkehre sind. Je mehr unterschiedliche Verkehre auf einer Strecke bereits unterwegs sind, desto schwieriger wird es, einen Güterzug noch unterzubringen. Somit ist die bloße Nähe eines Unternehmens zu entsprechender Infrastruktur noch keine Garantie dafür, dass es auch möglich ist auf dieser Strecke einen Güterzug fahren zu lassen (vgl. Hörl u. a. 2011, S. 32 f.). In Österreich gibt es generell nur sehr wenige Strecken, die primär für den Güterverkehr vorgesehen sind, meist werden Güterverkehr und Personenverkehr gemischt gefahren (vgl. Dolezal 2020). Auch bei stark frequentierten Hauptverkehrsstrecken mit ähnlichen Verkehren, beispielsweise in und um Wien, ist ein Güterzug wahrscheinlich schwierig unterzubringen.

2.3.2 SCHIENENNNetz

Das österreichische Schienennetz hat insgesamt eine Länge von 5.611 km. Der Großteil davon, nämlich 5.306 km, sind Normalspur. Diese werden als ‚vernetzte Bahnen‘ bezeichnet. Es besteht außerdem durch 28 grenzüberschreitende Strecken eine gute Vernetzung mit den Bahnen von umliegenden Staaten (vgl. Schienen-Control GmbH 2019d). Etwa 60 % der Strecken sind zweigleisig, 40 % sind eingleisig (Anteil ohne touristische Bahnen, U-Bahnen und Straßenbahnen) (vgl. Schienen-Control GmbH 2019b, S. 73). 70 % der Strecken sind elektrifiziert (vgl. ebd., S. 74).

In den letzten Jahren fand in Österreich vor allem ein Ausbau der Hochgeschwindigkeitsstrecken statt (vgl. ebd., S. 75). Von 2007 bis 2017 reduzierte sich die Gesamtlänge des österreichischen Schienennetzes um insgesamt etwa 600 km. Im selben Zeitraum hat zum Beispiel Deutschland sein Streckennetz um beinahe denselben Wert vergrößert, in Italien wurden fast 450 km Strecke dem Netz hinzugefügt. In den anderen Nachbarländern Österreichs waren keine so großen Veränderungen bemerkbar. Österreich ist das einzige dieser Länder, das in diesem Zeitraum in einem so großen Ausmaß Streckenkilometer reduzierte (vgl. Schienen-Control GmbH 2018, S. 74). Bei der Interpretation der Daten ist jedoch zu beachten, dass zum Beispiel in Deutschland die DB ihr Netz massiv reduzierte. Es ist also davon auszugehen, dass viele Strecken von Privatbahnen übernommen oder sogar reaktiviert wurden (vgl. BMVI 2020). Außerdem ist zu bedenken, dass die grundlegende Netzlänge dieser Länder sehr unterschiedlich ist.

Österreich hat mit 644 m Netzlänge je 1.000 Einwohner noch ein vergleichsweise umfangreiches Streckennetz. Das größte hat Tschechien mit 904, gefolgt von Ungarn mit 811 m Netzlänge je 1.000 Einwohner. Das Netz der Schweiz ist auf Einwohner normiert in etwa gleich groß wie das von Österreich (vgl. Schienen-Control GmbH 2019b, S. 74).

Durch Österreich führen aktuell 3 von der EU festgelegte Rail Freight Corridors (RFC). Eine Karte aller Rail Freight Corridors zeigt Abbildung 18. Wie auf dieser zu erkennen ist, führen durch Österreich der Skandinavisch-Adriatische Korridor über Innsbruck und den Brenner (braun), der Baltisch-Adriatische über Wien, Wiener Neustadt, Bruck an der Mur, Graz oder Villach (dunkelblau), und der Korridor Orient/Östliches Mittelmeer über Wien nach Sopron (grün). Ein weiterer Korridor durch Österreich ist in Planung. Diese Erweiterung als Rhein-Donau-Korridor führt von Wien, Linz und über Wels oder Salzburg nach Deutschland (hellblau).

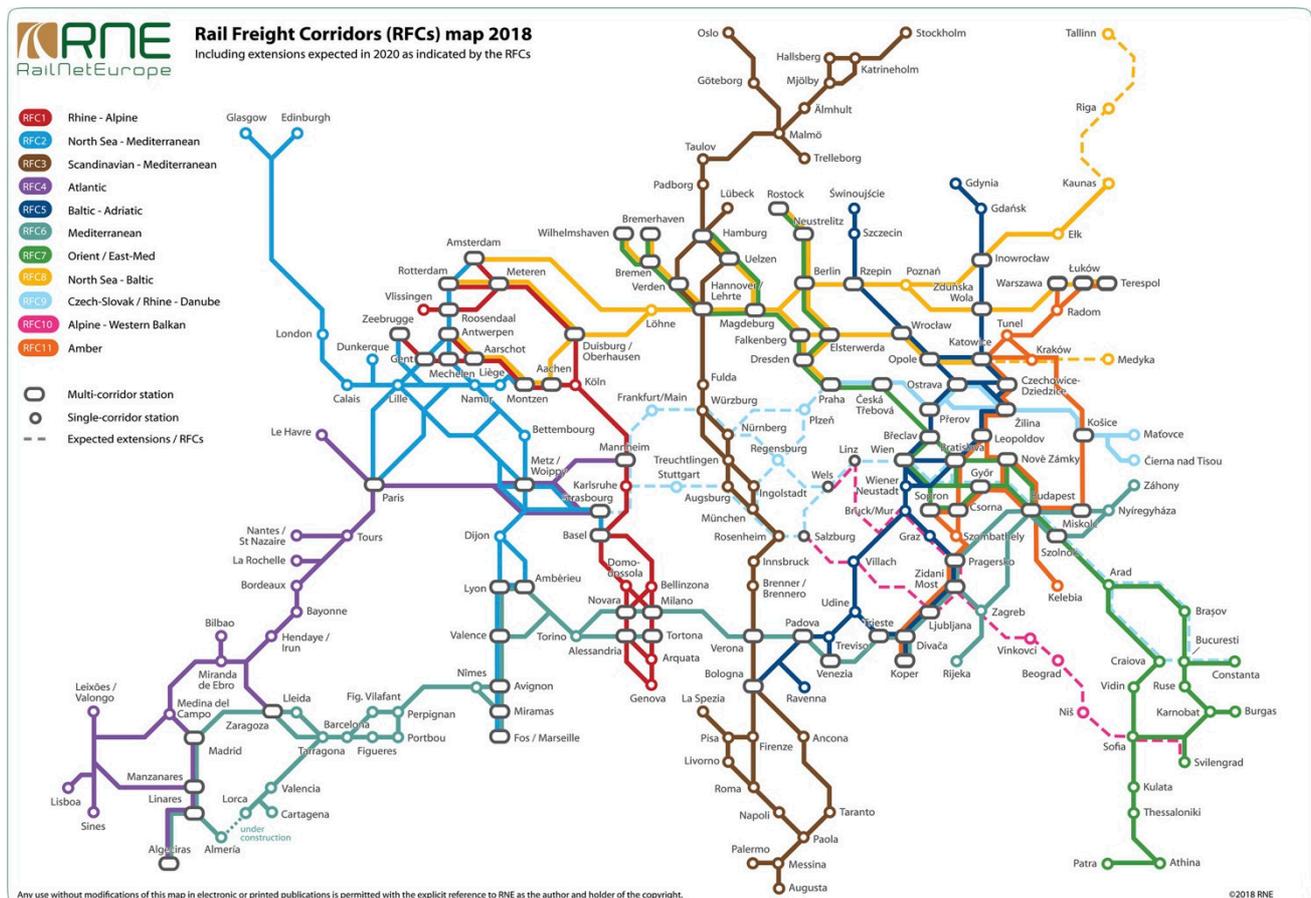


Abbildung 18: Karte der Rail Freight Corridors (RailNetEurope 2018)

Der Gesamtzustand des Österreichischen Schienennetzes kann durchaus positiv bewertet werden. Gerade auf den Hauptverkehrsstrecken wird viel in den Aus- und Neubau investiert. Aufholbedarf gibt es besonders bei Nebenbahnen und in Bezug auf Eisenbahnkreuzungen mit Straßen, die oftmals nicht auf dem neuesten technischen Stand sind. Diese sind aufgrund der hohen Bau- und Instandhaltungskosten oft mit ein Grund, warum Nebenbahnen eingestellt werden.

Eine Herausforderung stellen auch die Abstellmöglichkeiten für Züge dar, bei denen bereits jetzt Kapazitätsengpässe bestehen. In Zukunft wird sich dieses Problem durch gesteigerte Zugzahlen eher noch weiter vergrößern. Da es nicht für alle Züge eigene Abstellmöglichkeiten gibt, stehen besonders in der Nacht Personenzüge auf der Strecke, während es am Wochenende vor allem Güterzüge sind. Dieser ‚Stehverkehr‘ blockiert die Strecken und ist völlig unwirtschaftlich, weshalb er nur ungern bei der Streckenplanung berücksichtigt wird (vgl. Dolezal 2020). Ein weiterer Grund für den steigenden Streckenrückbau ist, dass Weichen in der Erhaltung sehr teuer sind.

2.3.3 ANSCHLUSSBAHNNETZ

Anschlussbahnen sind im Sinne des Eisenbahngesetzes nicht-öffentliche Eisenbahnen (vgl. Schienen-Control GmbH 2019b, S. 73), die Unternehmensverkehr ermöglichen. An das Netz der ÖBB-Infra sind im Jahr 2018 951 Anschlussbahnen angeschlossen, von denen jedoch nicht alle bedient werden. 282 davon sind Nebenananschlussbahnen, was bedeutet, dass diese nur über eine andere Anschlussbahn und nicht direkt mit dem Netz der ÖBB-Infra verbunden sind (vgl. ebd., S. 96). In Betrieb waren im Jahr 2018 571 Anschlussbahnen (vgl. ebd., S. 98). 2015 waren noch 655 Anschlussbahnen in Betrieb, 2010 waren es sogar noch fast 850 (vgl. Schienen-Control GmbH 2015, S. 86). Es zeigt sich ein eindeutiger rückläufiger Trend was die Anzahl der Anschlussbahnen betrifft. Dieser wird sich im Jahr 2019 wahrscheinlich fortsetzen, da auf 49 Anschlussbahnen jeweils nur 10 oder weniger Wagen umgeschlagen wurden (vgl. Schienen-Control GmbH 2019b, S. 98), weshalb deren Schließung sehr wahrscheinlich erscheint.

Die Anzahl der bereitgestellten Wagen auf Anschlussbahnen steigt im Gegensatz dazu seit dem Jahr 2015 an. Im Jahr 2018 betrug sie 1,35 Millionen Wagen. Ein möglicher Grund für die Steigerung ist das seit 2013 geringere Trassenentgelt für den Einzelwagenverkehr, der oft als Start- und/oder Endpunkt eine Anschlussbahn hat. Auf 8 Anschlussbahnen entsteht ein Drittel des gesamten Aufkommens (vgl. ebd., S. 97). Das spricht dafür, dass es einige wichtige Anschlussbahnen mit hohem und weiter steigendem Aufkommen gibt, während es auf jenen Bahnen ohne Aufkommen keine nennenswerten Unternehmen gibt, die die Anschlussbahn noch nutzen. Betreiber:innen einer Anschlussbahn können diese auf der Homepage der ÖBB-Infra registrieren und verwalten. In diesem System haben sie auch die Möglichkeit, relevante Dokumente und Verträge sowie Daten zur Anschlussbahn und dem Wagonumlauf abzulegen (vgl. ÖBB-Infrastruktur AG 2019a).

Eine Liste von Anschlussbahnen ist ebenfalls über die Homepage der ÖBB-Infra abrufbar (vgl. ÖBB-Infrastruktur AG 2018a). Diese Liste beinhaltet 693 Anschlussbahnen, an welchem Bedienenbahnhof diese angeschlossen sind und welche Bezeichnung sie tragen, was meist der Unternehmensbezeichnung entspricht. Ob die Anschlussbahn noch in Betrieb ist, ist aus der Liste nicht ablesbar. Die Liste ist dezidiert als ‚Auszug‘ benannt, denn es sind mehr Anschlussbahnen in der Liste enthalten, als noch in Betrieb sind, und weniger, als insgesamt existieren. Außerdem ist eine Kartendarstellung mit der Verortung der Anschlussbahnen verfügbar (vgl. infra:gis 2018). Diese hat jedoch nur eine geringe Aussagekraft, da die Icons einander überlappen, teilweise von Schrift überdeckt sind und ihre unterschiedlichen Farben nicht durch eine Legende erklärt sind.

Planung, Bau und Instandhaltung von Anschlussbahnen werden von den Unternehmen selbst finanziert, wobei es einige Fördermöglichkeiten gibt, die bereits in Kapitel 2.1.5 beschrieben wurden. Die Instandhaltungskosten für eine Anschlussbahn betragen im Jahr 2015 im Durchschnitt 15 Euro pro Meter (vgl. Herry Consult 2016, S. 7).

Nach Angaben von Dolezal hat der negative Trend der Anschlussbahnen unter anderem mit der Schienenmarktliberalisierung zu tun. Durch die hohen Kosten für Abholung und Verschub einzelner Wagen von Anschlussbahnen ist deren Betrieb in einem freien Wettbewerb wenig attraktiv und kaum rentabel. Der oftmals lokale Einzelwagenverkehr wird derzeit nur von der RCA abgewickelt. Von Seiten der Privatbahnen besteht vor allem Interesse an grenzüberschreitenden Langstrecken. Für die Abwicklung von Einzelwagenverkehr fehlt diesen nicht nur das finanzielle Interesse, sondern auch das Equipment, Know-How und Personal (vgl. Dolezal 2020).

Es bräuchte laut Dolezal eine neue Marktaufstellung mit einem geänderten Konzept für den Flächenverkehr. Potenzial für Kosteneinsparungen sieht er etwa durch Hybridloks, da Neben- und Anschlussbahnen oftmals nicht elektrifiziert sind und ein Lokwechsel bzw. die Bereithaltung einer weiteren Lok noch zusätzliche Kosten verursacht. Auch ist es denkbar, dass sich zukünftig eine Spezialisierung zwischen den Eisenbahnverkehrsunternehmen herausbildet, indem einige den internationalen und andere den regionalen Flächenverkehr übernehmen. Wichtig ist dabei auch die soziale Komponente, etwa einer Person ähnlich eines Fahrdienstleiters, welche die Region und ihre Unternehmen kennt und aktiv auf sie zugeht, um genügend Wagen zu lukrieren (vgl. ebd.). Das ist ein Weg, den auch die DB Cargo zukünftig gehen möchte und der somit Potenzial zu haben scheint (vgl. Heinrici, Rees 2020).

2.3.4 GÜTERVERKEHRSPRODUKTIONSANLAGEN

Bei den Güterverkehrsproduktionsanlagen gibt es bei der ÖBB-Infra eine Unterteilung zwischen Verschubknoten / Verschiebebahnhöfen, Verschubstandorten und Bedienbahnhöfen / Bedienstellen, deren Aufbau und Relationen in Folge genauer beschrieben werden (vgl. Zankl 2016). Abbildung 19 zeigt außerdem eine schematische Darstellung dieser Struktur, in welcher auch Anschlussbahnen dargestellt sind.

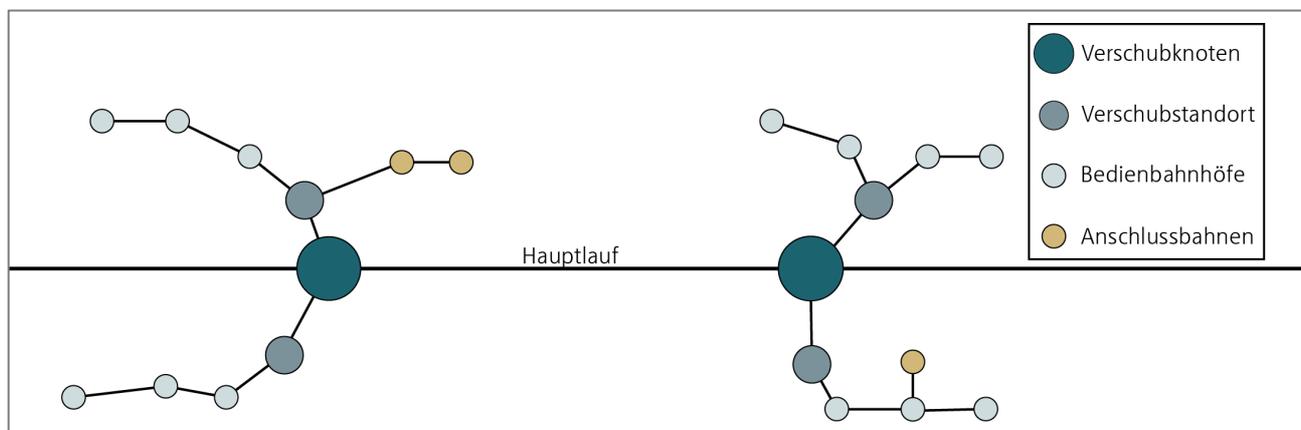


Abbildung 19: Exemplarische Struktur der Güterverkehrsproduktionsanlagen (vgl. ebd., eigene Darstellung)

Im Einzelwagenverkehr werden die Wagen in den Bedienbahnhöfen, die mit Ladegleisen ausgestattet oder mit Anschlussbahnen verbunden sind, eingesammelt. Für die Strecken, an denen Bedienbahnhöfe liegen, gelten bestimmte Systemadäquanzkriterien, auf die in Kapitel 2.3.1 näher eingegangen wird.

Die Wagen werden zu Verschubstandorten gebracht und es wird ein Nahgüterzug gebildet, der zwischen Verschubstandort und Verschubknoten verkehrt. Österreichweit gibt es in etwa 70 Verschubstandorte. Am Ende des Weges erfolgt das Zerlegen der Nahgüterzüge ebenfalls in den Verschubstandorten und die Wagen werden zu den entsprechenden Bedienbahnhöfen gebracht. Die Verschubstandorte sind jeweils einem oder manchmal mehreren Verschubknoten zugeordnet.

In den Vershubknoten findet die Konsolidierung, also die Zugbildung eines Ferngüterzuges, für den Hauptlauf statt. Diese Züge verkehren über weite Strecken zwischen zwei Vershubknoten. Umgekehrt wird am Ende des Hauptlaufes ein Nahgüterzug zusammengestellt, der wiederum die Vershubstandorte bedient. Österreichweit gibt es 8 Vershubknoten, zum Beispiel Wien Zentralverschiebebahnhof, der Verschiebebahnhof Linz oder Villach Süd. Abbildung 20 zeigt die Abrollgleise zur Zugumbildung am Wiener Zentralverschiebebahnhof.



Abbildung 20: Gleise zur Zugbildung am Wiener Zentralverschiebebahnhof (eigene Aufnahme)

Neben Vershubknoten kann auch in KV-Terminals die Zugbildung stattfinden (vgl. Hörl u. a. 2011, S. 10). Im Zielnetz 2025+ der ÖBB-Infra werden mehrere Maßnahmen genannt, um in Vershubknoten die Effizienz und Produktivität zu steigern. Dazu gehört etwa der Einbau eines automatischen Reihungskontrollsystems, welches die Reihung, Achszahlen und das Gewicht von Zügen bei der Einfahrt überprüft. Außerdem die Nachrüstung von Zielgleisbremsen, um nicht mehr von Hemmschuhen abhängig zu sein, die durch die manuelle Anbringung sehr personalintensiv sind, sowie automatische Systeme, mit denen Weichen und Gleissperrschuhe umgestellt werden können, was die Manipulationszeiten verringern soll. Vorrangig in Planung ist außerdem der Neubau des Verschiebebahnhofs Linz und Verbesserungen im Verschiebebahnhof Graz (vgl. ÖBB-Infrastruktur AG 2011, S. 54 f.).

2.3.5 KV-TERMINALS

In Österreich existieren laut BMVIT 14 KV-Güterterminals mit jeweils unterschiedlichen Funktionen und unterschiedlichen Zugängen zu den Verkehrsmodi (vgl. BMVIT 2019d). Gemäß Übersichtstabelle des BMVIT sind 4 dieser Terminals trimodal und haben auch einen Wasserzugang (Enns, Krems, Linz und Wien), alle anderen sind bimodal und beschränken sich auf eine Verknüpfung von Straße und Schiene. Flächenmäßig am größten sind die Terminals Enns und Wien mit 3500 Hektar, am kleinsten die Terminals St. Michael und Bludenz mit etwa 10 Hektar. Die maximale Zuglänge beträgt zwischen 160 m (Bludenz) und 750 m (Enns), das längste Ladegleis hat 1050 m (Kapfenberg). Das Güterzentrum Wolfurt hatte bis 2015 mit 250 m Länge die kürzesten Ladegleise (vgl. BMVIT 2015, S. 1), wurde von 2015 bis 2018 jedoch ausgebaut und verfügt nun über 4 Containerladegleise mit je 750 m. Durch den Umbau wurde außerdem die Einfahrt der Züge ohne Vershub möglich (vgl. ÖBB-Infrastruktur AG 2020).

Außerdem gibt es in Österreich vier RoLa-Terminals. Zwei davon befinden sich an einem Standort an dem es auch ein KV-Terminal gibt (Salzburg und Wels), die anderen sind in Wörgl und am Brenner (vgl. BMVIT 2019d). Die Strecke zwischen Salzburg und Ferneti bzw. Triest wurde jedoch mit Fahrplanwechsel am 15.12.2019 eingestellt (vgl. Rail Cargo Operator - Austria GmbH 2019). Bereits im März 2018 haben die Medien über eine Einstellung berichtet (vgl. Schenker 2018), im Juli 2018 wurde der Betrieb jedoch wieder aufgenommen (vgl. Winkler 2018, S. 24). Bei entsprechender Förderung oder Fahrverboten für Dieselfahrzeuge scheint eine erneute Inbetriebnahme grundsätzlich denkbar.

Einen Überblick über Lage und Verbindungen der KV-Terminals gibt Abbildung 21 oben, über die Lage der RoLa-Terminals und -Strecken mit Stand Anfang 2019 Abbildung 21 unten.

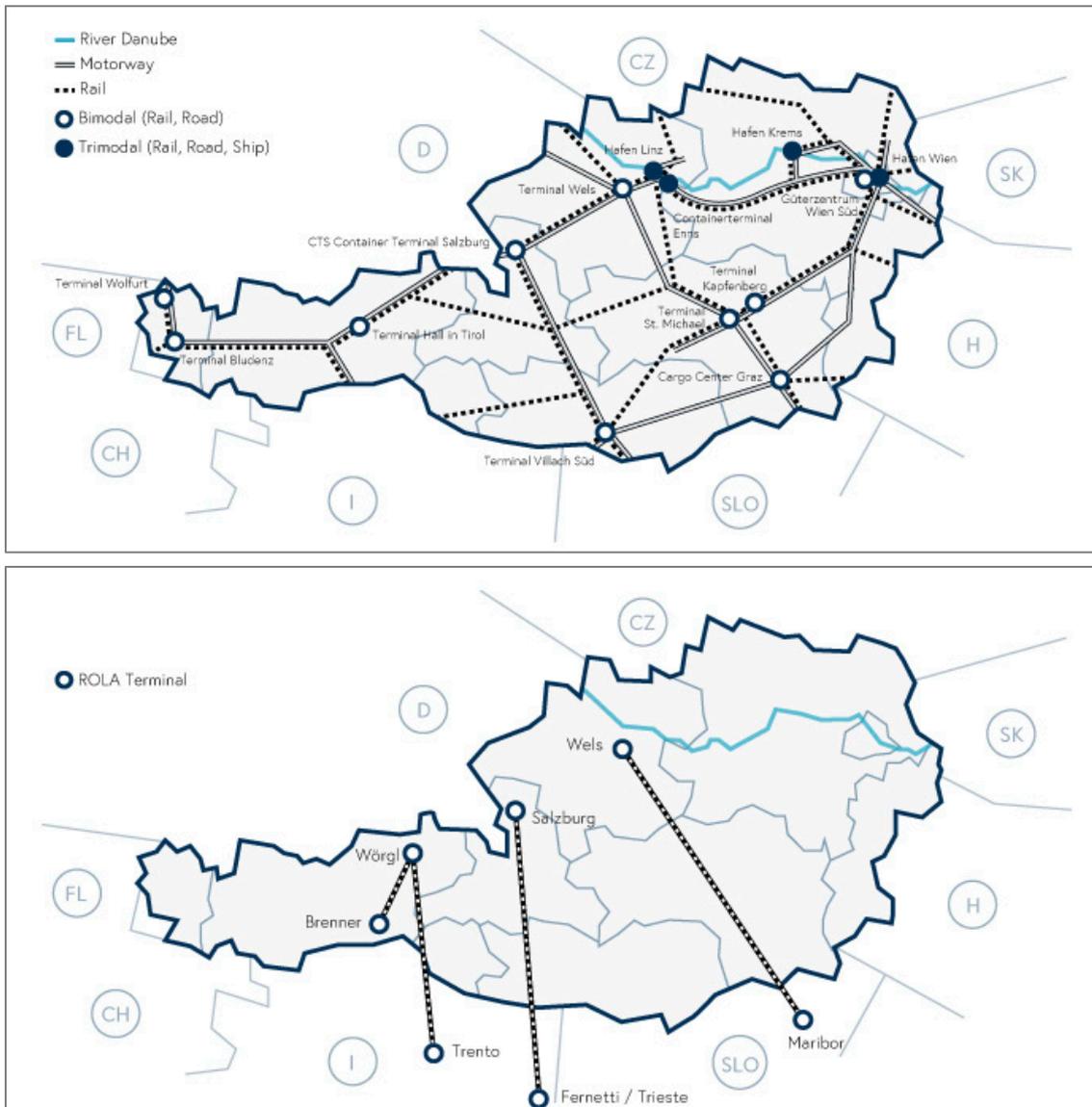


Abbildung 21: Verortung der KV-Terminals und RoLa-Terminals in Österreich (Stand November 2019) (BMVIT 2019d)

2.3.6 INNOVATIONEN UND TRENDS IM SCHIENENGÜTERVERKEHR

Im Schienengüterverkehr gibt es in vielen Bereichen Innovationen. Im Folgenden werden allgemeine Innovationen bei Hard- und Software sowie betriebliche Innovationen vorgestellt. Danach werden konkrete einzelne

Innovationen mit großen potenziellen Auswirkungen oder hohem Forschungs- und Entwicklungsbedarf sowie deren Zeithorizont beleuchtet.

HARDWARE-INNOVATIONEN

Ein großer Teil des Wagenmaterials, das derzeit in Verwendung ist, ist älter als 30 Jahre (vgl. Brandt 2020). Ein großes Potenzial hat deshalb die Entwicklung von möglichst effizienten Güterwagen mit innovativen Verlade- und Umschlagmöglichkeiten. Dazu gehört zum Beispiel die Trennung zwischen Wagen und Aufbau, wodurch diese nach Bedarf kombiniert werden können. In diesem Zusammenhang relevant sind auch entsprechende Vorrichtungen direkt am Waggon, mit denen dieser umgeschlagen werden kann, also die Entwicklung eines ganzen Entladesystems (vgl. SBB Cargo AG 2020a). Die stetige Entwicklung neuer Container für verschiedene Güterarten zeigt, dass eine große Nachfrage und ein großes Potenzial in diesem Bereich bestehen (vgl. Inno-freight Solutions GmbH 2020; BMVIT 2014, S. 21). Im Hinblick auf die zunehmende Containerisierung und der damit einhergehende Bedarf an entsprechenden Umschlaganlagen (vgl. Clausen u. a. 2013, S. 198) können die Vereinfachung und Attraktivierung der Lademöglichkeiten einen Anreiz für einen Umstieg von der Straße auf die Schiene darstellen (vgl. BMVIT 2014, S. 22).

Bei Hardware-Innovationen gibt es viel Forschung im Bereich von lärmarmen Güterzügen (vgl. ebd., S. 15). Diese haben zwar keinen direkten Einfluss auf den Modal Split, indirekt können sie jedoch die Akzeptanz von Güterzügen erhöhen, wodurch zukünftige Projekte möglicherweise auf weniger Proteste aus der Bevölkerung stoßen.

Forschung gibt es auch in die Richtung eines innovativen Wendezugbetriebs, wodurch Rangierzeiten verkürzt und logistisch vereinfacht werden können. Das kann zum Beispiel durch die Verwendung von Funkfernsteuerungen erreicht werden. So können Wettbewerbsnachteile gegenüber einem Transport per LKW weiter angeglichen werden (vgl. ebd., S. 15).

BETRIEBLICHE INNOVATIONEN

Wie bereits in Kapitel 2.3.3 erwähnt, planen die ÖBB einige Automatisierungssysteme für den Schienengüterverkehr, zum Beispiel ein automatisches Reihungskontrollsystem oder Zielgleisbremsen, einzuführen. Diese kommen vor allem dem Einzelwagenverkehr zugute, da damit viel Rangierarbeit eingespart werden kann, was diese Güterverkehrsform konkurrenzfähiger machen würde.

Weitere Potenziale bestehen in der Erhöhung der Durchschnittsgeschwindigkeit durch die Beseitigung von Langsamfahrstellen und die damit verbundene Verdichtung der Blöcke. Auch durch eine effizientere Be- und Entladung und die Bündelung von Wagengruppen kann eine höhere Gesamtgeschwindigkeit erreicht werden (vgl. BMVI 2018d).

SOFTWARE-INNOVATIONEN

Bezüglich der Software und der smarten Überwachung von Lieferungen liegt der Schienengüterverkehr weit hinter der Entwicklung des Straßengüterverkehrs. Während eine digitale Sendungsverfolgung mittlerweile bei den meisten LKW möglich ist, ist diese Technologie bei der Bahn selten im Einsatz (vgl. Loibner 2019). Seit Oktober 2019 wird Tracking jedoch von der RCA angeboten (vgl. ÖBB-Holding AG 2020, S. 39).

Auch andere digitale Automatisierungstechniken sind noch selten im Einsatz, zum Beispiel die automatische Erfassung der Wagenreihung und des Zustands der Wagen, was eine bedarfsorientierte anstatt einer regelmäßigen Überprüfung ermöglichen würde (vgl. Technischer Innovationskreis Schienengüterverkehr 2018, S. 2).

Es läuft jedoch derzeit ein Projekt, mit dem die Wagenüberwachung und -überprüfung zukünftig automatisiert und digital erfolgen kann. Anstatt bei jedem Wagen eine Bremsprobe durchführen zu müssen, wird die Information über Status und Funktionstüchtigkeit aller Bremsen direkt auf einem smarten Gerät angezeigt (vgl. PJM 2017). Die Verwendung in der Praxis wird voraussichtlich ab 2020 regulär möglich sein (vgl. PJM 2019).

Ein weiteres Potenzial bietet die Digitale Automatische Kupplung, deren Verbreitung sogar im nationalen Klima- und Energieplan vorgesehen ist (vgl. BMNT 2019, S. 121). Eine Unterstützung durch die Politik ist für die breite Umsetzung notwendig, da die Investitionskosten sehr hoch sind und von Seiten der Wagenhalter, also beispielsweise Logistikunternehmen und Unternehmen, zu tragen sind, das größte Einsparungspotenzial jedoch auf Seiten der Eisenbahnverkehrsunternehmen entsteht (vgl. TIS 2018, S. 4 f.).

Andere Möglichkeiten zur smarten Überwachung von Güterverkehrslieferungen bieten entsprechend entwickelte Container, die neben der genauen Position auch Informationen über Temperatur, Luftfeuchtigkeit sowie unbefugtes Öffnen des Containers bekannt geben können (vgl. BMVIT 2014, S. 22). Gerade bei Gütern, bei denen die Einhaltung der Kühlkette essenziell ist, ist so ein System notwendig und mitunter ein Grund, warum häufig ein LKW eingesetzt wird, da dort solche Techniken bereits verbreitet sind (vgl. Hörl u. a. 2011, S. 18).

LANGE GÜTERZÜGE

Die maximale Länge für einen Güterzug beträgt in Österreich 750 m. Das entspricht in etwa dem europäischen Durchschnitt und entspricht in etwa auch der maximalen Zuglänge in den meisten Nachbarländern. Die längsten Züge innerhalb Europas können in Estland und Litauen mit bis zu 1 km gefahren werden. Gerade das Baltikum hat, wie bereits in Kapitel 2.1.4 erwähnt, einen sehr hohen Anteil der Transportleistung auf der Schiene. Außerhalb Europas, etwa in Australien, China, USA oder Kanada, beträgt die Zuglänge sogar 2 bis hin zu 4 km (vgl. BMVI 2019f).

In Deutschland wird daran gearbeitet, dass zukünftig Güterzüge mit Längen bis zu 1500 m unterwegs sein können. Dadurch verspricht man sich eine Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der Schiene im Vergleich zu Straße. So können etwa die Produktionskosten pro Zug gesenkt werden, da weniger Triebfahrzeuge und Triebfahrzeugführer benötigt werden. Außerdem kann das Netz besser ausgelastet und der Energieverbrauch gesenkt werden. Geplant ist die Verlängerung der Züge vor allem in Bereichen bei Seehäfen und auf TEN-Korridoren (Transeuropäische Netze) (vgl. BMVI 2019d).

Für Österreich wurden keine Vorhaben zur Verlängerung von Güterzügen gefunden. Da Deutschland jedoch das Land ist, mit dem Österreich bei weitem die größten Gütermengen via Schiene austauscht (vgl. Statistik Austria 2019d), ist es denkbar, dass auf den Hauptverbindungsstrecken mit dem Nachbarland eine Ausweitung der Längen sinnvoll ist.

SCHNELLER SCHIENENGÜTERVERKEHR

In Österreich beträgt die reguläre Geschwindigkeit von Güterzügen während der Nachtstunden zwischen 50 und 80 km/h. In der Regel beträgt die gefahrene Geschwindigkeit zwischen 60 und 70 km/h (vgl. Dolezal 2020). Zu schnellem Schienengüterverkehr werden Züge gezählt, die mit einer Geschwindigkeit von über 120 km/h unterwegs sein können. Diese müssen über entsprechende Schnellfahrstrecken geführt werden, die teilweise einen von den regulären Bahnnetzen unabhängigen Fahrweg haben. Dadurch wird neben der hohen Geschwindigkeit auch eine hohe Transportsicherheit erreicht. Die Züge müssen mit einer entsprechenden Leit- und Bremstechnik ausgestattet sein. Relevant ist der schnelle Schienengüterverkehr vor allem im Kombinierten Verkehr im Seehafenhinterland oder zur Vernetzung von Güterverkehrszentren. Durch diese Rahmenbedingungen kann er außerdem als KEP (Kurier-, Express- und Paketverkehr) in Konkurrenz zur Luftfahrt verwendet werden (vgl. BMVI 2019g).

Hürden für die Implementierung von schnellem Schienengüterverkehr sind die Notwendigkeit neues, auf die hohen Geschwindigkeiten ausgelegtes Wagenmaterial zu beschaffen, sowie der Bau von Schnellfahrstrecken, da das Überholen anderer Züge insgesamt ineffizient ist. Auch die Begegnung von zwei schnellen Güterzügen

im Tunnel ist aufgrund der entstehenden starken Luftströme nicht erstrebenswert, weshalb eigene Röhren benötigt werden. Es ist also eine gewisse Mindesttransportmenge notwendig, damit sich der Bau solcher Strecken rentiert (vgl. ebd.).

In Deutschland gibt und gab es einige umgesetzte Projekte mit schnellen Güterverkehren, hauptsächlich für KEP-Dienste. Auch in Frankreich gab es in den Nachtstunden einen TGV als Güterzug für KEP-Dienste, der jedoch 2015 aufgrund der zurückgehenden Sendungszahlen eingestellt wurde (vgl. BMVI 2019h).

Für Österreich wurden in einer online-Recherche weder vergangene, noch geplante Projekte für schnellen Güterverkehr gefunden.

SELBSTORGANISIERENDER GÜTERVERKEHR

An einem Projekt zum selbstorganisierenden Güterverkehr arbeitet zum Beispiel das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt mit dem NGT CARGO-Konzept (NGT steht dabei für Next Generation Train). Dieses beinhaltet zum Beispiel Güterwaggons mit eingebauten Elektromotoren und rekuperativen Bremsen sowie automatischen Kupplungen, die es ermöglichen, dass die Wagen selbständig rangieren. Oberleitungen, Rangierloks oder Vershubpersonal werden nicht unbedingt benötigt. Für den Hauptlauf werden die Waggons mit Triebköpfen zusammengestellt. Durch die automatische Kupplung ist aber auch eine Zusammenstellung von Güterverkehrs- und Personenverkehrszug während der Fahrt denkbar, wodurch Trassenkapazitäten besser ausgenutzt werden können. Durch den eingebauten Antrieb und eine Lokalisierung aus der Ferne ist für die Güterwaggons das Zurücklegen der ersten und letzten Meile selbständig möglich. Auf der anderen Seite ist durch die hohen Geschwindigkeiten von bis zu 400 km/h eine zum Containerschiff konkurrenzfähige interkontinentale Verbindung denkbar (vgl. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. 2019).

Die technische und wissenschaftliche Entwicklung könnte bis 2030 abgeschlossen sein, die tatsächliche Umsetzung wird jedoch noch weit mehr Zeit brauchen (vgl. dpa 2018). Frühere bzw. andere Projekte des selbstorganisierten Güterverkehrs verloren sich wieder, da die Umstellung so komplex und weitreichend ist (vgl. BMVI 2018d). Wie wahrscheinlich die Umsetzung des Projektes NGT ist, ist somit ebenfalls fraglich. Jedoch könnte auch schon eine teilweise Umsetzung, etwa die automatisierten Kupplungen oder der eingebaute Antrieb, zu großen zeitlichen und personellen Einsparungen führen, was gerade den teuren und mit LKW in Konkurrenz stehenden Einzelwagenverkehr wettbewerbsfähiger machen würde.

NETZWERKBAHN

Das Ziel des Projektes Netzwerkbahn der DB Cargo AG ist die Kombination von Einzelwagenverkehr und Ganzzugverkehr. So können ein ressourcenschonender Transport und eine bessere Auslastung der Züge erreicht werden. Auch die Zuverlässigkeit wird erhöht, da einzelne Wagen an ohnehin planmäßig verkehrende Ganzzüge rangehängt werden (vgl. BMVI 2019i). In Abbildung 22 wird das Prinzip schematisch dargestellt.

Informationen zu dem Projekt sind großteils aus den Jahren 2013 bis 2016 und ausschließlich von externen Quellen zu finden. Auf der Seite der DB Cargo ist hingegen kein entsprechender Eintrag zu finden. Das legt die Vermutung nahe, dass das Projekt eingestellt wurde, auch wenn das Konzept vielversprechend scheint.

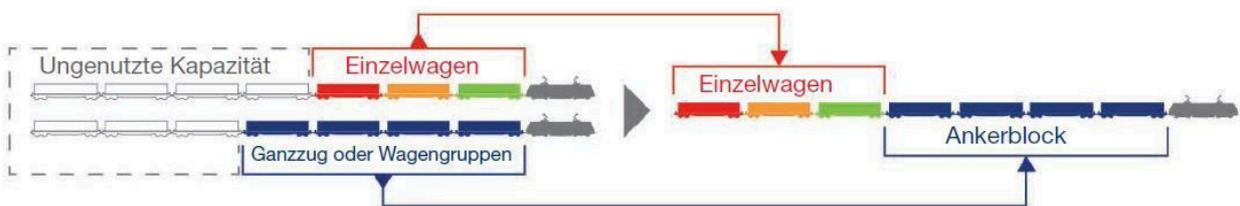


Abbildung 22: Schematischer Aufbau einer Netzwerkbahn (Volker Römer nach BMVI 2018c)

UMSCHLAGSYSTEME

Im Kombinierten Verkehr ist ein Hindernis die lange Verladedauer von einem Verkehrsträger auf den anderen. Deshalb wird auf Umschlagsysteme gesetzt, bei denen innerhalb weniger Minuten ein Container zwischen LKW und Waggon verladen werden kann. Dieses wurde bereits in den 1990er Jahren erfunden (vgl. Metz 2017), im Jahr 2000 wurden erste Modelle hergestellt (vgl. PALFINGER AG 2020) und es ist derzeit bei der Rail Cargo Group unter der Bezeichnung ‚MOBILER‘ im Einsatz (vgl. Rail Cargo Group 2019).

Auch ein Schweizer Unternehmen entwickelte ein Umschlagsystem nach dem gleichen Prinzip (vgl. Metz 2017). Der LKW und der Waggon müssen dabei über eine entsprechende Vorrichtung verfügen (vgl. Wochenzeitung Verkehr 2014). Mehrere Unternehmen haben diese Technik bereits im Einsatz (vgl. Innova Train AG 2019), darunter auch ein großer Einzelhändler in der Schweiz (vgl. Allianz pro Schiene 2017) und ein Deutscher Autobauer zur Anlieferung von Teilen an ein Werk (vgl. SmartRail Logistics 2018).

Auch von der Rail Cargo Group der ÖBB wird ein solches Umschlagsystem beworben und ist auch schon im Einsatz (vgl. Mikula 2018)

In anderen Einsatzbereichen des Kombinierten Verkehrs ergibt sich das Problem, dass nicht alle Sattelaufleger kranbar sind. In Österreich ist bereits teilweise ein System im Einsatz, mit dem durch eine bestimmte Vorrichtung auch regulär nicht kranbare Sattelaufleger umgeschlagen werden können. Dieser Prozess benötigt jedoch sehr viel Personal (vgl. BMVIT 2014, S. 23). Deshalb ist diese Umschlagtechnik wahrscheinlich weniger dafür geeignet, den Güterverkehr wettbewerbsfähiger gegenüber der Straße zu machen.

DIGITALE INFORMATION

Zur Förderung des Schienengüterverkehrs wurde von der DB Netze in Kooperation mit Verbänden und dem BMVI die Homepage ‚railway.tools‘ ins Leben gerufen (vgl. DB Netz AG 2019). Es können auf der Homepage Verbindungen des Kombinierten Verkehrs in ganz Europa abgefragt werden, ähnlich wie einer Fahrplanauskunft für den Personenverkehr. Neben dem Start- und Endpunkt und einem Radius können die Verbindungen nach Transportanforderungen gefiltert werden. Dazu gehören etwa die Größe und Art des Containers, Sattelanhänger oder RoLa-Züge.

Im Idealfall ist das Ergebnis eine Route mit konkreten Abfahrtstagen und -zeiten sowie der Name des Logistikunternehmens, das diese Verbindung betreibt. In vielen Fällen ist als Abfahrtszeit jedoch nur ‚Montag 0:00‘ angegeben, was die Vermutung nahelegt, dass in diesem Fall keine Zeit hinterlegt ist. Außerdem gibt es bei vielen Unternehmen keine Information darüber, ob die ausgewählten Transportanforderungen erfüllt werden können. Am Start- und Zielort werden die Kontaktdaten von Logistikunternehmen und Speditionen angegeben, welche die erste und letzte Meile übernehmen können.

2.4 GESAMTBEWERTUNG

Das Kapitel hat gezeigt, dass ein Rückgang der Gleiskilometer sowie der Anschlussbahnen zu verzeichnen ist, was aber vor allem auf die Einstellung von Nebenbahnen zurückgeht. Auf der anderen Seite findet ein konstanter Ausbau der Hochleistungsstrecken, aber auch die Modernisierung von KV-Terminals statt. Insgesamt scheint das Schienennetz von Österreich derzeit in einem durchwegs guten Zustand zu sein.

Streckenschließungen durch einen Transportmengenrückgang, wie er bei vielen Nebengleisen und Anschlussbahnen zu verzeichnen ist, entwickeln sich jedoch häufig zu einer Abwärtsspirale. Werden die Relationen zwischen zwei Bahnhöfen reduziert, sind davon auch umliegende Strecken betroffen, die aber vor der Reduzierung möglicherweise sogar wettbewerbsfähig waren. Außerdem erhöht die Ausdünnung die fixen Kosten der verbliebenen Züge auf der Strecke, wodurch diese noch unattraktiver werden. In weiterer Folge wird die Strecke bis hin zur ganzen Region weiter ausgedünnt (vgl. BMVI 2018).

Dem steht, wie sich gezeigt hat, die trotz sinkender Gleiskilometer steigende Wagenzahl auf Anschlussbahnen gegenüber. Die Gründe dafür können vielfältig sein, etwa die Zentralisierung von Unternehmensstandorten und die damit verbundene Steigerung des Aufkommens auf bestimmten Strecken.

Es wird sich zeigen, ob es zu einer Spezialisierung der Eisenbahnverkehrsunternehmen kommt, durch die die Bedienung von Anschlussbahnen wieder sichergestellt wird, und welche Auswirkungen die Innovationen auf die Attraktivität von Schienengüterverkehr haben.

3 BETRIEBE – GRUNDLAGEN VON NACHFRAGESEITE



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Im Rahmen dieser Arbeit sollen räumliche Potenziale für die Nutzung von Schienengüterverkehr ausgehend von bestehenden Betrieben in Österreich aufgezeigt werden. Betriebe werden dabei als örtlich gebundene Einheiten zur Leistungserstellung verstanden. Diese sind einem Rechtsträger zugeordnet, meist einem Unternehmen. Als Unternehmen werden jene übergeordneten rechtlichen Einheiten definiert, denen ein, mehrere oder in manchen Fällen auch kein Betrieb zugeordnet sind. Ein Unternehmen ist grundsätzlich nicht örtlich gebunden (vgl. Bergwanger, Haric 2020).

Die Entscheidung über die Verkehrsmittelwahl kann je nach Organisationsstruktur von der örtlich gebundenen Einheit „Betrieb“ oder von der übergeordneten Einheit „Unternehmen“ gefällt werden. Im Allgemeinen wird im Folgenden jedoch von der Verkehrsmittelwahl von Unternehmen gesprochen. Bei der Thematik der räumlichen Potenziale wird jedoch von Betrieben gesprochen, da diese die standortgebundene Einheit darstellen. Es besteht außerdem die Hypothese, dass die Verkehrsmittelwahl von der Branche des Unternehmens abhängt, was ebenfalls in diesem Kapitel näher ergründet wird.

3.1 STANDORT

Gemäß der allgemeinen Definition aus der Geographie ist ein Standort ein „vom Menschen für bestimmte Nutzungen ausgewählter Platz [...], an [dem] unterschiedliche wirtschaftliche, soziale und/oder politische Gruppen im Raum agieren“ (Haas, Neumair, Voigt 2018a). In der Wirtschaftsgeographie wird unter Standort ein „geographischer Ort [verstanden], an dem ein Wirtschaftsbetrieb aktiv ist, d.h. Güter erstellt oder verwertet [werden]“ (ebd.).

3.1.1 STANDORTWAHL

Die von Bodenmann beschriebene Entwicklung von Standortwahlmodellen und -theorien wird im Folgenden zusammenfassend dargelegt.

Seit der Zeit der Industrialisierung und dem Eisenbahnbau haben sich Gebiete mit stark verschiedener Erreichbarkeit herausgebildet. Die Erreichbarkeit beeinflusste von da an die Entscheidungen bei der Standortwahl von Unternehmen maßgeblich. Zur Erklärung der Standortwahl wurden ab dem 19. Jahrhundert verschiedene Modelle entwickelt und weiterentwickelt (vgl. Bodenmann 2005, S. 17). War zu Anfang die Anbindung an das Schienennetz noch ein ausschlaggebender Faktor, spielen mittlerweile viele andere Faktoren bei der Standortwahl eine Rolle, die in Kapitel 3.1.2 näher beschrieben werden.

Anfängliche Theorien zur Standortwahl, wie etwa die Thünenschen Ringe, bezogen sich vor allem auf den damals relevanten primären Sektor. Gemäß dieser Standorttheorie nimmt der Wert des Bodens mit der Entfernung zum Markt ab, da mit höherer Entfernung höhere Transportkosten verbunden sind (vgl. ebd., S. 17, 39). Eine Weiterentwicklung dieses Modells stellen neoklassische Industriestandorttheorien dar, deren Fokus eher auf dem sekundären Sektor liegt und die teilweise auch die Transportkosten des Rohmaterials zum Unternehmensstandort oder die Kosten für Rohmaterial, Arbeitskräfte und Boden berücksichtigen. In diesem Bereich wird auch zum ersten Mal der Begriff der Standortfaktoren definiert (vgl. ebd., S. 19 f.).

Ende des 19. Jahrhunderts begannen räumliche Interaktionen in Erklärungsmodelle zur Standortwahl einzufließen. Beobachtet wurden dabei der Einfluss, den die Distanz zwischen den Städten und die jeweilige Größe der Wohnbevölkerung auf die Menge der Interaktionen haben. Auch noch im 20. Jahrhundert fanden solche Modelle Anwendung und konnten anhand diverser Beispiele verifiziert werden (vgl. ebd., S. 21 ff.).

Wie Bodenmann beschreibt, sind seit dem Beginn des 19. Jahrhunderts Stadtsysteme und Marktnetze ein zentraler Punkt bei der Modellentwicklung zur Standortwahl. Christaller stellte zum Beispiel die Theorie auf, dass in einem System von Stadtnetzen Städte unterschiedliche Rollen in der Versorgung der Bevölkerung haben. Andere Theorien, wie etwa jene von Lösch, erklären die Raumstruktur eher anhand von Marktnetzen, wobei nicht

allein eine Einteilung der Städte in einer Hierarchie, sondern auch eine Spezialisierung stattfindet (vgl. ebd., S. 26 f.).

Ein neueres Modell aus dem Ende des 20. Jahrhunderts stellt das Diamantkonzept von Porter dar. In dessen Modell wird die Wettbewerbsfähigkeit eines Standortes durch marktliche, nicht-marktliche, strukturelle und prozessuale Variablen erklärt. Zu den Faktoren, die die Attraktivität eines Standortes bestimmen, gehören nicht nur die Faktorbedingungen, verwandte Branchen, der lokale Wettbewerb und staatliche Regulierungen, sondern auch der Zufall. Das Modell kann vor allem zum Vergleich der Wettbewerbsfähigkeit von Staaten verwendet werden (vgl. ebd., S. 32 ff.).

3.1.2 STANDORTFAKTOREN

Die Standortwahl von Unternehmen wird durch die Summe aller Standortfaktoren beeinflusst. Standortfaktoren stellen bestimmte Vor- oder Nachteile dar, die ein Unternehmen an einem bestimmten Standort zu erwarten hat. Aus den Standortfaktoren lässt sich eine gewisse Standortqualität ableiten. Bei der systematischen Gliederung von Standortfaktoren können nach Haas, Neumair und Voigt vier teilweise überschneidenden Kategorien unterschieden werden. Diese sind:

- der Grad der Spezifität
- der Grad der Quantifizierbarkeit
- die Zugehörigkeit zu Leistungserstellung und
- die Maßstabsebene (vgl. Haas, Neumair, Voigt 2018b).

Diese werden im Folgenden näher beschrieben, wobei jene Aspekte besonders hervorgehoben werden, zu denen auch ein Bahnanschluss gezählt werden kann.

GRAD DER SPEZIFITÄT

Beim Grad der Spezifität wird zwischen allgemeinen und speziellen Standortfaktoren unterschieden. Zu den allgemeinen zählen zum Beispiel die Verkehrsanbindung, etwa ein Bahnanschluss, die Transportbedingungen, die Infrastruktur vor Ort, das Vorhandensein und die Kosten von Arbeitskräften sowie von Absatzmärkten und die Höhe von Steuern und Gebühren. Spezifische Standortfaktoren sind hingegen jene, die speziell je nach Sektoren von Betrieben benötigt werden. Im Primären Sektoren ist das zum Beispiel die Qualität des Bodens. Im Sekundären Sektor sind die Verkehrsanbindung, wie etwa ein Schienenanschluss, qualifizierte Arbeitskräfte und Umweltschutzauflagen ausschlaggebende Standortfaktoren. Im Tertiären Sektor sind die Nähe zu Absatzmärkten, Kundenkontakt und Erreichbarkeit besonders relevant (vgl. ebd.).

GRAD DER QUANTIFIZIERBARKEIT

Die Unterscheidung zwischen harten und weichen Standortfaktoren erfolgt im Grad der Quantifizierbarkeit. Harte Standortfaktoren sind dabei größtenteils monetär quantifizierbar und haben eine unmittelbare Wirkung, während weiche Standortfaktoren oft nur qualitativ erfasst werden können und eher indirekte Effekte haben. Zu den harten Standortfaktoren zählen zum Beispiel die naturräumlichen Bedingungen, die Verkehrsanbindung und Erreichbarkeit, wozu auch die Schienenanbindung zählt, das Angebot an Betriebsflächen und Grundstücksreserven, Kommunikationsmöglichkeiten oder die Höhe der Gewerbesteuer. Zu den weichen Standortfaktoren gehören zum Beispiel politische, ökonomische und soziale Bedingungen, das Innovationsklima, die Lebensqualität oder die Kriminalitätsrate (vgl. ebd.; Kulke 2013, S. 41).

ZUGEHÖRIGKEIT ZUR LEISTUNGSERSTELLUNG

Zwischen beschaffungsbezogenen, produktionsbezogenen und absatzbezogenen Standortfaktoren unterscheidet man bei der Zugehörigkeit zur Leistungserstellung. Beschaffungsbezogene Standortfaktoren sind zum Beispiel der Grund und Boden, die Betriebseinrichtung, verfügbare Rohstoffe, die Energieversorgung, staatliche Leistungen oder Verkehrsverbindungen, wie etwa ein Anschluss an das Schienenverkehrsnetz. Zu den

produktionsbezogenen Standortfaktoren zählen die ökonomischen, ökologischen, sozialen und politischen Rahmenbedingungen. Bei den absatzorientierten Standortfaktoren sind die Nähe und Verfügbarkeit von Absatzmärkten ausschlaggebend und welche Konkurrenten es auf dem jeweiligen Markt gibt. Wichtig ist dabei auch wieder die Verkehrsanbindung, um die jeweiligen Absatzmärkte zu erreichen, wozu auch ein Gleisanschluss zählt (vgl. Haas, Neumair, Voigt 2018b).

MAßSTABSEBENE

Bei der Betrachtung der Maßstabsebene wird zwischen Makro-, Meso- und Mikroebene unterschieden. Faktoren auf der Makroebene sind etwa weltweit gültige finanzielle und rechtliche Rahmenbedingungen, das Steuer- und Zollsystem oder die Stabilität des wirtschaftlichen und politischen Systems. Auf der Mesoebene sind Faktoren wie die regionale Verfügbarkeit und Qualifikation von Arbeitskräften, die regionale Infrastruktur sowie die Anbindung an das überregionale Verkehrssystem, wozu auch das regionale Schienennetz und dessen Verbindung zu Hauptverkehrsstrecken gezählt werden kann, relevant. Faktoren auf der Mikroebene sind zum Beispiel die lokale Verkehrsanbindung und Erreichbarkeit, die kommunale Wirtschaftsförderung, die Grundstücks- und Immobilienpreise sowie die örtlichen weichen Standortfaktoren (vgl. ebd.).

Grob lassen sich aus den in 3.1.1 beschriebenen Erklärungsmodellen zur Standortwahl 4 Themenbereiche differenzieren, auch wenn sich die genaue Definition etwas unterscheidet: Produktionsfaktoren, wirtschaftliches Umfeld, staatliche Eingriffe und Umwelt/Wohnqualität (vgl. Bodenmann 2005, S. 35). In Befragungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten von verschiedenen Branchen kamen stark differenzierende Ergebnisse zustande. Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass aus allen 4 Themenbereichen Faktoren genannt werden. In den 1990er Jahren gehörte Verkehr und Erreichbarkeit noch zu den am häufigsten genannten Faktoren. Mitte der 2000er ist die Erreichbarkeit nicht mehr eindeutig als einer der führenden Faktoren zu finden. Es konnte jedoch ein Zusammenhang zwischen der Nähe eines Autobahnanschlusses und der Bewertung von Verkehr als wichtiger Faktor festgestellt werden (vgl. ebd., S. 40).

3.2 FAKTOREN UND EINSCHRÄNKUNGEN BEI DER VERKEHRSMITTELWAHL

Es gibt mehrere Faktoren, welche die Schienenaffinität von Unternehmen, die beim Gütertransport meist die Rolle des Verladers haben, beeinflussen. Manche davon werden direkt durch den Ablauf beeinflusst, andere durch externe Rahmenbedingungen.

Einige Faktoren, welche von Seiten der Unternehmen in ihrer Rolle als Verlater bei der Wahl der Schiene als Transportmittel relevant sind, werden im Folgenden erläutert. Es handelt sich dabei nicht um eine vollständige Aufzählung aller Faktoren.

3.2.1 SYSTEMBEDINGTE HINDERNISSE

Im Schienengüterverkehr gibt es systembedingt einige Hindernisse, die die Attraktivität gegenüber der Straße allgemein schmälern. Der VCÖ spricht dabei von einer Wettbewerbsverzerrung (vgl. VCÖ 2017, S. 15). Manche dieser den Wettbewerb verzerrenden Faktoren wären durch geänderte Gesetze ausgleichbar, andere sind tatsächlich systembedingt.

Ein Beispiel für einen systembedingten Nachteil ist der größere zeitliche, organisatorische und finanzielle Aufwand bei grenzüberschreitenden Transporten. Ein grenzüberschreitender Transport kann den Wechsel des Triebfahrzeugs und des Triebfahrzeugführers oder sogar eine Umspurung erfordern. Es wird noch einige Zeit in Anspruch nehmen, bis eine vollständige Harmonisierung zwischen den Staaten hergestellt ist, da diese mit hohem Investitionsbedarf und langen Vorlaufzeiten verbunden ist (vgl. BMVI 2019b). Die Harmonisierung ist, wie bereits in Kapitel 2.2.1 beschrieben, ein Ziel der EU-Eisenbahnpakete.

Im Schienenverkehr gibt es auch technisch bedingt strenge und lückenlose Kontrollen bezüglich der Einhaltung von Arbeitszeiten und Sicherheitsstandards. Im Straßenverkehr gibt es hingegen nur Stichprobenkontrollen, die Nicht-Einhaltung von Lenk- und Ruhezeiten ist somit leichter möglich (vgl. BMVI ebd.). Dasselbe gilt für die Einhaltung von Geschwindigkeitsbeschränkungen (vgl. VCÖ 2017, S. 15). Diese Nachteile können ebenfalls als systembedingt angesehen werden, da durch die Bindung an Fahrplan und Schienentrasse technisch die lückenlosen Kontrollen möglich sind.

In modernen Logistikketten werden außerdem oft Zusatzleistungen gefordert, die Bahnanbieter jedoch nicht immer anbieten. Dazu zählt zum Beispiel tracing und tracking der Sendungen, um die Transportbedingungen etwa bei einzuhaltenden Kühlketten rückverfolgen zu können (vgl. Hörl u. a. 2011, S. 18). Tracking wird von der RCA seit Oktober 2019 mithilfe des Programms „Cargo1492“ angeboten (vgl. ÖBB-Holding AG 2020, S. 39). Dieser Nachteil ist nicht nur systembedingt, er hängt auch mit der größeren Trägheit und aufwändigeren Umsetzungsprozessen der Eisenbahnverkehrsunternehmen zusammen, die wiederum als systembedingt angesehen werden können.

Ein weiteres systembedingtes Hindernis, das jedoch veränderbar wäre, ist eine nicht flächendeckende Maut im Straßenverkehr, während bei der Bahn flächendeckend ein Infrastruktur-Benutzungsentgelt zu entrichten ist. Die Erschließung von Betriebsstandorten mit dem Straßennetz wird meist öffentlich von der Gemeinde finanziert, während Schienenanschlüsse von den Unternehmen im Normalfall selbst zu finanzieren sind und diese maximal eine Förderung bekommen. Dazu kommt die EU-weite Reduktion des Schienennetzes bei gleichzeitigem Ausbau des Straßennetzes (vgl. VCÖ 2017, S. 15).

Auch als systembedingtes Hindernis kann die Bereitstellung des richtigen Wagenmaterials gelten. Leerwagen sind nicht immer in der benötigten Ausführung und zum richtigen Zeitpunkt verfügbar. Dieses Problem ist im Straßenverkehr in dieser Form weit weniger ausgeprägt (vgl. Hörl u. a. 2011, S. 26).

3.2.2 INFRASTRUKTURANFORDERUNGEN

Ein Faktor für die Nutzung von Schienengüterverkehr ist das Vorhandensein der entsprechenden Infrastruktur, also Schienen und Lademöglichkeiten, sowohl am Ausgangsort als auch am Zielort, oder zumindest in bewältigbarer Entfernung. Dabei kann weniger von einem beeinflussenden Faktor als mehr von einer Grundvoraussetzung gesprochen werden.

Dieser Faktor allein beeinflusst die Verkehrsmittelwahl jedoch noch wenig. Es handelt sich eher um ein komplexes Geflecht vieler weiterer Strukturen und strategischer unternehmerischer Überlegungen, die zur endgültigen Entscheidung für oder gegen ein Verkehrsmittel führen (vgl. ebd., S. 18).

Bei der Trassierung ergeben sich im Schienenverkehr außerdem weitere Einschränkungen für Güterverkehrszüge, etwa durch eine standardmäßig maximale Neigung von 20‰ und einer Mindestgröße für Gleisbögen von 300m. Außerdem haben Strecken unterschiedliche Lichtraumprofile, von denen manche für Wechselaufbauten auf Standard-Tragwagen nicht geeignet sind (vgl. Dörr, Hörl, Pöchtrager 2011, S. 31). Bei der Straßeninfrastruktur gibt es weder bei der Trassierung noch bei der Führung der Fahrzeuge auf den Strecken so viele Einschränkungen, wodurch diese in gewisser Weise auch systembedingt sind.

3.2.3 BRANCHEN

Es ist anzunehmen, dass verschiedene Arten von Gütern eine unterschiedlich hohe Schienenaffinität haben. Detaillierte und vergleichbare Studien dazu sind jedoch kaum vorhanden, was unter anderem an der unvollständigen Datengrundlage zu den transportierten Gütern zu liegen scheint (u.a. vgl. Kores Consulting und Projektentwicklung, Brenner-Managementberatung GmbH 2015, S. 11).

Aus diesem Grund werden verschiedene Studien zur Schienenaffinität angeführt und verglichen.

Eine Studie von Herry Consult zur Berechnung beihilfefähiger Kosten im Schienengüterverkehr im Auftrag des BMVIT untersucht die Schienenaffinität nach Wirtschaftszweigen (OENACE-2008¹). Die Schienenaffinität beim Güterempfang ist in den OENACE Abschnitten ‚Energieversorgung‘ (D) und ‚Wasserversorgung und Abfallentsorgung‘ (E) am höchsten. Auch ‚Land- und Forstwirtschaft‘ (A) weist beim Güterempfang relativ hohe Werte auf. Die Schienenaffinität beim Güterversand ist in allen Branchen wesentlich geringer. Die höchste Affinität hat ‚Land- und Forstwirtschaft‘. Die Schienenaffinität von ‚Bergbau‘ (B) ist jedoch den Studienautoren zufolge unerwartet gering. Ein Grund dafür kann sein, dass die im Bergbau anfallenden Güter hauptsächlich von der Baubranche genutzt werden, deren Schienenaffinität sehr gering ist und die traditionellerweise Lieferungen per LKW erhält (vgl. Herry Consult, Verracon GmbH 2017, S. 17).

Im Einzelwagenverkehr sind die am häufigsten transportierten Güter Holz, Silo-Zement, sogenannte Zemente NHM 2523 und Altpapier (vgl. Herry Consult 2016, S. 7).

Eine weitere Studie im Auftrag des BMVIT zur Optimierung der Beihilfen im Schienengüterverkehr kommt zu ähnlichen Ergebnissen, ein direkter Vergleich ist jedoch nicht möglich, da die Klassifizierung nach NST Güterabteilungen (NST-2007²) erfolgt. Eine Differenzierung zwischen Güterversand- und -empfang erfolgt nicht.

Die höchste Bahnaffinität haben die Abteilungen ‚Land- und Forstwirtschaft; Fischerei‘, ‚Kohle; rohes Erdöl und Erdgas‘, ‚Steine, Erden, Bergbauerzeugnisse; Torf‘, ‚Kokerei und Mineralölerzeugnisse‘, ‚Metalle und Halbzeug; Metallerzeugnisse‘ und ‚Holzwaren, Papier/-waren; Datenträger‘ (vgl. Kores Consulting und Projektentwicklung, Brenner-Managementberatung GmbH 2015, S. 69).

Im Vergleich zu oben genannter Studie von Herry Consult zeigt sich auch hier eine relativ hohe Bahnaffinität von landwirtschaftlichen Bereichen sowie der Papiererzeugung. Beim Bergbau wird durchaus eine hohe Schienenaffinität eingeschätzt. Auch bei Abfällen wird noch eine relativ hohe Bahnaffinität verzeichnet.

Als relevante Gütergruppen für den Einzelwagenverkehr werden wie in voriger Studie Papiererzeugnisse eingeschätzt, außerdem werden noch Automotive (Produkte aus der Autoherstellung), Chemiewaren und Agrarprodukte genannt, die in voriger Studie unerwähnt bleiben (vgl. ebd., S. 68).

Von Statistik Austria gibt es eine Erhebung der transportierten Güter im Schienenverkehr nach Güter- und Verkehrsart (vgl. Statistik Austria 2019d). Es liegen Zählungen nach Transporteinheit, Anzahl der TEU, Tonnen und Tonnenkilometer vor. Der überwiegende Teil der Güter wurde der Kategorie ‚Nicht identifizierbare Güter‘ zugeordnet. Alle anderen Kategorien haben wesentlich geringere Anteile, wie Abbildung 23 am Beispiel der Transportleistung zeigt. Den zweitgrößten Anteil hat die Kategorie ‚Metalle und Metallerzeugnisse‘, dicht gefolgt von Bergbauerzeugnissen und land- und forstwirtschaftlichen Produkten.

¹ Klassifizierungssystem für Wirtschaftszweige, genauere Erläuterung siehe Glossar

² Klassifizierungssystem für transportierte Güter, genauere Erläuterung siehe Glossar

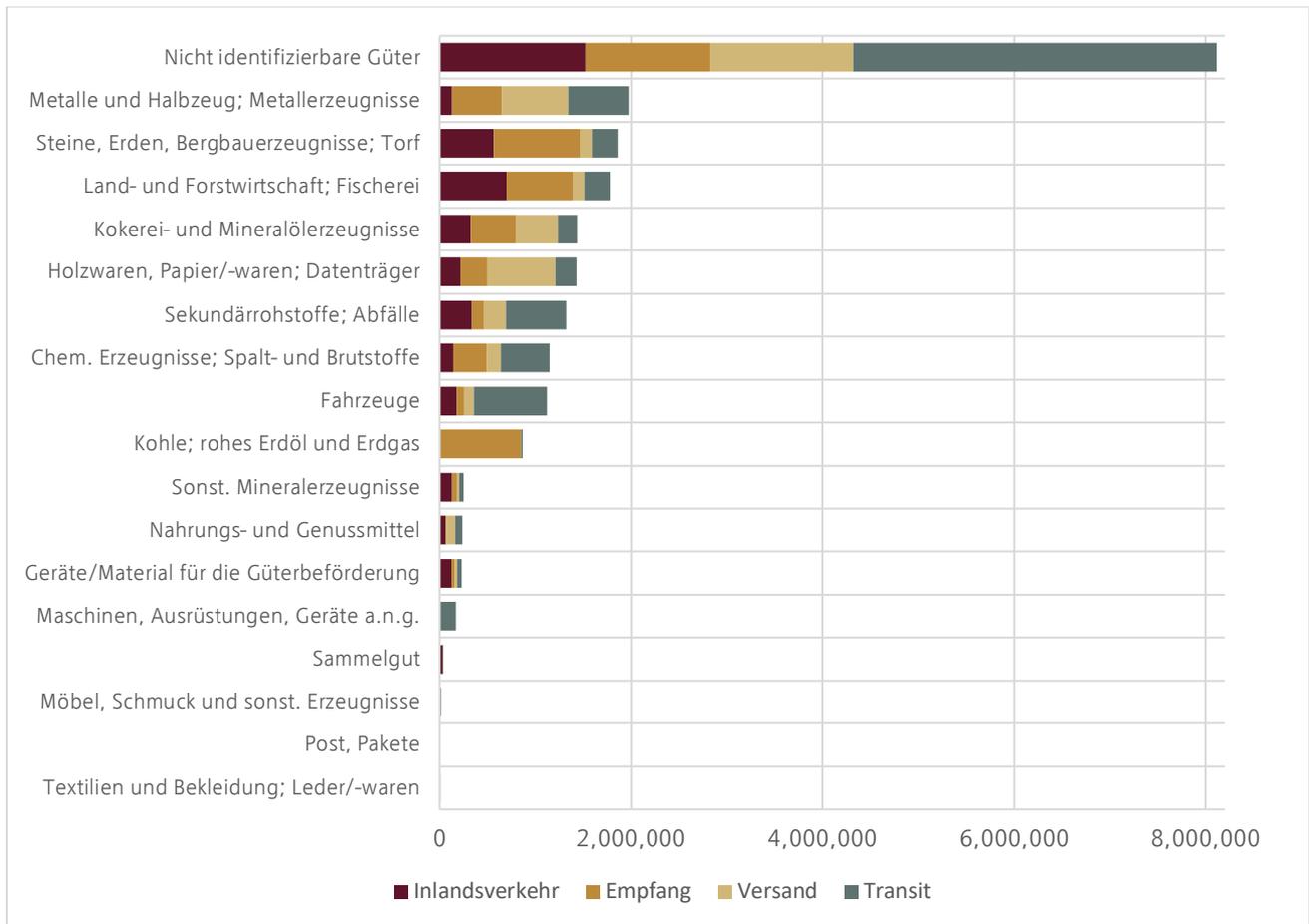


Abbildung 23: Transportleistung des Schienengüterverkehrs in Österreich nach Güterart gemäß Statistik Austria in 1000 tkm im Jahr 2018 (vgl. ebd., eigene Darstellung)

Ein Vergleich mit den Ergebnissen der beiden erstgenannten Studien ist nur bedingt möglich, da in diesen die Affinität der Branchen gemessen wird und die Daten von Statistik Austria sich auf das tatsächliche Aufkommen beziehen. Die unterschiedliche Klassifizierung macht einen Vergleich ebenfalls schwierig, außerdem der große Anteil an nicht identifizierbaren Güter in den Daten von Statistik Austria. Eindeutig beurteilen lässt sich jedoch trotzdem, dass der Bereich Bergbau trotz der laut Studie von Herry Consult relativ niedrigen Schienenaffinität eine hohe Transportleistung hat.

Ein anderer Zugang, um die Schienenaffinität zu erfassen, sind die vom BMVIT geförderten Anschlussbahnprojekte. Diese Daten liegen jedoch nur für den Zeitraum 2007 bis 2012 öffentlich vor. Es lässt sich dadurch keine allgemein gültige Schienenaffinität einer Branche festmachen, da die Daten nichts über die tatsächliche Nutzung von Schienengüterverkehr aussagen, jedoch lässt sich daran erkennen, welche Branchen im Förderzeitraum genügend Interesse und Nutzung von Schienengüterverkehr hatten, um in diesen zu investieren und ihn auszubauen.

Die meisten Förderungen, nämlich etwa 26 %, wurden im Bereich Logistik vergeben. Darauf folgen die Branchen Holz/Papier und Baustoffe mit jeweils etwa 20 %. Etwa 10 % der Projekte waren jeweils in den Bereichen Chemie und Metall. Weitere 6% wurden im Bereich Abfall und Entsorgung realisiert, 2 % im Bereich Lebensmittel (vgl. BMVIT 2012a, S. 3).

Ein Vergleich mit den anderen Daten und Studien ist wieder aufgrund unterschiedlicher Kategorien und Messungen schwierig. Trotzdem lässt sich feststellen, dass zum Beispiel im Bereich von Metall(verarbeitung) zwar ein hohes Transportaufkommen herrscht, jedoch wenige Anschlussbahnen gefördert wurden. Ein weiteres Beispiel ist die Wasserver- und Abfallentsorgung, die zwar eine hohe Schienenaffinität, jedoch nur einen sehr geringen Anteil an geförderten Anschlussbahnprojekten aufweist.

Gründe für diese Differenzen sind wahrscheinlich einerseits, dass Branchen, in denen Anschlussbahnen eine große Relevanz haben, bereits über eine verfügen und deshalb keine Förderung in Anspruch nehmen. Andererseits sind manche Branchen zu klein für eine große Anzahl an geförderten Projekten, auch wenn die Schienenaffinität innerhalb dieser hoch ist.

Außerdem kommt noch dazu, dass einzelne Produkte innerhalb einer analysierten Kategorie, zum Beispiel aufgrund einer unterschiedlichen Stufe in der Fertigungskette, eine stark abweichende Schienenaffinität aufweisen können. In diese Richtung konnten jedoch keine umfassenden wissenschaftlichen Erkenntnisse gefunden werden, sondern maximal einzelne Forschungsprojekte zu bestimmten Gütergruppen (vgl. zum Beispiel Dörr, Hörl, Pöchtrager 2011).

3.2.4 TRANSPORTEINHEIT

Die erforderliche Transporteinheit wird stark von der Güterart beeinflusst. Daraus ergibt sich auch eine gewisse Affinität eines Transportsubstrates zu einem Verkehrsmittel. Eine verkehrsträgerübergreifende Transporteinheit stellt hier die Palette dar. Gutspezifische Verkehrsträgeraffinitäten werden durch die einheitliche Transporteinheit reduziert und unterschiedliche Sendungen können in einem Verkehrsmittel auch kombiniert werden (vgl. Hörl u. a. 2011, S. 18 f.).

Palettierte Güter sind oft witterungsempfindlich und werden deshalb in gedeckten Güterwagen transportiert. Die Verladung erfolgt von der Seite mittels Gabelstapler. Für Packstücke und Güter in loser Schüttung werden offene Güterwagen verwendet. Flachwagen werden zum Beispiel für Eisen- und Stahlerzeugnisse genauso wie für Halbfertigprodukte und Maschinen verwendet (vgl. Berndt 2001, S. 140; Pachl 2011, S. 745 nach Clausen u. a. 2013, S. 166 f.).

Hier sei nochmals das bereits in Kapitel 3.2.1 erwähnte Problem der Verfügbarkeit der passenden Leerwagen erwähnt.

3.2.5 CLUSTER

Durch unterschiedliche Unternehmenskonzepte und unterschiedliche Fertigungsprozesse an verschiedenen Betriebsstandorten können auch Unternehmen derselben Branche völlig unterschiedliche Logistikstrategien und somit eine sehr unterschiedliche Verkehrsmittelaffinität haben (Hörl u. a. 2011, S. 19). Es können sich zufällige Synergien bzw. bahnaffine Cluster bilden, die aber nicht unbedingt derselben Branche angehören. Voraussetzungen sind eine räumliche Nähe und eine ähnliche Transportrichtung. So ist eine regelmäßige Beförderung garantiert. Solche Synergien sind bei Clustern mit Unternehmen derselben Branche unwahrscheinlicher, da dort ein größeres Konkurrenzverhalten auftritt (ebd., S. 20).

Damit ein Cluster langfristig erhalten bleibt, braucht es meist einen ‚Leitverlader‘. Dieser sichert durch eine gewisse Menge an Ladungen zumindest den Fortbestand der Infrastruktur. Es gibt weitere ‚Nebenverlader‘, aufgrund derer allein sich der Erhalt der Infrastruktur nicht rechnen würde und die somit vom Leitverlader profitieren (vgl. ebd., S. 180).

Auch bei Anschlussbahnen bringen die Bildung eines Clusters und die Bündelung der Verkehre Vorteile. Das kann durch regionale Kooperationen erfolgen. Dazu müssen jedoch auch die Gleislängen und Ladekapazitäten entsprechend dimensioniert werden. So können die Kosten gesenkt und die Effizienz gesteigert werden. Eine andere Möglichkeit sind Kooperationen in bestimmten Branchen, die durch eine gebündelte Beschaffung oder

Distribution Kostenvorteile oder eine Anpassung des Angebots an ihre Bedürfnisse erreichen können (vgl. ECONCONSULT Betriebsberatungsgesellschaft m.b.H 2014, S. 26 ff.).

3.2.6 GEWICHTS- UND MENGENRESTRIKTIONEN

Das maximale Ladegewicht beträgt abhängig von der Type bei zweiachsigen Waggons in etwa 25 Tonnen, bei vierachsigen Waggons 50 bis 65 Tonnen (vgl. SBB Cargo AG 2020b). Bezüglich des Bruttogewichts eines Zuges entstehen Einschränkungen unter anderem durch die maximale Zuglänge in Österreich von 740 Meter (vgl. BMVI 2019f).

Zu beachten ist jedoch neben der maximalen Zuglänge auch die Streckenklasse jener Strecken, auf denen der Zug verkehrt. Durch die Streckenklasse bestehen Einschränkungen bezüglich der maximal zulässigen Radsatzlast sowie der Meterlast. Das kann zur Folge haben, dass auf bestimmten Strecken keine volle Beladung der Waggons zulässig ist (vgl. Hafner 2018).

Die maximale Zuladung ist außerdem von der Art des Waggons abhängig. Ein gedeckter Vierachser mit einer Länge von etwa 15 m kann zum Beispiel ein maximales Ladegewicht von etwa 65t haben, ein gedeckter Zweiachser mit 10 m Länge etwa 25 t. Zweiachsige Silowagen können ein maximales Ladegewicht von 53 t haben (vgl. SBB Cargo AG 2020b).

Die maximale Zuladung eines LKW beträgt in etwa 30 Tonnen, was in den meisten Fällen etwas mehr als das Ladegewicht von zweiachsigen Waggons ist, jedoch nur halb so viel wie jenes von vierachsigen. Auch im Vergleich zwischen einem Silo-LKW und einem Schüttgutwaggon zeigt sich, dass der zweiachsige Waggon weniger Zuladung als der LKW aufnehmen kann, mit vierachsigen Waggons jedoch einen klaren Mengenvorteil hat (vgl. Dörr, Hörl, Pöchtrager 2011, S. 54 f.). Wie viele LKW ein Zug ersetzt hängt im Endeffekt jedoch stark von der Güterart und den bereits genannten Streckenrestriktionen ab und kann nicht allgemein gültig festgelegt werden.

3.2.7 TRANSPORTKOSTEN

In einer Studie von Herry Consult, welche vom BMVIT in Auftrag gegeben wurde, um die Förderhöhe der in Kapitel 2.1.5 beschriebenen Förderung festzulegen, wurden durchschnittliche Produktionskosten für Einzelwagenverkehr, unbegleiteten und begleiteten Kombinierten Verkehr mit jenen von LKW verglichen (vgl. Herry Consult 2016, S. 13 ff.). Die Vergleiche erfolgten teilweise unterschieden nach Inlandsverkehr, Quell- und Zielverkehr und Transitverkehr in der Einheit Euro pro 1.000 Tonnenkilometer. Auch Leerfahrten wurden in die Berechnung miteinbezogen. Die durchschnittlichen Kosten im Ausland sind in der Rechnung berücksichtigt.

Der Preis auf der Straße bleibt gemäß der Studie ziemlich konstant bei etwa 12 Euro pro Einheit. Den höchsten Preis hat der unbegleitete Kombinierte Verkehr im Inland mit 35 Euro pro Einheit. Am zweit teuersten ist die RoLa mit 21 Euro pro Einheit, wobei hier keine Differenzierung zwischen den Verkehrsarten erfolgt. Generell lässt sich sagen, dass Inlandsverkehr teurer als Quell- oder Zielverkehr ist und Transitverkehr in der Berechnung am günstigsten scheint. Auch ist der Einzelwagenverkehr günstiger als der Kombinierte Verkehr. Im Quell- und Zielverkehr ist dieser mit 10 Euro pro Einheit sogar günstiger als ein Transport auf der Straße.

Insgesamt zeigt sich, dass der Transport per LKW im Durchschnitt günstiger ist als auf der Schiene. Da es sich in der vorliegenden Studie ausschließlich um Durchschnittswerte handelt, ist der Preisvorteil der Schiene bei großen Distanzen nicht ablesbar.

Einige Gründe für die ungleichen Kosten werden unter dem Punkt ‚Systembedingte Hindernisse‘ in Kapitel 3.2.1 näher beschrieben.

3.2.8 DISTANZ

Bei der Beurteilung des Faktors Distanz gibt es zwei relevante Faktoren. Der eine ist die Distanz, die ein Gut zurücklegen muss, damit ein Transport auf der Schiene attraktiver als per LKW ist. Der andere ist die Distanz,

die ein Gut maximal vom jeweiligen Betriebsstandort bis zur nächsten allgemein zugänglichen Schienenzugangsmöglichkeit zurückzulegen darf, damit ein Transport auf der Schiene noch in Frage kommt. Diese Frage stellt sich bei Betriebsstandorten mit eigenem Anschlussgleis jedoch nicht.

Meist wird davon ausgegangen, dass Schienengüterverkehr ab einer zurückgelegten Distanz von 200 bis 300 km rentabel ist. Im Kombinierten Verkehr braucht es sogar eine Distanz von über 400 km, da der Vor- und Nachlauf die Kosten erhöht. Ein Grund dafür sind höhere Fixkosten sowie die geringen Grenzkosten und variablen Kosten im Schienengüterverkehr, die durch hohe Anschaffungskosten, aber geringen Energie- und Personalkosten bedingt werden (vgl. Wittenbrink 2012, S. 16).

Je nach Branche ist für die Strecke zwischen Unternehmen und Schienenzugangsmöglichkeit eine unterschiedliche Entfernungssensibilität erkennbar, wie eine Studie von Herry Consult erforschte. Die Ergebnisse werden mit einem Distanzfaktor angegeben. Dieser liegt bei 1 liegt, wenn der Großteil der Unternehmen einer Branche bereit ist, eine Distanz x von Schienenzugangspunkt zu Unternehmensstandort zurückzulegen. Bei einem Distanzfaktor von 0 ist kein Unternehmen einer Branche bereit, die Distanz x zurückzulegen.

Es zeigt sich, dass die Sektoren Bergbau und Bau potenziell die größten Distanzen bis zum Verladebahnhof zurücklegen würden. Bei diesen liegt der Distanzfaktor bis zu einer Distanz von ca. 10 km bei 1. Erst bei einer Entfernung von etwa 30 km sinkt der Distanzfaktor auf 0. Eine sehr hohe Distanzsensitivität haben hingegen Land- und Forstwirtschaft, Energieversorgung, Wasserversorgung und Abfallentsorgung und Branchen im Kfz-Bereich. Deren Distanzfaktor liegt bis etwa 5 km bei 1 und bei einer Entfernung von ungefähr 15 km bei 0 (vgl. Herry Consult, Verracon GmbH 2017, S. 17). Gerade diese Branchen haben trotzdem eine insgesamt hohe Bahnaffinität, weshalb es wahrscheinlich ist, dass einige Betriebe zum Beispiel über eigene Anschlussbahnen einen sehr guten Zugang zu Schieneninfrastruktur haben.

Rein die räumliche Nähe zu Schieneninfrastruktur generell reicht jedoch auch noch nicht für eine sichere Nutzungsmöglichkeit, da manche Strecken beispielsweise von Personenverkehren zu stark frequentiert sein können.

3.2.9 TRANSPORTDAUER UND ZEITMANAGEMENT

Der Transport auf der Schiene ist wenig flexibel und braucht eine längere Vorlaufzeit als per LKW (vgl. BMVI 2019b). In internationaler Literatur wird dabei von fünf Tagen gesprochen (vgl. Trialog Publishers Verlagsgesellschaft 2017). Die maximale Entfernung, die ein Güterwagen in Deutschland pro Nacht zurücklegen kann, beträgt 200 km. Dadurch beträgt die tatsächliche Transportdauer zwischen Abholzeit und Zustellung in etwa 36 Stunden, was gegenüber einem Transport mit dem LKW ebenfalls sehr lange ist (vgl. Siegmann/Stuhr nach BMVI 2018; BMVI 2018b).

In Österreich wird ein großer Wert auf die garantierte Zustellung in der Früh an Tag C ab der Abfahrt gelegt. Das entspricht im schnellstmöglichen Fall auch in etwa 36 Stunden. Diese Zahl sagt laut Dolezal jedoch noch nicht viel über die tatsächliche Verfügbarkeit der Ladung am Zielort aus, da nicht alle Züge gleichzeitig entladen werden können und bis zum Abschluss der Entladung des letzten Zuges bis zu 6 Stunden vergehen können (vgl. Dolezal 2020).

Eine weitere Einschränkung bei der Verkehrsmittelwahl sind produktionsprozessspezifische Transportanforderungen, zum Beispiel eine Lieferung Just-In-Time. Das kann ein ausschlaggebender Faktor bei der Verkehrsmittelwahl sein (vgl. Hörl u. a. 2011, S. 17 f.). Wird eine Just-In-Time-Lieferung in einem Produktionsprozess eingeplant, beispielsweise um Lagerkosten zu reduzieren, führt das außerdem zu sehr kleinteiligen Sendungsgrößen. Diese werden eher mit dem LKW als mit der Bahn transportiert (vgl. VCÖ 2017, S. 15). Auch bei größeren Warenmengen, bei denen ein Bahntransport sinnvoll wäre, ist eine ähnliche Vorgangsweise aus logistischen Gründen kaum möglich (vgl. Dolezal 2020).

3.2.10 WEICHE FAKTOREN

Manche Faktoren zu Bahnaffinität können quantitativ nicht gemessen werden und können somit als weiche Faktoren bezeichnet werden. Dazu gehören zum Beispiel grundsätzlich branchenübliche Logistikprozesse, die durch die Kundenzufriedenheit getrieben werden (vgl. Hörl u. a. 2011, S. 18).

Es ist auch möglich, dass persönliche Kontakte und eine individuelle Beratung bei der endgültigen Verkehrsmittelwahl eine Rolle spielen (vgl. Becker 2014, S. 67f. nach RE Trans 2017, S. 16).

Ein anderer möglicher Faktor bei der Verkehrsmittelwahl ist der Umweltgedanke. Einzelne Unternehmen werben damit, dass ihr Gütertransport umweltfreundlich mit der Bahn erfolgt. Die endgültige Entscheidung wird jedoch nicht aufgrund dieses Faktors gefällt (vgl. Dolezal 2020). Zukünftige Innovationen bezüglich umweltfreundlicher und ressourcensparender LKW könnten zukünftig den Vorteil der Bahn hinsichtlich CO₂-Verbrauch auch wieder zunichte machen.

3.3 ENTWICKLUNGEN IM TRANSPORTBEREICH

Für eine Orientierung über künftige Entwicklungen in schienenrelevanten Branchen und der Transportbranche an sich wird im folgenden Kapitel ein Überblick über Trends, Entwicklungen sowie politische Ziele gegeben. Die Verbreitung von Innovationen, deren Auswirkungen und zeitliche Umsetzung sind jedoch schwer abschätzbar.

3.3.1 PRODUZIERENDE BRANCHEN

Durch den Strukturwandel und der damit verbundenen veränderten Produktionsstruktur ergeben sich auch Auswirkungen auf das Güterverkehrsaufkommen. Durch Spezialisierungen und sektorale Veränderungen werden immer mehr leichte, hochwertige Güter transportiert, während der Transport von schweren Massengütern zurückgeht. Das wird auch als Güterstruktureffekt bezeichnet (vgl. Schröder 2000, S. 86).

Güter, die traditionell mit dem Zug transportiert wurden, wie zum Beispiel Kohle, fallen zunehmend weg. Kleinteilige Sendungen, etwa auch Bestellungen aus dem Einzelhandel, nehmen zu. Diese sind jedoch aufgrund der geforderten kurzen Lieferdauer und ihrer kleinteiligen Struktur wenig für einen Transport auf der Schiene geeignet.

In der Abfall- und Recyclingbranche, die zunehmend eher an Relevanz gewinnen wird, ist ein hoher Bahnanteil zu beobachten. Die Bahn fokussiert diesen Bereich, etwa beim Glasrecycling, auch gezielt. So können sich auch einige zukünftig wachsende Bahntransportbranchen ergeben (vgl. Fehringer 2018; ÖBB-Konzern 2020).

Zum Transport von Wasserstoff eignet sich grundsätzlich die Bahn und kann wahrscheinlich sogar etwas kostengünstiger als ein Transport per LKW sein. Außerdem hat diese den Vorteil, dass das durch Wasserstoff eingesparte CO₂ nicht durch eine Anlieferung per LKW emittiert wird. Bisher wurde die Machbarkeit nur in einer Studie theoretisch getestet, erste Pilotprojekte sind jedoch in Planung (vgl. DB Energie GmbH 2020).

Es zeigt sich an einzelnen Pilotprojekten, dass auch in einer klassischerweise nicht schienenaffinen Branche die Transportprozesse so verändert werden können, dass ein Transport über die Schiene zumindest als kombinierter Verkehr möglich ist. Etablieren sich solche Projekte, ist es möglich, dass durch die Ausweitung des Schienentransportes auf weitere Branchen der Schienenverkehrsanteil insgesamt steigt.

Das zeigt zum Beispiel ein Projekt aus der Schweiz, wo ein großer Einzelhändler seinen Warentransport seit ca. 2015 über den kombinierten Verkehr abwickelt. Gründe für die Verlagerung waren nicht nur das Umweltziel des Unternehmens, sondern auch der steigende Verkehr auf der Straße, die damit verbundene Unpünktlichkeit sowie das Nachfahrverbot für LKW. Die verwendeten Güterzüge sind vergleichsweise leicht und mit 250 m auch kurz, wodurch sie bis zu 120 km/h schnell fahren können. Die Steigerung der Geschwindigkeit auf das von S-Bahnen ermöglicht auch eine Führung auf deren Strecken. Ein Zug ersetzt in diesem Fall etwa 28 LKW.

Die zurückgelegten Strecken mit dem Güterzug sind durchschnittlich nur 100 km lang, trotzdem ist der Transport nach Angaben des Unternehmens nicht teurer als der reine Straßenverkehr (vgl. Allianz pro Schiene 2017). Ein Erfolgsfaktor ist die einfache und schnelle Umschlagtechnik, die auch in Kapitel 2.3.6 erwähnt wird. Das BMVIT sieht durchaus Potenzial ein solches System auch in Österreich umzusetzen (vgl. BMVIT 2014, S. 17). Bisher ist jedoch kein solches Projekt bekannt.

Ein deutscher Autohersteller hat die Anlieferung von Autoteilen aus Osteuropa nach Deutschland 2018 auf den Kombinierten Verkehr verlegt, die zuvor rein per LKW angeliefert wurden. Die Anlieferung erfolgt direkt in das Werk, wobei eine Lokomotive mit Last-Mile-Funktion eingesetzt wird. Diese verfügt über einen Akku, mit dem die letzte Meile auf einer nicht elektrisierten Strecke zurückgelegt werden kann (vgl. SmartRail Logistics 2018).

3.3.2 TRANSPORTBRANCHE

Dem Transportsektor als Branche wird in den kommenden Jahren ein weiterer Aufwärtstrend prognostiziert. Die Zuwächse bis 2030 im Straßengüterverkehr werden sich mit 1,3 % etwas verringern, während die Zuwächse im Schienengüterverkehr mit 1,4 % eher ansteigen werden. Auch die langfristige Prognose bis 2050 rechnet mit etwas größeren Zuwächsen auf der Schiene als auf der Straße, auf beiden Verkehrsträgern wird sich das Wachstum jedoch nur auf etwa 1 % verringern. Gründe dafür sind das geringere prognostizierte Wirtschaftswachstum, das stark mit dem Transportaufkommen zusammenhängt, ein gesättigter Markt im Güterverkehr und die gleichzeitig anwachsende Bedeutung des Dienstleistungssektors (vgl. UniCredit Bank Austria AG 2018, S. 12).

Sowohl in Österreich als auch in Europa ist der Straßengüterverkehr der dominante Sektor, was auch für die Zukunft prognostiziert wird. Auch wenn europaweit einige Zuwächse auf der Schiene prognostiziert werden, bleibt der LKW-Verkehr etwa durch den wachsenden Transport von Stückgütern der dominierende Güterverkehrsmodus (vgl. ebd., S. 13).

3.3.3 VERKEHRSPOLITISCHE ENTWICKLUNGEN

Der ‚Integrierte nationale Energie- und Klimaplan für Österreich‘ sieht grundsätzlich vor, die CO₂-Emissionen bis 2030 um 30 % gegenüber 2017 zu reduzieren (vgl. BMNT 2019, S. 72). Im Gesamtverkehrsplan 2025+ ist außerdem das Ziel festgehalten, bis 2025 40 % der Güter auf der Schiene zu transportieren (vgl. BMVIT 2012b, S. 7).

Die Verkehrsprognose für Österreich 2025+ prognostiziert einen Anstieg des Straßengüterverkehrs um 44 % von 2002 bis 2025, während für den Schienengüterverkehr ein relatives Gesamtwachstum von 83 % prognostiziert wird (vgl. TRAFICO u. a. 2009, S. 27 f.). Eine aktuellere Prognose ist derzeit nicht verfügbar. Mit der Prognose für 2040+ wurde im Jahr 2019 begonnen, Ergebnisse werden nicht vor 2022 erwartet (vgl. BMVIT 2019e).

Einen Einfluss auf die Güterverkehrsentwicklung kann die von Österreich angestrebte EU-weite Eurovignetten-Richtlinie haben. Diese soll unter Berücksichtigung der Kostenwahrheit europaweit einheitliche Preise für den Straßengüterverkehr festlegen. Dabei sollen die durch den Straßengüterverkehr entstehenden externen Kosten internalisiert werden (vgl. BMNT 2019, S. 66). Weitere europaweit angestrebte Maßnahmen sind der Ausbau der TEN-Netze und die Adaptierung der Eisenbahngesetze dahingehend, dass eine langfristige Finanzierung der Eisenbahninfrastruktur möglich ist (vgl. ebd., S. 67).

Ziel des nationalen Klima- und Energieplans ist auch die Umsetzung des von der ÖBB konzipierten Zielnetzes. Die finanzielle Unterstützung durch den Bund wird im Klima- und Energieplan zugesichert. Eines der darin enthaltenen Ziele ist, die Wettbewerbsfähigkeit des Güterverkehrs auf der Schiene zu stärken (vgl. ebd., S. 113).

Der nationale Energie- und Klimaplan sieht eine Förderung von multimodalen Güterverkehrszentren vor, durch die mehr Güter von der Straße auf die Schiene kommen sollen (vgl. ebd., S. 121). Bereits heute hat Österreich

einen relativ hohen Anteil an Kombiniertem Güterverkehr im Güterverkehrsmix. Dieser wird laut Prognose des BMVIT aus dem Jahr 2012 auch in Zukunft noch weiter steigen. Ein Grund dafür ist der umweltschonende und effiziente Transport auf langer Strecke und die Möglichkeit der kleinräumigeren Verteilung per LKW (vgl. BMVIT 2014, S. 12 ff.).

Bei der Prognose aus dem BMVIT-Bericht stehen Daten bis 2010 zur Verfügung, darüber hinaus wird das Aufkommen im unbegleiteten Kombinierten Verkehr prognostiziert. Die tatsächlichen Werte für 2015 entsprechen in etwa dem unteren Drittel der prognostizierten Bandbreite (vgl. International Union of Railways 2017, S. 12; BMVIT 2014, S. 14). Es braucht einerseits technische Entwicklungen, um alle nachgefragten Ladungen bearbeiten zu können, andererseits braucht es Innovationen, um weitere Nachfrager generieren zu können und das prognostizierte Wachstum zu erreichen. Auf einige möglicherweise ausschlaggebende Innovationen wird bereits in Kapitel 2.3.6 eingegangen.

4 MODELLERSTELLUNG



4.1 GRUNDLAGEN UND METHODIK

Aufbauend auf dem theoretischen Wissen der vorhergehenden Kapitel wird ein GIS-Modell entwickelt, durch das Zonen mit Betriebsgebieten mit einer räumlichen Lage im definierten Einzugsbereich von Schienenzugungsmöglichkeiten (also einer Betriebsstelle mit Lademöglichkeit oder eines Anschlussbahngleises) und einer als schienenaffin identifizierten Branche verortet werden können. GIS steht für Geoinformationssysteme oder Geographische Informationssysteme und bezeichnet die räumliche Datenverarbeitung und Analyse mittels eines Computerprogrammes. Die Modellentwicklung und Anwendung im Rahmen dieser Arbeit wird mit Datenstand 2019 durchgeführt.

Die Erstellung des Modells erfolgt in dem frei zugänglichen Geoinformationsprogramm QGIS (Version 3.10). Das Programm wird in seiner englischen Version verwendet, da die meisten Informationen, Anleitungen und Foren zum Thema GIS auf Englisch sind, außerdem um Probleme durch unklare Übersetzungen zu vermeiden. Aus diesem Grund werden bei der Beschreibung der Vorgangsweise und der verwendeten Tools auch die englischen Begriffe beibehalten.

Die Zusammenhänge aller in Kapitel 4 beschriebenen Ausgangsdaten, Modelle und Berechnungsschritte zeigt Abbildung 43 am Ende des Kapitels auf Seite 88.

4.1.1 GRAPHICAL MODELER

Das GIS-Modell wird mithilfe des Graphical Modeler, auch Processing Modeler, aufgebaut. Dabei handelt es sich sowohl um ein Tool, mit dem eine Abfolge an Analyseschritten festgelegt werden kann, als auch um eine übersichtliche grafische Darstellung dieses Ablaufs (vgl. Documentation QGIS 3.4 2020). Die Prozesse werden als mit Pfeilen verbundene Rechtecke dargestellt. Input-Parameter, das können sowohl Layer als auch Formeln oder Zahlen sein, werden gelb dargestellt, die Funktion selbst weiß und ein gespeichertes Ergebnis grün.

Bei einem Modell handelt es sich um einen festgelegten Ablauf der Analyseschritte. Welche konkreten Eingangsparameter für die Analyse verwendet werden, wird erst festgelegt, wenn das Modell gestartet wird. Das hat den Vorteil, dass das Modell mit variablen Eingangsparametern nach derselben Methode immer wieder durchgeführt werden kann. Ein praktischer Anwendungsfall ist zum Beispiel ein Modell, mit dem die Bevölkerung im Einzugsbereich eines Supermarktes errechnet wird. Diese Analyse kann mithilfe eines Modells und eines räumlichen Bevölkerungsdatensatzes aus 2015 und 2020 für beide Jahre errechnet werden. Es muss nur beim Start des Modells der Datensatz aus dem jeweiligen Jahr ausgewählt werden.

Die Berechnung erfolgt in mehreren aufeinander aufbauenden Modellen, da das die Fehlerbehebung und die teilweise Berechnung ab einem bestimmten Stand erleichtert. Die gespeicherten Ergebnisse eines Modells fließen also im nächsten Modell ein. Das bietet gegenüber einem gesamten Modell mit allen durchgeführten Modellen außerdem den Vorteil, dass für die Berechnung unveränderter Modellteile keine Zeit in Anspruch genommen wird. Umgekehrt hat es jedoch den Nachteil, dass eine genaue Dokumentation benötigt wird, um alle Analyseschritte korrekt durchführen zu können.

4.1.2 KOORDINATENSYSTEM

Das im Rahmen dieser Arbeit verwendete Koordinatensystem ist WGS 72 / UTM zone 33N (EPSG:32333). Ein UTM-Koordinatensystem ist Voraussetzung für die Berechnung von Isochronen in einem der verwendeten Plugins. Layer in einem anderen Koordinatensystem werden deshalb vor der weiteren Analyse mittels des Tools *Reproject layer* umprojiziert. Dieser Schritt ist in den gezeigten Processing Modellen erkennbar, wird jedoch nicht jedes Mal beschrieben.

4.1.3 GRAPHENTHEORIE

Das in der Realität bestehende Infrastrukturnetz hat eine gewisse Topographie, also einen Verlauf. Für die Berechnung von Routen oder Einzugsbereichen ist im Wesentlichen die Topologie, also der räumliche Zusammenhang zwischen Objekten, relevant. Diese Berechnung erfolgt durch Graphen. Eine beispielhafte Darstellung davon zeigt Abbildung 24.

Graphen bestehen aus Kanten, die jeweils über Knoten verbunden sind. So werden Nachbarschaftsbeziehungen im Raum definiert. In einem Straßennetz zum Beispiel ist eine Straße eine Kante und eine Kreuzung oder Einmündung ein Knoten.

Ein Graph kann gerichtet oder ungerichtet sein. Einen gerichteten Graphen kann man sich in der Praxis als Einbahnstraße vorstellen, ein ungerichteter Graph ist eine Straße auf der man in beide Richtungen fahren kann. Es gibt jedoch auch Netzwerke, in denen eine Straße mit zwei Richtungen mit zwei symmetrischen, entgegengesetzt gerichteten Graphen implementiert wird.

Die Graphentheorie bildet die Grundlage für Netzwerkanalysen, also etwa die Berechnung von Routen oder Einzugsbereichen.

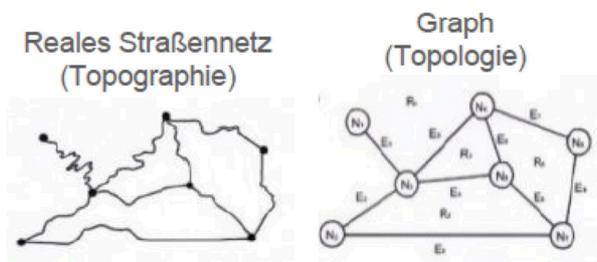


Abbildung 24: Vergleich zwischen Topographie und Topologie (Giffinger, Kramar, Suitner 2016, S. 2)

4.1.4 NETZWERKANALYSE

In Geoinformationsprogrammen gibt es Tools, die unter dem Begriff ‚Network Analyst‘ (‚Netzwerkanalyse‘) zusammengefasst werden können. Die Berechnung erfolgt aufbauend auf der Logik der Graphentheorie. So kann zum Beispiel der kürzeste oder schnellste Weg zwischen zwei Punkten berechnet werden. Auch die Berechnung von Service Areas, also Einzugsbereichen/Isochronen, ist möglich. Die Berechnung erfolgt auf Basis eines Netzwerks, das kann zum Beispiel ein Straßennetz oder auch ein Bahnnetz sein.

Eine Service Area ist jener Bereich, der von einem Punkt aus innerhalb einer maximalen Zeit oder Distanz erreicht werden kann. Eine Isochrone ist, bildlich gesprochen, ausschließlich die äußere Umrandung der Service Area. Der Begriff wird bei Erreichbarkeitsanalysen jedoch häufig synonym verwendet.

Ein Beispiel aus dem Alltag ist etwa der Bereich, der innerhalb von 15 Minuten mit dem Fahrrad von einer Wohnung aus erreicht werden kann. Ein anderes Beispiel sind all jene Häuser, die 5 Kilometer von einem Supermarkt entfernt liegen. Der Unterschied zu einem Buffer liegt darin, dass einer Service Area ein Straßennetz zugrunde liegt und es sich nicht nur um einen Radius in Luftlinie handelt. Außerdem kann zwischen einer maximalen Distanz und einer maximalen Zeitspanne unterschieden werden, sofern in dem zugrunde liegenden Verkehrsnetz ein Geschwindigkeitsparameter hinterlegt ist. Andernfalls kann auch eine Standardgeschwindigkeit angegeben werden. So erreicht man im Vergleich zu einem Buffer genauere und mit den Verhältnissen in der Realität übereinstimmende Ergebnisse.

Ein Beispiel zu den unterschiedlichen Ergebnissen zeigt Abbildung 25. Dort ist erkennbar, dass in den 1 km Radius des Buffers auch Straßen fallen, die in der Realität innerhalb von einem Kilometer zurückgelegter Distanz nicht erreicht werden können. Das zeigt auch die dargestellte Isochrone (eigentlich Service Area) mit einer Distanz von ebenfalls maximal 1 km.

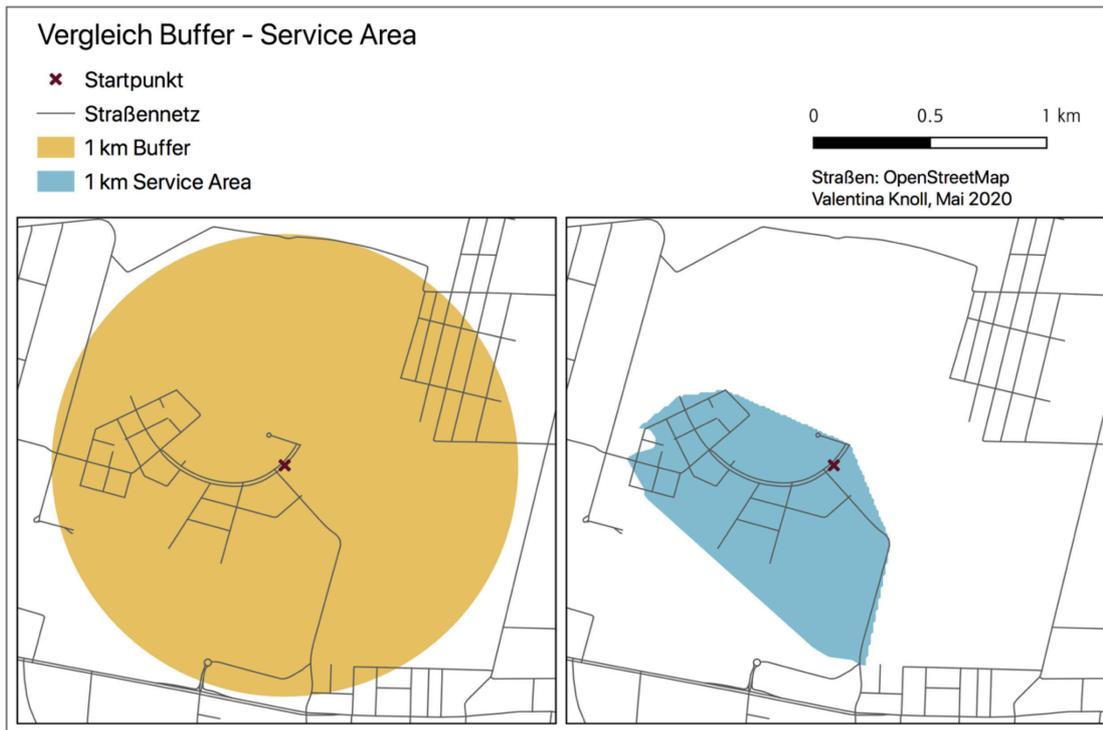


Abbildung 25: Vergleich zwischen Buffer und Service Area
(Datenquelle OpenStreetMap contributors 2020, eigene Darstellung)

4.2 DATENGRUNDLAGEN UND DATENQUALITÄT

Im Folgenden werden die für die GIS-Analyse verwendeten Daten erläutert. Es werden die Datenherkunft und die Dateninhalte beschrieben sowie eine Überprüfung der Datenqualität vorgenommen. Daraus folgt eine Beurteilung, wie valide die Daten sind und was bei der weiteren Verwendung sowie bei der Interpretation der Ergebnisse beachtet werden muss.

4.2.1 ÖBB-INFRA

SCHIENENNNetz (SYSTEMTRASSEN)

Von der ÖBB-Infra wurde das österreichische Schienennetz auf Basis der GIP (Graphenintegrations-Plattform) als Shape-Datei im Rahmen dieser Arbeit zur Verfügung gestellt. Über die GIP sind diese Daten auch frei verfügbar, es ist jedoch eine Aufbereitung der Daten notwendig (vgl. ÖV DAT - Österreichisches Institut für Verkehrsdateninfrastruktur 2020). Die verwendeten Daten sind vom Stand 2019.

Das Schienennetz der GIP ist größtenteils nicht gleisgenau, sondern entspricht eher den von den ÖBB-Infra verwendeten Systemtrassen. Systemtrassen sind wichtige Zugverbindungen, jedoch keine realen, einzelnen Gleise. Eine Darstellung in mehreren Gleisen erfolgt nur, wenn es für die Planung des Netzes notwendig ist, etwa am Wiener Hauptbahnhof für die Unterscheidung zwischen Gleis 1 und 2 für die Stammstrecke der Wiener S-Bahn und den übrigen oberirdischen Gleisen anderer Strecken. Die Daten von OSM (OpenStreetMap) sind hingegen gleisgenau (eine genauere Erläuterung zu diesen Daten erfolgt in Kapitel 4.2.2). Die Unterschiede zeigt Abbildung 26, wo im Bereich des Wiener Hauptbahnhofs beide Schienennetze in einer Karte dargestellt sind.

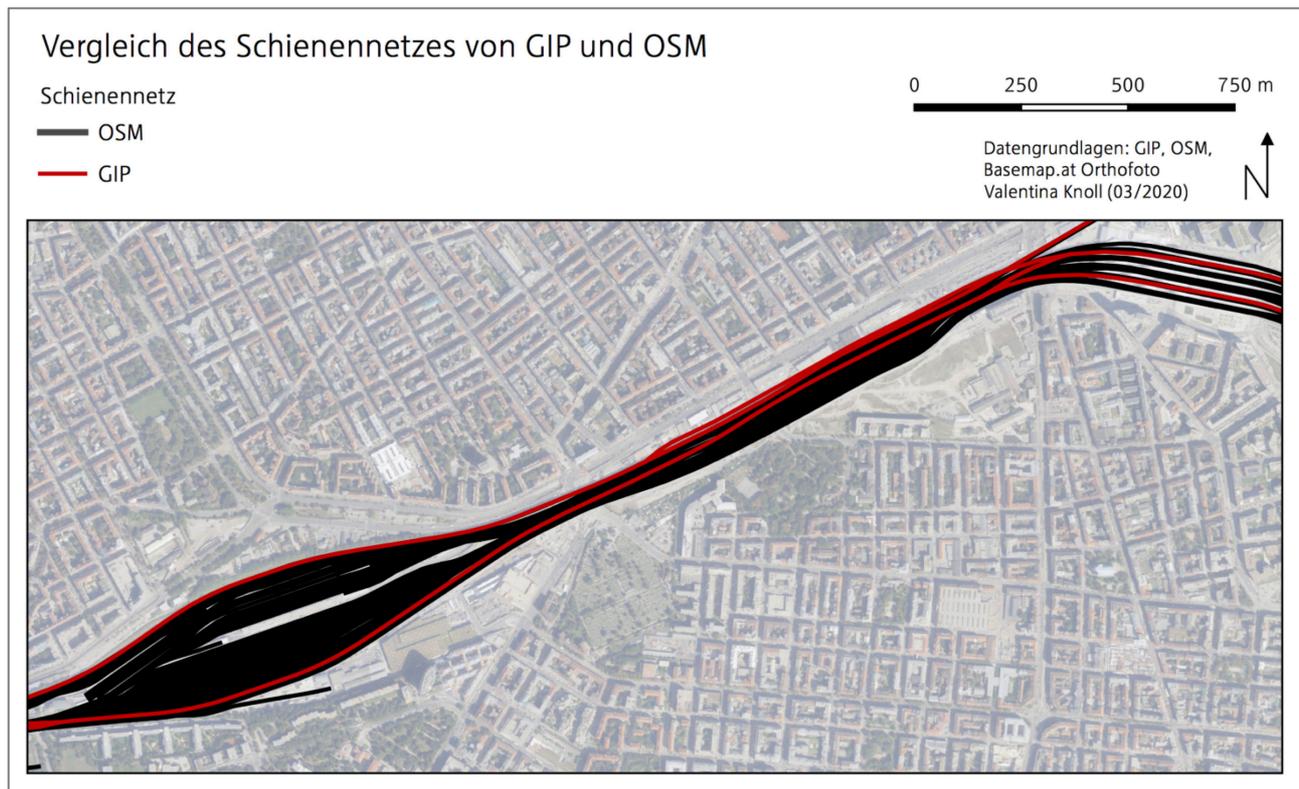


Abbildung 26: Unterschied zwischen Schienennetz von GIP und OSM
(Datenquelle basemap.at 2020; GIP von ÖBB-Infra, eigene Darstellung)

ANSCHLUSSBAHNEN

Eine Liste der Anschlussbahnen in Österreich wurde von der ÖBB-Infra zur Verwendung im Rahmen dieser Arbeit zur Verfügung gestellt. Die Liste aus dem Jahr 2019 umfasst den Namen der Anschlussbahn, die zugehörige Betriebsstelle, den Status der Anschlussbahn (in Betrieb, abgetragen, gekündigt, geplant, gesperrt), die Lage basierend auf der Kilometrierung der zugehörigen Strecke und die Anzahl der beigestellten Wagen. Etwa 900 Anschlussbahnen aus der Liste sind in Betrieb. Diese bereitgestellte Liste entspricht nicht der in Kapitel 2.3.3 thematisierte öffentlichen Liste von Anschlussbahnen, die als Auszug bezeichnet ist und auch keine Daten zum Aufkommen enthält.

Räumliche Daten über den genauen Verlauf der Anschlussbahn oder Koordinaten zur genauen Lage, wo der Anschluss an das Hauptnetz erfolgt, sind in der Liste der Anschlussbahnen von 2019 nicht enthalten. Es kann nur eine Annäherung über die Lagekilometer erfolgen. Der Datensatz ist nicht vollständig, es fehlen bei 282 der in Betrieb befindlichen Bahnen Daten dazu. Es wurde jedoch eine Shape-Datei mit Anschlussbahnen aus dem Jahr 2019 im Rahmen der Arbeit von der ÖBB-Infra zur Verfügung gestellt, die Daten in Punktform zu den Anschlussbahnen enthält. Der Punkt ist an jener Stelle lokalisiert, wo das Gleis der Anschlussbahn vom Hauptnetz abzweigt. Anhand des Namens der Anschlussbahn kann so allen bis auf 43 Anschlussbahnen aus der Liste eine räumliche Lokalisierung zugeordnet werden, die nicht zugeordneten Anschlussbahnen können in der weiteren Analyse nicht berücksichtigt werden.

Auf (anderen) 43 der in Betrieb befindlichen Anschlussbahnen wurde 2019 kein Wagen bereitgestellt (0), bei 378 der in Betrieb befindlichen Anschlussbahnen fehlt dieser Eintrag (NULL). Manche der Anschlussbahnen, deren Status ‚abgetragen‘ oder ‚gekündigt‘ ist, haben eine relativ hohe Anzahl an beigestellten Wagen eingetragen. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die Daten nicht in allen Fällen korrekt sind.

Die Daten sind für die Analyse relevant, da davon ausgegangen werden kann, dass ein Standort mit einer bereits existenten Anschlussbahn eine höhere Attraktivität für die Nutzung von Schienengüterverkehr hat, da der Neubau als großes Hindernis betrachtet werden kann. Diese Annahme besteht unabhängig davon, wie

stark der Anschluss bisher genutzt ist. In der Modellberechnung wird davon ausgegangen, dass die Anschlussbahn auch für andere Unternehmen zugänglich ist bzw. dass das Verlegen eines weiteren Abzweigers in unmittelbarer Nähe ein größeres Potenzial hat, als ein völlig neues Anschlussgleis vom Hauptgleis abzweigen zu lassen.

GÜTERVERKEHRSANLAGEN

Von der ÖBB-Infra wurde eine Datei mit Betriebsstellen zur Verfügung gestellt. Diese enthalten auch betriebliche Informationen, etwa ob es sich um einen Bahnhof, eine Haltestelle oder einen Verschiebbahnhof handelt. In Verbindung damit wurde außerdem eine Liste mit Betriebsstellen mit Verlademöglichkeit für Güter zur Verfügung gestellt (‘Fahrverschiebbereiche’). Diese Daten spielen deshalb eine Rolle, da für die Nutzung von Schienengüterverkehr sich unter anderem eine Lademöglichkeit in der Nähe befinden muss, ohne dass ein allzu langer Weg zurückzulegen ist. Es ist also davon auszugehen, dass sich die räumliche Nähe zu einem Fahrverschiebbereich positiv auf die Möglichkeiten zur Nutzung von Schienengüterverkehr auswirken kann.

In Kapitel 2.3.3 wurde die Unterscheidung der ÖBB-Infra zwischen Verschiebknoten, Verschiebstandorten und Bedienbahnhöfen näher erläutert. Die vorhandenen Daten zur unterschiedlichen hierarchischen Gliederung der Güterverkehrsanlagen können in einer Weiterentwicklung des Modells zur Einordnung wie gut ein Knoten angebunden ist verwendet werden. Im erstellten Modell im Rahmen dieser Arbeit werden sie jedoch nicht berücksichtigt, da dafür erst eine nähere Erforschung der jeweiligen Eigenschaften notwendig wäre.

4.2.2 OPENSTREETMAP

OpenStreetMap ist eine Seite mit geographischen Daten unter einer open-content Lizenz, die von Freiwilligen erstellt wurde (vgl. OpenStreetMap Wiki contributors 2019a). Daten aus OpenStreetMap können als Volunteered Geographic Information, kurz VGI, bezeichnet werden. Bei dieser Art der Datenerhebung fügen Personen, die im geographischen Sinne großteils Laien sind, selbst Daten einer Karte hinzu (vgl. Metzger 2008, S. 139). So erstellte Karten haben im Gegensatz zu herkömmlich erstellten Karten einige Vorteile, etwa eine größere Informationsdichte, die Aktualität der Daten und ein Verständnis der lokalen Gegebenheiten bei der Kartierung. Kritisch zu sehen sind durch VGI erhobene Daten in Bezug auf ihre Zuverlässigkeit und Qualität. Die Datenqualität ist bei der Erfassung durch Laien nicht garantiert, es fehlt außerdem eine Kontrollinstanz, die sich um die nötige Datenqualität kümmert. Durch teilweise fehlende Quellen oder Autorenschaft kann die Datenqualität außerdem nur schwer nach den üblichen wissenschaftlichen Methoden überprüft werden (vgl. ebd., S. 139 f.). Aus diesem Grund werden die Daten im Rahmen dieser Arbeit soweit möglich mit einer zweiten Datenquelle abgeglichen, um so die Datenqualität zu ermitteln. Der maßgebliche Vorteil von OSM-Daten ist vor allem deren kostenlose und einfache Verfügbarkeit und im Falle dieser Arbeit auch der Detaillierungsgrad, da das Bahnnetz gleisgenau zur Verfügung steht.

Die Klassifizierung von Objekten in OpenStreetMap funktioniert über sogenannte *tags*. Jeder tag besteht aus zwei Elementen, dem *key* und dem *value*. Diese werden in dem Format *key=value* zusammengesetzt. Der *key* bezieht sich auf ein Thema oder eine Kategorie, zum Beispiel *highway*, *name* oder *railway*. Durch das *value* wird das konkrete Element näher beschrieben, zum Beispiel *name=Praterstern* oder *railway=abandoned* (vgl. OpenStreetMap Wiki contributors 2019e). Ein Objekt kann mehrere tags beinhalten, zum Beispiel bei einem Schienenabschnitt: *name=Südbahn*, *railway=rail*, *osm_type=way*. Wie viele der tags vollständig sind, hängt von den Freiwilligen ab, die das Objekt kartographiert haben.

Die Daten von OpenStreetMap können zum Beispiel in QGIS mithilfe des Plugins ‚QuickOSM‘ als Shape-File heruntergeladen werden. Die Daten sind im Vektor-Format und somit entweder Punkte, Linien oder Polygone. Die meisten der so heruntergeladenen OSM-Datensätze enthalten mehr als 100 Spalten mit tags, die aber beim

Großteil der Datensätze leer sind und für die Analyse nicht benötigt werden. Diese Spalten werden vor Verwendung der Daten gelöscht, wodurch die Datenverarbeitung schneller erfolgen kann.

SCHIENENNETZ (GLEISGENAU)

Eisenbahninfrastruktur wird mit dem key ‚railway‘ klassifiziert. Tabelle 1 zeigt einige dazugehörige relevante values und deren Bedeutung. Weitere für die Arbeit nicht relevante Teile des Schienennetzes sind etwa Bahnsteige oder Straßenbahn- und U-Bahnnetze.

VALUE	BEDEUTUNG
abandoned	Eine frühere Bahnstrecke; die Schieneninfrastruktur wurde bereits entfernt, die ehemalige Trasse ist jedoch noch erkennbar
construction	Eine im Bau befindliche Strecke
disused	Eine Strecke, die nicht mehr verwendet wird, auf der die Schieneninfrastruktur jedoch noch erhalten ist
light_rail	Eine hochrangige Straßenbahn mit einer ähnlichen Qualität wie eine S-Bahn, zum Beispiel die Badner Bahn
preserved	Bahnstrecke für Zugfahrten mit historischen Zügen als Touristenattraktion
rail	Schienennetz in landesüblicher Spurweite für Personen- oder Güterverkehr
razed	Ehemalige Eisenbahntrasse, die aber in der Realität als solche nicht mehr erkennbar ist, da sie zum Beispiel verbaut wurde

Tabelle 1: Relevante OSM values zum key ‚railway‘
(vgl. OpenStreetMap Wiki contributors 2018, 2019c, eigene Darstellung)

Für Schienennetze gibt es seit 2013 von OpenStreetMap das Projekt OpenRailwayMap. In dieser Karte können Informationen zu Schienennetzen detailreich und in einem eigenen Schema erfasst werden. Ziel ist nicht nur die Erfassung des Schienennetzes, sondern auch von Signalen, Bahnsteigen und Eigenschaften der Strecke (vgl. OpenStreetMap Wiki contributors 2019d). Durch diesen Fokus auf Bahninfrastruktur ist von einer gewissen Grundqualität der Daten auszugehen.

Anhand einer räumlichen Analyse wurde die Vollständigkeit des Schienennetzes aus OpenStreetMap mithilfe der Schienendaten der ÖBB für ganz Österreich überprüft. Dazu wurden die linienförmigen OSM-Bahnstrecken um 100 Meter gebuffert, um Unterschiede bei der Kartierung als Grund für eine Unvollständigkeit auszuschließen. Diese Unterschiede entstehen zum Beispiel dadurch, dass OpenStreetMap einzelne Gleise erfasst, während in der verwendeten Datei der ÖBB Systemtrassen verwendet wurden, die keine einzelnen Gleise beinhalten. Die Daten wurden mithilfe der Funktion *Difference* verschnitten. Dabei dienen die Daten der ÖBB als Input-Layer und die gebufferten Daten von OSM als Overlay. Mithilfe der Funktion *Difference* werden jene Bereiche gefunden, in denen der Input-Layer nicht von dem Overlay-Layer überlagert wird. Das zur Berechnung verwendete QGIS-Modell ist in Abbildung 27 dargestellt.

Anhand der Analyse lässt sich feststellen, dass das Schienennetz der ÖBB-Infra beinahe vollständig auf OpenStreetMap erfasst ist. Unvollständig ist das Netz von OSM lediglich in einem Bereich in Linz, wo einige Meter Strecke an einem Kopfbahngleis fehlen. Auch an zwei Stellen im Bereich von Neubaustrecken zeigte die Analyse einen Unterschied an, dieser ist jedoch nicht auf eine Abweichung in der Realität, sondern auf eine leicht abweichende Kartierung von in Planung befindlichen Strecken auf OSM zurückzuführen.

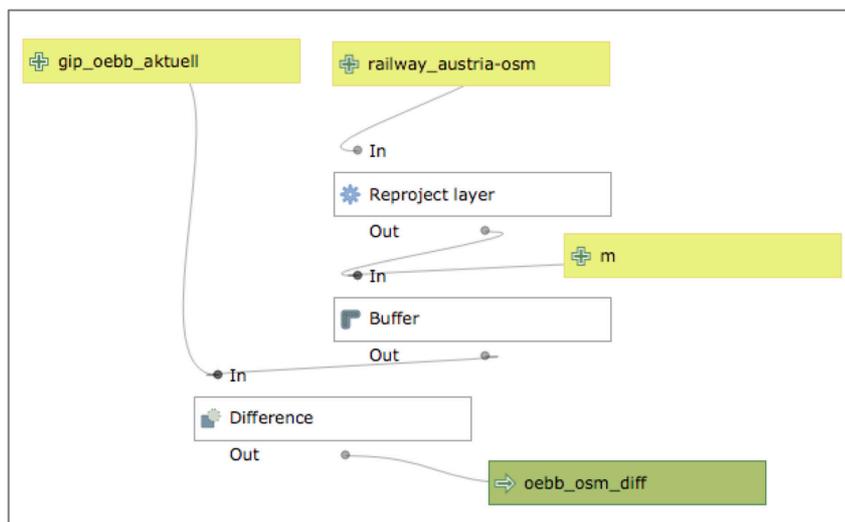


Abbildung 27: ‚osm_dataquality‘ – Modell zur Überprüfung der Datenqualität des OSM-Schienennetzes (eigene Darstellung)

Insgesamt ist das Schienennetz auf OpenStreetMap weit umfangreicher als das bereitgestellte Netz der ÖBB-Infra, da es gleisgenau ist und auch Privatbahnen und aufgelassene Strecken enthalten sind. Da die Datenqualität für das Netz der ÖBB so hoch ist, kann davon ausgegangen werden, dass auch für das übrige Schienennetz die Datenqualität von OSM in ausreichender Qualität für die spätere räumliche Analyse vorliegt.

UNTERNEHMENSSTANDORTE

Unter den key ‚landuse‘ fallen unter anderem die values ‚commercial‘, ‚construction‘, ‚industrial‘, ‚residential‘ und ‚retail‘ bei grundsätzlich von Menschen entwickelten und genutzten Gebieten. Relevant für die Analyse sind die values ‚commercial‘, da es sich dabei um Unternehmensstandorte, Businessparks und Büros handelt, sowie ‚industrial‘, welches für Werkstätten, Fabriken und Lagerhallen verwendet wird (vgl. OpenStreetMap Wiki contributors 2019b). Für die Analyse sind ausschließlich die Polygone relevant, in den punktförmigen Daten werden Elemente wie Eingangstore oder Schranken lokalisiert, die für die Analyse keine Rolle spielen.

Die Datenqualität ist nicht so hoch wie beim Schienennetz, Namen der Unternehmen oder eine Klassifizierung fehlt häufig. Auch die Unterscheidung zwischen den values commercial und industrial ist nicht immer schlüssig. Zur sinnvollen Verwendung dieser Daten muss deshalb ein Abgleich bzw. eine Verschneidung mit dem Datensatz von Herold erfolgen.

STRAßENNNetz

Das Straßennetz hat auf OpenStreetMap den key ‚highway‘ mit mehreren values, die sich nach dem Rang der Straße von Autobahn bis Feldweg, aber auch nach deren Funktion richten, beispielsweise ob es eine Fußgängerzone ist.

Für die Analyse sind ausschließlich Straßen relevant, die von LKW befahren werden können, da bei Nicht-Vorhandensein eines Anschlussgleises auf Betriebsgrund die Ware zwischen Unternehmen und Zug transportiert werden muss. Die berücksichtigten values und deren Bedeutung sind in Tabelle 2 aufgelistet. Aufgrund der Größe der Dateien wurden die Geodaten für jedes Value einzeln heruntergeladen und müssen in der Datenaufbereitung zusammengeführt werden. Grundsätzlich muss jedoch auch festgehalten werden, dass die Klassifizierung nicht immer eindeutig ist, gerade was die Unterscheidung zwischen kleineren Straßentypen betrifft.

VALUE	BEDEUTUNG
motorway	Mehrere Spuren pro Richtung, baulich getrennt, Zugang nur an bestimmten Stellen möglich; entspricht österreichischen Autobahnen
trunk	Wichtige Straßenverbindungen eines Landes, die jedoch keine Autobahn sind; entspricht in Österreich Autostraßen
primary	Nächstwichtigste Straßenverbindungen in einem Land, die größere Städte verbinden; entspricht in Österreich etwa Landesstraßen B
secondary	Nächstwichtige Straßenverbindungen in einem Land, die mittelgroße Städte verbinden; entspricht in Österreich etwa gut ausgebauten Landesstraßen L
tertiary	Nächstwichtige Straßenverbindungen in einem Land, die kleinere Städte und Orte verbinden; entspricht in Österreich weniger ausgebauten Landesstraßen L und Vorrangstraßen
„_link	Value kommt in Verbindung mit allen bisher genannten values vor; dabei handelt es sich um Auf-/Abfahrten zu diesen Straßentypen
unclassified	Bezeichnung (übersetzt ‚nicht klassifiziert‘) hat historische Gründe; es handelt sich dabei nicht um Straßen, denen keine Klassifizierung zugeordnet wurde, sondern um weniger wichtige Straßenverbindungen; in Österreich entspricht dieser Datentyp zum Beispiel außerörtlichen Gemeindestraßen
residential	Innerörtliche Straßen, die zum Beispiel Wohngebiete erschließen und keine Verbindungsfunktion zwischen Orten haben

Tabelle 2: Relevante OSM values zu key ‚highway‘
(vgl. OpenStreetMap Wiki contributors 2020a, b, eigene Darstellung)

4.2.3 HEROLD

Der Herold-Datensatz beinhaltet Vektordaten im Punktformat zu Unternehmen³ in ganz Österreich und wurde von der ÖBB-Infra für Analysen im Rahmen der Arbeit zur Verfügung gestellt. Die Analyse wird mit dem Datensatz aus dem Jahr 2019 durchgeführt. Die Einträge beinhalten unter anderem die Bezeichnung der Firma, die Branche, die Adresse, Telefonnummer, E-Mail- und Webadresse, sowie eine genaue Kategorisierung der Unternehmen. Diese erfolgt nach ÖNACE Klasse mit Code und Bezeichnung. Die ÖNACE Klasse entspricht Ebene 5 der Genauigkeit der Klassifizierung, deren Code aus einem Buchstaben und 5 Ziffern besteht⁴.

Durch die Ausweisung von Unternehmen mit nur einer zugehörigen Adresse entsteht das Problem, dass es sich bei den angegebenen Daten in den meisten Fällen nur um die Unternehmenszentrale und nicht um den tatsächlichen Betriebsstandort, der ein Potenzial für eine Anlieferung per Schienengüterverkehr hätte, handelt. Aus Mangel an Verfügbarkeit anderer Daten werden diese trotzdem zur Entwicklung und Anwendung des Modells verwendet.

Es ist außerdem zu beachten, dass nicht bei allen Datensätzen ein ÖNACE Code eingetragen ist. Bei einer Analyse rein basierend auf den Herold-Daten ist somit aus einem weiteren Grund kein vollständiges und völlig korrektes Ergebnis zu erwarten. Von insgesamt 428.404 Datensätzen fehlt bei 61.287 die Angabe ÖNACE Klasse. Das entspricht etwa 14 Prozent. Außerdem ist die Einteilung in ÖNACE Klassen im Gegensatz zu den aus dem Theorieteil gewonnenen Erkenntnissen zu detailreich. Deshalb wird im Rahmen der Datenaufbereitung die ÖNACE Abteilung herausgefiltert, die der Ebene 2 der Klassifizierung entspricht. Diese enthält die ersten 3 Stellen des ÖNACE Codes und besteht somit aus einem Buchstaben und 2 Zahlen.

³ In der Datenbeschreibung und auf der Website werden diese als „Firma“ bezeichnet. Da es sich bei einer Firma aber nur um den Namen des Unternehmens handelt, wird im Folgenden der Begriff Unternehmen verwendet.

⁴ Genaue Definition und Beispiel befinden sich im Glossar

Eine weitere Kategorisierung der Datensätze trägt die Bezeichnung HIC. Aus der Dokumentation über die Daten ist lediglich zu entnehmen, dass es sich dabei um die ‚Branchengruppe‘ handelt, wonach und durch wen diese definiert ist, wird nicht erläutert. Es weisen jedoch insgesamt nur 60 Datensätze keine Klassifizierung nach HIC auf, was etwa 1 Prozent entspricht. Für zukünftige Anwendungen kann auch das Potenzial dieser Kategorisierung überprüft werden.

4.3 DATENAUFBEREITUNG

Wie bereits in den vorhergehenden Kapiteln erläutert, haben die Ausgangsdaten einige Einschränkungen. Im Folgenden wird die für die Analyse notwendige Datenaufbereitung erläutert sowie welche Einschränkungen dadurch behoben werden und welche bestehen bleiben können.

4.3.1 OPENSTREETMAP SCHIENENHAUPTNETZ

Das Schienennetz auf OpenStreetMap enthält, wie bereits in Kapitel 4.2.2 beschrieben, gleisgenau neben dem Bahn-Hauptnetz viele verschiedene Arten von Schieneninfrastruktur, etwa Straßenbahnen, U-Bahnen, geplante Strecken oder ehemalige Bahntrassen. Zuerst werden für die weitere Analyse die values ‚rail‘ sowie ‚disused‘ herausgefiltert, da in dieser Kategorie die Gleisinfrastruktur noch besteht oder bei entsprechendem Bedarf eine Reaktivierung mit nur mittelgroßem Aufwand möglich ist. So bleibt ein schienengenaues Hauptnetz für Österreich bestehen (Datei ‚railway_hauptnetz‘).

Durch das Plugin *Check for Disconnected Islands* wird das zusammenhängende Schienennetz herausgefiltert. So werden unverbundene Gleisreste auf jeden Fall entfernt. Das Plugin erstellt eine Spalte in der Attributtabelle, in der verbundene Netzwerkteile dieselbe Nummer erhalten. So kann das Hauptnetzwerk, das die Nummer 0 zugeordnet bekommt, erhalten bleiben und alle anderen Schienenteile gelöscht werden. Da das Plugin nicht über ein Modell aufgerufen werden kann, werden die beschriebenen Schritte direkt in QGIS durchgeführt.

4.3.2 LOKALISIERUNG VON ANSCHLUSSBAHNEN

Aus betrieblicher Sicht der ÖBB-Infra ist vorrangig die Stelle mit der Weiche relevant, an der eine Anschlussbahn vom Hauptnetz abzweigt. Diese Stelle ist durch Lagekilometer auf einer Strecke in der Tabelle mit detaillierten Informationen zu den Anschlussbahnen 2019 ausgewiesen. Es steht außerdem ein Datensatz mit räumlichen Informationen, aber ohne weitere Angaben zu den Anschlussbahnen, zur Verfügung.

Ein Teil der Anschlussbahnen aus der Tabelle kann mittels *join⁵* den Punktdaten zugeordnet werden. Der join erfolgt über das Feld mit dem Namen der Anschlussbahn, das in der Tabelle und in dem räumlichen Datensatz gleich ist. So erhalten die räumlich verorteten Anschlussbahn-Abzweigungen weitere Informationen aus der Tabelle mit Anschlussbahnen.

Für die Analyse relevant ist jedoch nicht die Abzweigung der Anschlussbahn vom Hauptnetz, sondern deren Verlauf und vor allem Verzweigungen und deren Endpunkte, an denen sich meist ein Betriebsstandort und eine Möglichkeit zur Be- und Entladung von Zügen befinden. Der Verlauf der Anschlussbahn ist im von der ÖBB-Infra bereitgestellten Schienennetz großteils nicht enthalten, weshalb für diesen Teil der Analyse auf das aufbereitete Hauptnetz von OpenStreetMap zurückgegriffen wird.

⁵ die Verbindung von zwei Datensätzen anhand definierter Merkmale; entweder durch deren überschneidende räumliche Lage (spatial join) oder durch gleiche Merkmale in der Attributtabelle, zum Beispiel gleicher Name (table join)

Die im Folgenden beschriebene Methodik ist eine möglichst genaue Annäherung an die realen Gegebenheiten, kann jedoch mit den verfügbaren Daten nicht mit endgültiger Sicherheit die Realität abbilden. Dazu bräuchte es gesicherte räumliche Daten vom Verlauf der Anschlussbahnen.

Die meisten Anschlussbahnen sind „Sackgassen“, das heißt, dass sie irgendwo vom zusammenhängenden Hauptnetz abzweigen und die Schienen an einem Betriebsstandort enden. Dieser letzte Knoten am Ende der „Sackgasse“ wird in der Logik eines Netzwerks *dangle* genannt. Er ist mit nur einer, anstatt mit zwei oder mehr, Kanten verbunden und kann dadurch identifiziert werden.

Das erfolgt über die Funktion *Check Geometries...*⁶. Diese Funktion kann im Graphical Modeler nicht aufgerufen werden, weshalb dieser Teil der Analyse ohne Modell erfolgt. Über die Funktion können nun dangles im Schienennetz von OpenStreetMap identifiziert und sowohl die dangles als auch die zugehörige Kante exportiert werden. Die so erstellte Datei dient als einer der Inputs im Modell, welches in Abbildung 28 dargestellt ist.

Da die Verortung der Abzweigungen der Anschlussbahn auf den Systemtrassen der ÖBB basiert, liegen diese nicht exakt auf einer der Schienen des gleisgenauen Schienennetzes von OSM. Über die Funktion *Snap geometries to layer*⁷ werden diese auf eine Schiene gelegt. Das ist notwendig, um ein Routing auf dem Schienennetz durchführen zu können.

Die weitere Analyse erfolgt in zwei parallel verlaufenden Strängen.

In Strang A wird mit dem QGIS eigenen Plugin eine Service Area berechnet. Die Startpunkte sind die Punkte der Abzweiger zu Anschlussbahnen aus den Daten der ÖBB. Als maximaler Distanzwert haben sich hier 800 Meter für die Service Area als sinnvoll erwiesen, es handelt sich jedoch um einen variabel wählbaren Parameter im Modell. Damit werden die meisten jener Anschlussbahnen erreicht, die sich parallel oder sehr nahe an den Hauptgleisen befinden. Andere Schienenendpunkte, die weiter als die gewählte Distanz vom Ausgangspunkt entfernt und wahrscheinlich keine Anschlussbahn sind, werden so nicht berücksichtigt. Es kann jedoch auch dazu kommen, dass tatsächliche Anschlussbahnen nicht berücksichtigt werden. Das ist der Fall, wenn mehrere Gleise parallel verlaufen und sich der gesnappte Ausgangspunkt auf Gleis x befindet, der Abzweiger zur Anschlussbahn jedoch auf Gleis y (siehe dazu Abbildung 29 Karte B). Für diesen Fall wurde auf Grundlage der vorhandenen Daten jedoch keine Lösung gefunden. Notwendig wäre eine gleisgenaue Lokalisierung der Abzweiger zu Anschlussbahnen.

Über die Funktion *Extract by location*⁸ werden jene Linienabschnitte mit dangles am Ende identifiziert, die innerhalb der berechneten Service Area liegen. Über diese wird schließlich ein Teil jener dangles gefunden, bei denen es sich mit großer Wahrscheinlichkeit um Anschlussbahnen handelt.

Strang B der Analyse berücksichtigt jene Anschlussbahnen, die etwas weiter vom Hauptnetz entfernt liegen (zum einfacheren Verständnis in der Beschreibung werden die Schritte nummeriert). Diese werden durch einen Buffer (1) von 100 m ausgehend von den Systemtrassen mittels der Funktion *Difference*⁹ (2) herausgefiltert.

⁶ Die Funktion kann unterschiedliche Geometriefehler identifizieren, zum Beispiel nicht vollständig übereinanderliegende Polygone. Welche Geometriefehler identifiziert werden sollen kann in der Funktion ausgewählt werden.

⁷ Es kann ein Ausgangspunkt/-linie und ein Referenzlayer sowie eine maximale Distanz angegeben werden. Befindet sich einer der Ausgangspunkte innerhalb der angegebenen Distanz zu dem Referenzlayer, wird er auf den Referenzlayer gelegt. Befindet er sich außerhalb dieser Distanz bleibt die ursprüngliche Position erhalten.

⁸ Es erfolgt ein räumlicher Vergleich zwischen Layer A und Layer B. Dabei können verschiedene Vergleichsparameter ausgewählt werden, etwa ob A innerhalb von B liegt, A und B einander berühren oder einander entsprechen. Es werden jene Objekte von A gespeichert, auf die die gewählten Eigenschaften zutreffen.

⁹ Layer B (overlay) wird über Layer A (input) gelegt. Es werden jene Teile von Layer A gespeichert, die nicht von B überlagert sind.

Von den verbliebenen Schienen werden über die Funktion *Extract specific vertices*¹⁰ (3) jeweils der Anfang- und Endpunkt gefunden, also somit auch jene Punkte, die genau an den Buffer anschließen. Diese werden als Punktdatensatz ausgegeben.

Die gesnappten Punkte der Abzweiger zu Anschlussbahnen erhalten einen Buffer von 800 Metern (4). So wird zumindest in diesem Analysestrang das Problem mit der Gleisgenauigkeit der Startpunkte umgangen. Anschließend werden jene Punkte gesucht, die außerhalb des gesetzten Buffers rund um die Schieneninfrastruktur (Ergebnis aus (1) und (2)), aber innerhalb des Buffers der Ausgangspunkte für Anschlussbahnen liegen (5).

Von diesen Punkten aus wird eine Service Area (6) mit mehreren Kilometern Distanz berechnet. Als Netzwerk dienen dazu jene Gleisteile, die sich in einiger Entfernung zu den Systemtrassen befinden (Ergebnis von Schritt (2)). Wieder über die Funktion *Extract by location* (7) werden die Dangles, bei denen es sich mit großer Wahrscheinlichkeit um Anschlussbahnen handelt, extrahiert.

Im letzten Schritt werden die Ergebnisse von Strang A und Strang B zusammengeführt. Als Ergebnis der Analyse kommen jene Punkte heraus, an denen Anschlussbahngleise enden. Eine visuelle Überprüfung des Ergebnisses erfolgte durch einen Vergleich des Orthofotos mit den Punkten, an denen die Abzweigung von Anschlussgleisen verzeichnet ist. Diese lässt auf eine relativ akkurate Berechnungsmethode schließen und scheint in weiten Teilen zu stimmen.

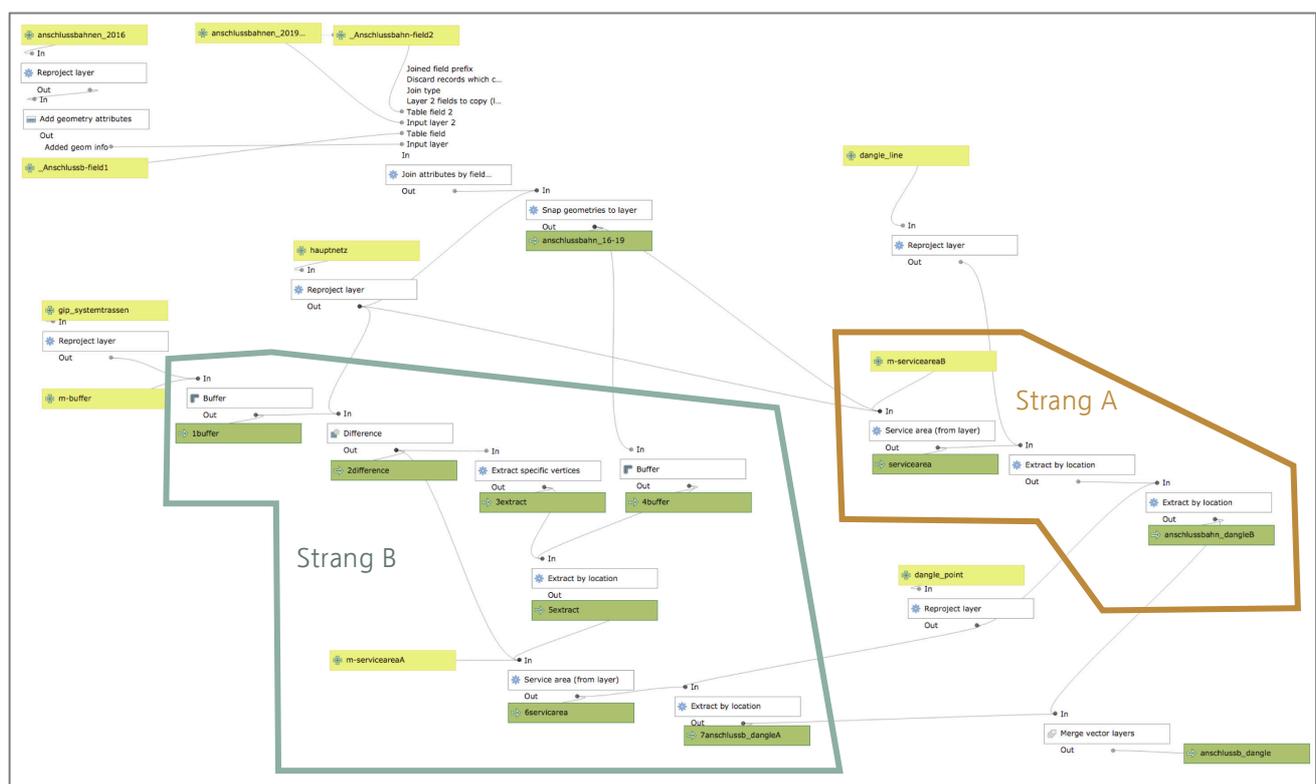


Abbildung 28: ‚anschlussbahn_dangle‘ – Modell zum Auffinden der Endpunkte von Anschlussbahnen (eigene Darstellung)

Das Modell wurde in mehreren Trial-and-Error-Schleifen in dieser Form entwickelt. Die Aufteilung in Strang A und Strang B erfolgt aus dem Grund, dass manche Anschlussgleise bis zu 6 km vom Hauptnetz entfernt sind,

¹⁰ Eine Linie setzt sich aus mehreren Knoten (vertices) zusammen, die von 0 bis x nummert sind. Über die Funktion können bestimmte Knoten herausgefiltert werden. 0 steht dabei für den ersten Punkt. Der letzte Punkt kann über -1 gewählt werden.

andere jedoch sehr nahe dran liegen. Bei der Berechnung von Service Areas ausgehend von den abzweigenden Punkten in einem Umfang von mehreren Kilometern werden im Endergebnis viele dangles berücksichtigt, die tatsächlich gar keine Anschlussbahnen sind, sondern etwa Abstellgleise oder Kopfbahnhoftgleise. Wird umgekehrt nur eine sehr kleine Service Area gewählt, fehlen diese langen Anschlussgleise. Diese gehören jedoch meist zu großen und wichtigen Betriebsstandorten mit einer hohen Frequenz und somit dem Potenzial kleinen Betrieben ein regelmäßiges Anhängen eines Waggons zu ermöglichen. Deshalb war es wichtig, eine Analyse-methode zu finden, bei der möglichst viele erwünschte und möglichst wenige unerwünschte dangles enthalten sind.

Abbildung 29 zeigt mehrere Ausschnitte aus dem Ergebnis der Datenaufbereitung. In Karte A ist der Fall erkennbar, dass eine Anschlussbahn von der Schiene abzweigt und wieder in derselben endet. Mit der verwendeten Methode kann diese Art von Anschlussbahn nicht identifiziert werden und es wurde auch keine andere Möglichkeit erkannt, wie das möglich wäre. Da es sich jedoch nur um einen relativ geringen Anteil handelt, hat das keinen großen Einfluss auf das Gesamtergebnis. Karte B zeigt den bereits erwähnten Fall, bei dem der Punkt zur Abzweigung der Anschlussbahn auf das andere Gleis gesnappt wurde und deshalb die Anschlussbahn nicht identifiziert werden konnte. Karte C zeigt die erfolgreiche Identifizierung mehrerer dangles als Endpunkte von Anschlussbahnen.

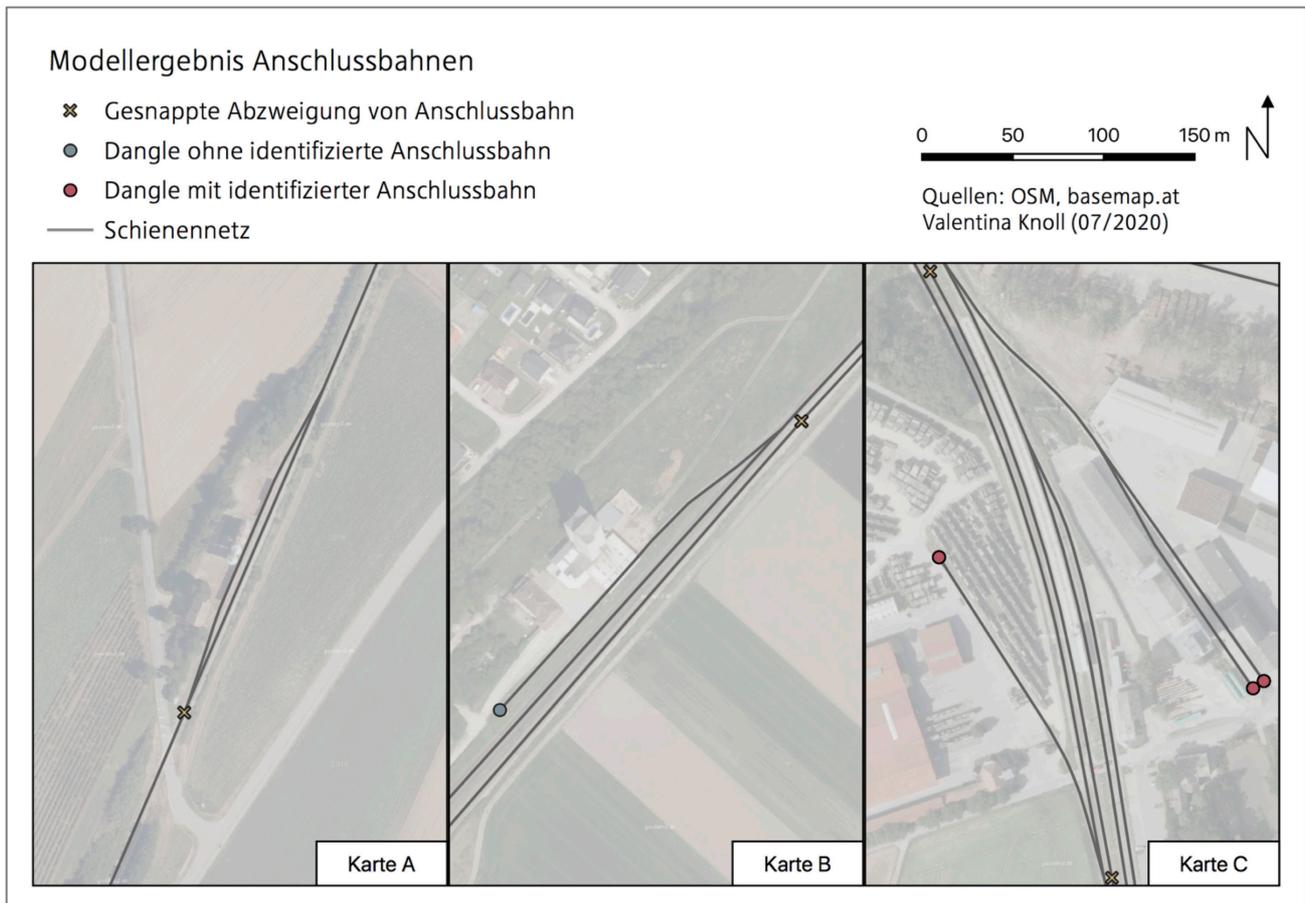


Abbildung 29: ‚anschlussbahn_dangle‘ – Karten zu Modellergebnis und Problemen (Datenquelle basemap.at 2020; OpenStreetMap contributors 2020, eigene Darstellung)

4.3.3 LADEMÖGLICHKEITEN

Aus allen in der bereitgestellten Datei mit Güterverkehrsanlagen enthaltenen Betriebsstellen werden jene herausgefiltert, die auch in der Liste der Betriebsstellen mit Lademöglichkeit enthalten sind. Die beiden bereitgestellten Listen mit Betriebsstellen mit Lademöglichkeit beziehen sich auf das Jahr 2020 und enthalten die Betriebsstellen, die aktiv sind bzw. ab 2020 entfallen. Da sich auch die meisten anderen im Zuge der Arbeit verwendeten Daten auf das Jahr 2019 beziehen, werden alle Stationen in die Potenzialberechnung miteinbezogen, auch unter der Annahme, dass die erst kürzlich stillgelegten Lademöglichkeiten bei entsprechender Nachfrage schnell wieder reaktiviert werden können.

Erst werden die beiden Tabellen mit den aktiven und den kürzlich stillgelegten Lademöglichkeiten zu einer Datei verbunden. Danach werden sie an die Datei mit Güterverkehrsanlagen über die Betriebsstellen-ID gejoin. Dabei werden all jene Spalten gelöscht, die keinen join ergeben, also die Stationen, die keine Betriebsstelle mit Ladestation sind.

Dadurch enthält die endgültige Datei nur noch Betriebsstellen mit Lademöglichkeit und die entsprechenden Informationen zu diesen. Eine Überprüfung der Anzahl der Fälle hat gezeigt, dass zu allen Stationen mit Lademöglichkeiten eine passende Station in der Datei mit Güterverkehrsanlagen gefunden wurde. Die beschriebenen Schritte zeigt Abbildung 30.

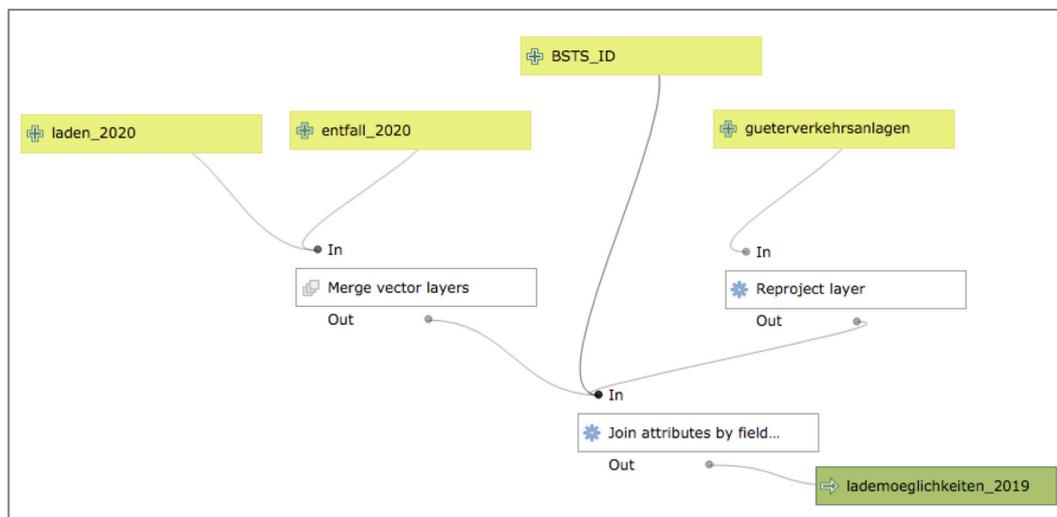


Abbildung 30: ‚laden_join‘ – Modell zum Auffinden von Betriebsstellen mit Lademöglichkeit (eigene Darstellung)

4.3.4 BRANCHENBEDINGTE SCHIENENAFFINITÄT

Die ÖNACE Abteilungen von Unternehmen können aus dem Herold-Datensatz, wenn auch nicht bei allen Einträgen, herausgelesen werden, wie in Kapitel 4.3.5 noch beschrieben wird. Welche Güterarten per Bahn transportiert werden, wurde bereits in Kapitel 3.2 thematisiert. Die Erkenntnisse aus dem Kapitel werden dazu verwendet, den Güterarten aus der Studie von Herry Consult eine ÖNACE Abteilung zuzuordnen. In der Studie von Kores Consulting und Brenner-Managementberatung wurde außerdem ein konkreter Faktor der Bahnaffinität genannt. Dieser wurde als Basis für eine eigene Festsetzung eines branchenbedingten Affinitätsfaktors verwendet, der zusätzlich noch auf die Ergebnisse der Studie von Herry Consult und die Zahlen aus Statistik Austria zurückgreift. Das Ergebnis zeigt Tabelle 3. Um diese Daten in QGIS verarbeiten zu können, wird die Tabelle als csv-Datei gespeichert („OENACE_affin“).

GÜTERART	ÖNACE ABTEILUNG (EBENE 1)	FAKTOR
Land- und Forstwirtschaft; Fischerei	01 Landwirtschaft, Jagd und damit verbundene Tätigkeiten	1
	02 Forstwirtschaft und Holzeinschlag	1
Kohle; rohes Erdöl und Erdgas	05 Kohlenbergbau	1
	06 Gewinnung von Erdöl und Erdgas	1
Steine, Erden, Bergbauerzeugnisse; Torf	07 Erzbergbau	1
	08 Gewinnung von Steinen und Erden	1
Holzwaren, Papier/-waren; Datenträger	17 Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus	0,8
	18 Herstellung von Druckerzeugnissen; Vervielfältigung von bespielten Ton-, Bild- und Datenträgern	0,8
Kokerei- und Mineralölerzeugnisse	19 Kokerei und Mineralölverarbeitung	1
Chem. Erzeugnisse; Spalt- und Brutstoffe	20 Herstellung von chemischen Erzeugnissen	0,6
Metalle und Halbzeug; Metallerzeugnisse	24 Metallerzeugung und -bearbeitung	0,9
Fahrzeuge	29 Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	0,8
	30 Sonstiger Fahrzeugbau	0,8
Sekundärrohstoffe; Abfälle	38 Sammlung, Behandlung und Beseitigung von Abfällen; Rückgewinnung	0,7
Nahrungs- und Genussmittel	46 Großhandel (ohne Handel mit Kraftfahrzeugen und Krafträdern)	0,4

Tabelle 3: Zuordnung von Güterart, ÖNACE Abteilung und Faktor zur Bahnaffinität (eigene Darstellung)

Bei weiterer Forschung können die Erkenntnisse zu den branchenbedingten Affinitätsfaktoren auch noch verändert oder Affinitätsfaktoren zu einer detaillierteren ÖNACE Ebene hinzugefügt werden.

4.3.5 HEROLD-DATEN – BAHNAFFINITÄT

Die Einteilung nach ÖNACE Klassen auf Ebene 5 im Herold-Datensatz ist zu fein, da nur Studien zu Schienenaffinität auf ÖNACE Ebene 1 verfügbar sind. Darum werden im Field Calculator mittels der Funktion `left()` nur die ersten 3 Stellen der Codes der ÖNACE Klasse herausgefiltert. Diese entsprechen der weniger detaillierten ÖNACE Abteilung auf Ebene 1. Für die leichtere Interpretation und Validierung wird mittels *Table Join* die textliche ÖNACE-Bezeichnung der Abteilung an die Herold-Daten angefügt. Die Informationen zur Bezeichnung stammen aus einer entsprechenden csv-Datei der Statistik Austria (vgl. Statistik Austria 2020).

An die aufbereiteten Daten wird im nächsten Schritt über einen `join` eine Spalte angefügt, in der die ÖNACE Abteilungen den branchenbedingten Affinitätsfaktor bekommen, der in Kapitel 4.3.3 festgelegt wurde.

So steht ein für die weitere Analyse entsprechend aufbereiteter Datensatz zu Unternehmen in Österreich, deren jeweilige ÖNACE Abteilung (Ebene 1) und ein Faktor zur Schienenaffinität zur Verfügung. Jene Datensätze, die schon in der ursprünglichen Datei keiner ÖNACE Klasse zugeordnet waren, werden nicht verändert. Diese Einschränkung bleibt also bestehen. Den Ablauf dieser Schritte im Graphical Modeler zeigt Abbildung 31.

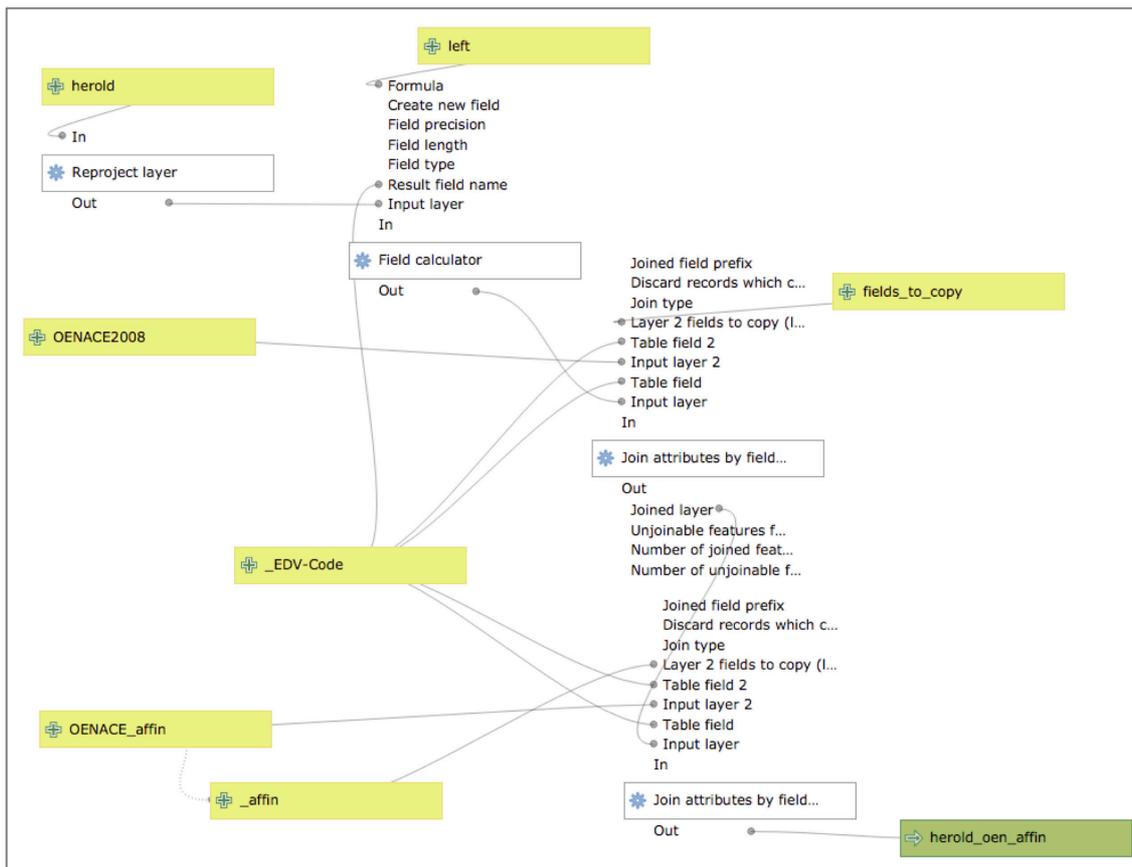


Abbildung 31: ‚herold_oen‘ – Modell zur Aufbereitung der Herold-Daten mit ÖNACE Abteilung (eigene Darstellung)

Durch die beschriebene Methode erhalten 20.822 Datensätze von Unternehmen einen branchenbedingten Affinitätsfaktor >0 . Das entspricht etwa 4,8 Prozent. Ob es sich um den tatsächlichen Produktionsstandort oder nur um einen Bürostandort handelt, kann nicht ermittelt werden, auch diese Einschränkung bleibt bestehen. Bei einer kritischen Analyse der Daten stellt sich außerdem heraus, dass diese grobe Einteilung in ÖNACE Abteilungen nur bedingt realistische Ergebnisse liefert. Zum Beispiel sind in der Abteilung ‚Forstwirtschaft und Holzeinschlag‘ einerseits Unternehmen enthalten, die Holz schlagen und mit großer Wahrscheinlichkeit auch verkaufen und für den Transport möglicherweise die Bahn verwenden. Andererseits sind darin auch Forstverwaltungen und Gutsbetriebe enthalten, die per se keine Unternehmen darstellen, die Holz transportieren lassen. Durch die fehlende Verfügbarkeit valider Daten zur Schienenaffinität auf einer detaillierteren ÖNACE Ebene fließen diese trotzdem als Unternehmen mit hoher Schienenaffinität in die Analyse ein.

4.3.6 BETRIEBSSTANDORTE

Wie bereits erwähnt ist die Datenqualität der Betriebsstandorte auf OpenStreetMap für eine Analyse nicht ausreichend hoch. Die Polygone enthalten meist keine Information, um welche Art von Unternehmen oder Betrieb es sich handelt. Deshalb werden diese Daten mit den bereits aufbereiteten Unternehmen des Herold-Datensatzes räumlich verschnitten. Da es bei dem punktförmigen Datensatz von Herold aufgrund der Geometrie zu Ungenauigkeiten kommen kann, indem dieser Punkt etwa an der Grenze oder gerade außerhalb der Polygone von OSM liegt, wird der OSM-Layer zuerst um 5 m gebuffert. Der Analyseprozess ist in Abbildung 32 dargestellt.

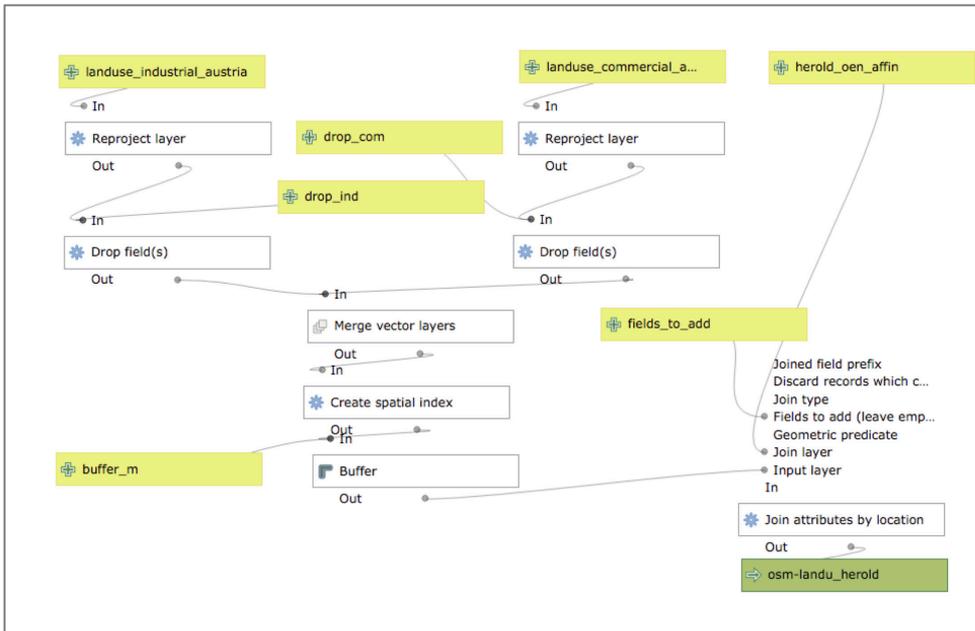


Abbildung 32: ‚osm-landuse_herold‘ – Modell zur Verschneidung von potenziellen OSM-Betriebsflächen und Unternehmensdaten aus Herold (eigene Darstellung)

Das Ergebnis ist nicht in allen Fällen eindeutig. Es kann zum Beispiel der Fall auftreten, dass mehrere Unternehmen aus dem Herold-Datensatz auf einer Fläche aus OSM verzeichnet sind. Durch die Einstellung one-to-many beim join liegen nach der Berechnung so viele Polygone mit OSM-Betriebsflächen übereinander, wie Punkte des Herold-Datensatzes innerhalb des Polygons liegen. Das lässt sich durch eine transparente Färbung der Flächen graphisch darstellen (siehe Abbildung 33). Je dunkler der Farbton, desto mehr Flächen liegen an dieser Stelle übereinander. Aus vormals 12.063 Polygonen (7.505 landuse industrial und 4.558 landuse commercial) entstehen durch den join 43.740 Polygone, die sich eben in vielen Fällen überlagern.

Es gibt jedoch auch einige Polygone, in denen kein Punkt des Herold-Datensatzes liegt. Diese 4.955 Polygone erhalten durch die beschriebene Methode keine weiteren Informationen. Das entspricht etwa 40 % der Polygone in den Ausgangsdaten. Dem Großteil dieser Polygone (fast 4.000) ist jedoch auch in den OpenStreetMap-Daten kein Name, Betreiber oder Nutzungstyp zugeordnet. Da so keine Schienenaffinität festgestellt werden kann, kann aus der Nutzung dieser Daten kein Mehrwert gewonnen werden und sie werden im weiteren Modell nicht verwendet.

Bei einer augenscheinlichen Analyse über Orthofoto konnte bei vielen dieser Flächen auch im Luftbild keine konkrete Nutzung festgestellt werden, bei manchen scheint es sich etwa um Waldstücke zu handeln. Bei vielen anderen handelt es sich um kleine Flächen in der Nähe von größeren Betriebsflächen mit Herold-Daten, die so indirekt ohnehin in die Analyse einbezogen werden.

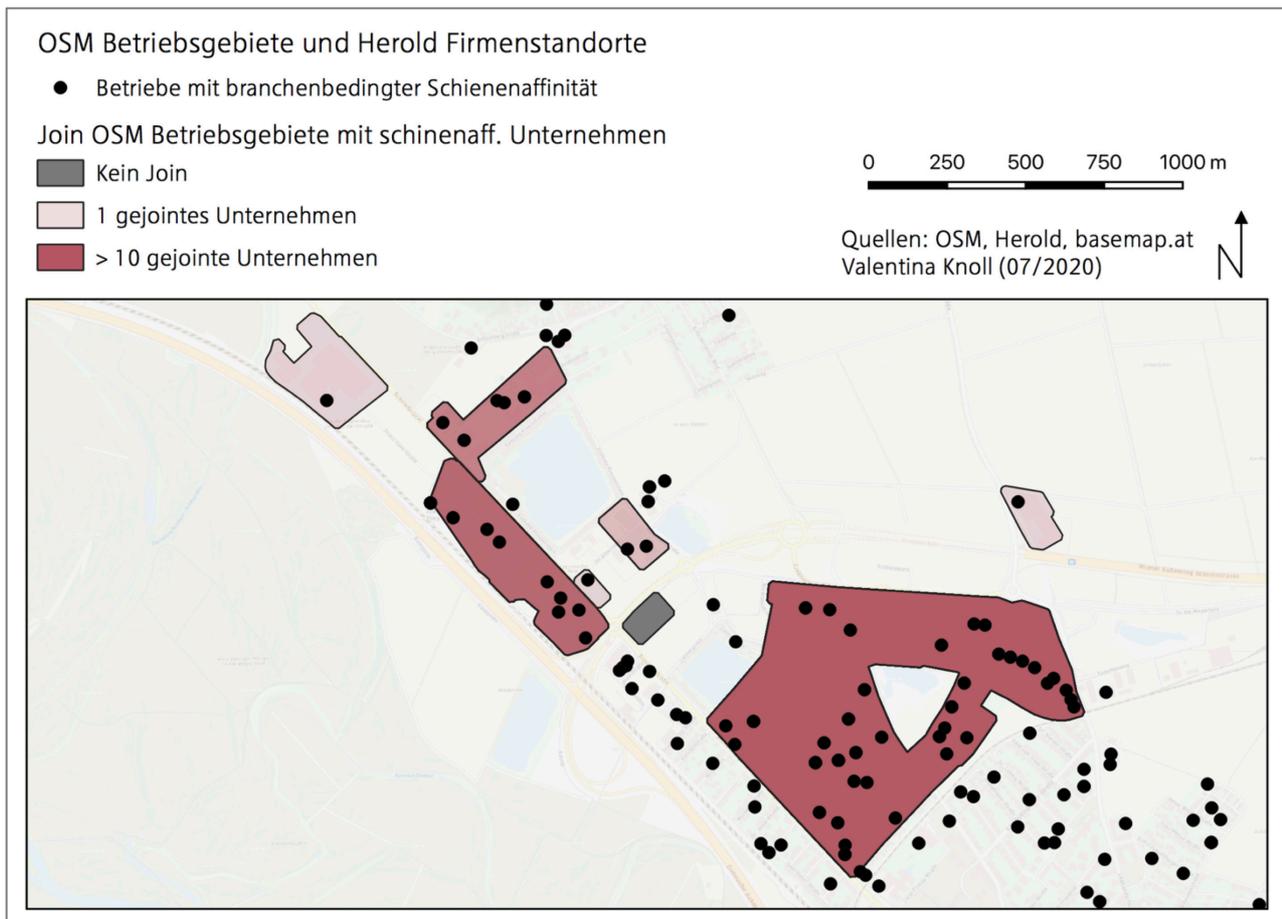


Abbildung 33: Ausschnitt aus dem Modellergebnis ‚osm-landu_herold‘
(Datengrundlage OpenStreetMap contributors 2020; basemap.at 2020; Herold von ÖBB-Infra, eigene Darstellung)

4.3.7 STRAßENNETZ

Das Straßennetz von OpenStreetMap wurde aufgrund der Dateigröße für alle relevanten values einzeln heruntergeladen. Außerdem wurden für jeden Datensatz nicht relevante Spalten in der Attributtabelle entfernt, um die Dateigröße weiter zu reduzieren. Da jede Datei unterschiedliche Spalten hat, was eine Automatisierung schwierig macht, wurde das Entfernen der Spalten einzeln direkt in den Dateien ohne Modell vorgenommen. Diese einzelnen Datensätze zu den verschiedenen values werden durch die Funktion *Merge vector layers*¹¹ zusammengefügt. So entsteht ein linienförmiger Vektorlayer, der alle relevanten Straßen enthält. Über die Funktion *Merge lines*¹² wurden anschließend übereinanderliegende Linienteile zusammengefügt, da andernfalls kein Routing möglich wäre.

Bei einem Routing in GIS-Programmen ist, wie auch bei Navigationsgeräten, eine Auswahl zwischen kürzester und schnellster Route möglich. Die kürzeste Route ist dabei meist nicht empfehlenswert, da sie über schlecht ausgebaute Straßen, Dörfer und Wohngebiete führen kann. Die schnellste Route kann jedoch nur berechnet werden, wenn jeder Straßenabschnitt eine Information über die Höchstgeschwindigkeit enthält. Diese beträgt im Allgemeinen für LKW über 3,5 Tonnen 80 km/h auf Autobahnen und Autostraßen, 70 km/h im Freiland und

¹¹ Die Objekte aus den Layern/Dateien A und B werden zu einem gemeinsamen Layer C zusammengefügt.

¹² Liegt der Endpunkt von Linie A auf dem Endpunkt von Linie B, werden diese zu einer gemeinsamen Linie C zusammengefügt.

50 km/h im Ortsgebiet (vgl. BMK 2020). In OSM sind jedoch nur für einen geringen Teil der Straßen Höchstgeschwindigkeiten angegeben, jene mit angegebener Höchstgeschwindigkeit beziehen sich außerdem auf Autos, nicht auf LKW. Aus diesem Grund werden die Geschwindigkeiten auf Basis des Straßentyps und der Beschränkungen für LKW in einer neuen Spalte ergänzt.

Die Straßentypen motorway und trunk (Autobahn und Autostraße) erhalten den Wert 80 km/h, was der höchstzulässigen Geschwindigkeit entspricht, da LKW auf diesen Straßen häufig die Höchstgeschwindigkeit fahren können. Freilandstraßen außerhalb des Ortsgebietes erhalten eine Beschränkung von 70 km/h, innerhalb des Ortsgebietes 40 km/h. Die Unterscheidung zwischen Ortsgebiet und Freiland liegt auf diesen Straßentypen in OSM bereits vor.

In Wohngebieten im Ortsgebiet wird eine Geschwindigkeit von 30 km/h angenommen. Oftmals herrscht in diesen Bereichen ein Fahrverbot für LKW, ausgenommen für jene, die ihr Ziel auf einem anderen Weg nicht erreichen können. Durch die niedrig angesetzte Geschwindigkeit ist es dem Algorithmus möglich diese Betriebsgebiete zu erreichen, diese Bereiche werden jedoch durch die geringe Geschwindigkeit nicht als bevorzugter Weg gewählt, wodurch sich in der Modellrechnung kaum Strecken auftun, die in der Realität verboten wären.

Der geschilderte Prozess ist als Graphical Model in Abbildung 34 dargestellt. Das Ergebnis ist ein routingfähiger Graph des österreichischen Straßennetzes mit annähernd realistischen Fahrgeschwindigkeiten. Dass ein Routing möglich ist, hat sich anhand einiger Stichproben bestätigt.

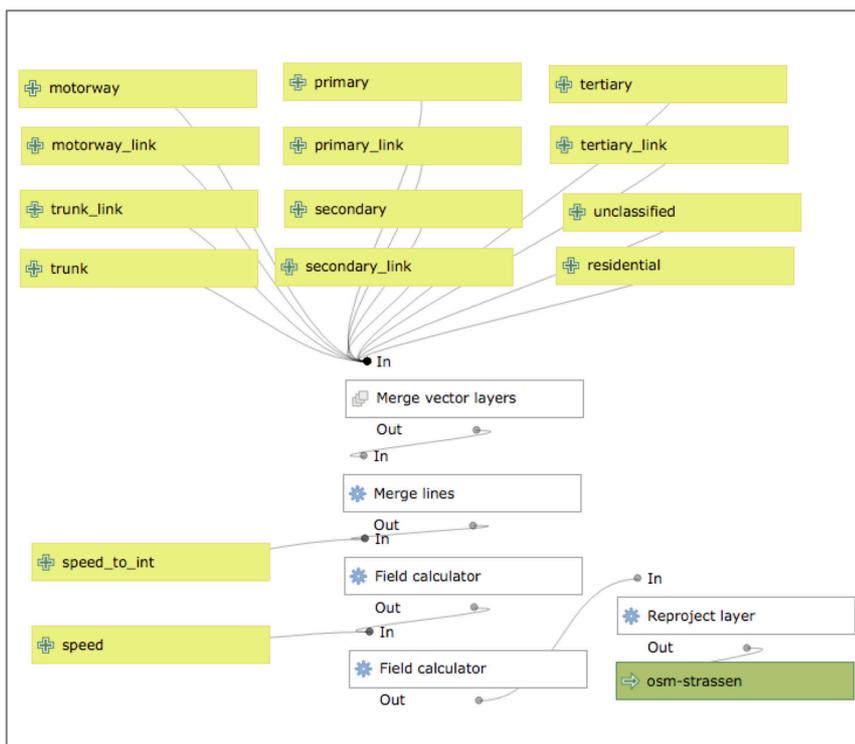


Abbildung 34: ‚osm-strassen‘ – Modell zur Zusammenführung des Straßennetzes (eigene Darstellung)

4.4 BERECHNUNG DER EINZUGSBEREICHE

4.4.1 BERECHNUNGSTOOL

Die Isochronen werden in dieser Arbeit mittels des QGIS-Plugins QNEAT3 (vgl. Raffler 2018) berechnet. Dieses bietet mehr Möglichkeiten als die Network Analyst Tools von QGIS selbst. Das Ergebnis einer Berechnung der Service Area des Network Analyst Tools aus QGIS ist ein shape, welches nur Straßen innerhalb der Service Area enthält und keine Fläche. Über QNEAT3 können die Service Areas als Polygone und in mehreren Intervallen berechnet werden. Außerdem wird zusätzlich immer ein interpolierter Raster ausgegeben. Dieser enthält somit nicht nur nach einer True/False-Logik Bereiche, die erreichbar oder nicht erreichbar sind, sondern interpoliert zwischen dem Ausgangspunkt und dem maximalen Ausmaß eine „Qualität der Erreichbarkeit“. So können differenziertere Erkenntnisse gewonnen werden.

EINSCHRÄNKUNGEN

Das Plugin ermöglicht es grundsätzlich von einem Layer mit mehreren Ausgangspunkten Isochronen zu berechnen. Aufgrund eines Fehlers in QGIS liefert diese Berechnung jedoch fehlerhafte Ergebnisse (vgl. Raffler 2020). Die Isochronen reichen auch noch in Bereiche hinein, in denen es kein Straßennetz gibt und die somit gar nicht erreicht werden können. Eine Visualisierung dieses fehlerhaften Ergebnisses zeigt Abbildung 35.

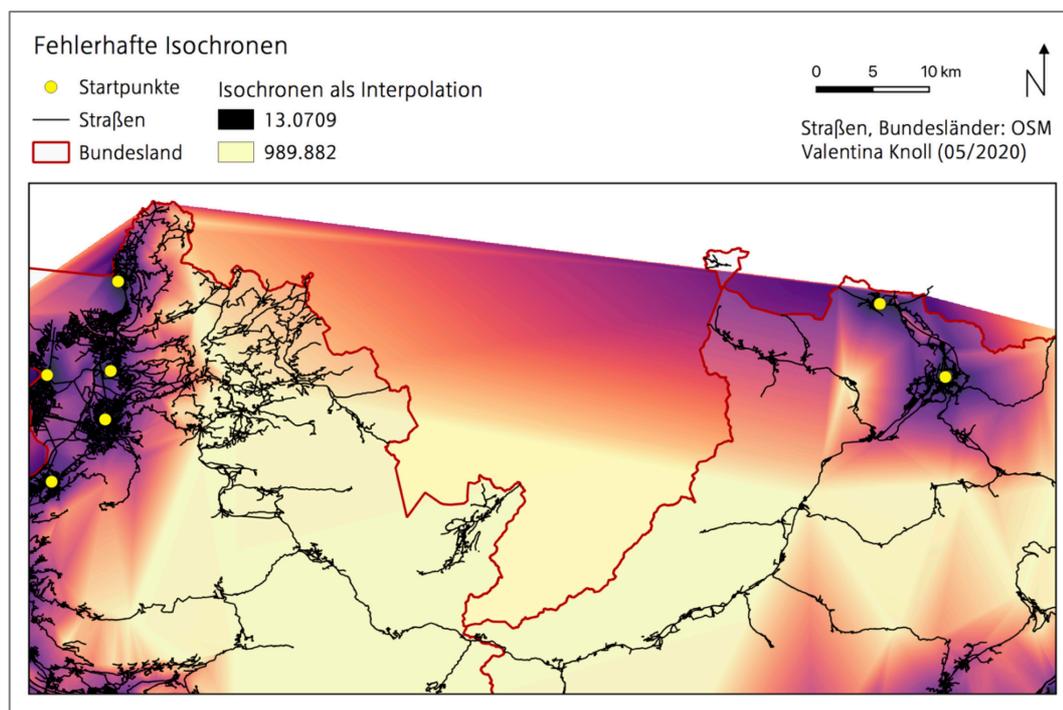


Abbildung 35: Berechnungsfehler bei mehreren Isochronen im Ausgangslayer (Raster)
(Datengrundlage OpenStreetMap contributors 2020, eigene Darstellung)

Um dieses Problem zu umgehen, muss jeder Ausgangspunkt in eine einzelne shape-Datei verwandelt werden. Das erfolgt durch die Funktion *Split feature by character*¹³. Bei dieser Funktion werden die Ergebnisse standardmäßig nur im geopackage-Format gespeichert, für die weitere Berechnung werden jedoch Dateien im shape-Format benötigt. Deshalb muss als nächster Schritt das Ergebnis in ein shape umgewandelt werden. Das erfolgt

¹³ Aus dem Layer A mit x Elementen werden x Layer mit je einem Element erstellt.

über die Funktion *Convert format*¹⁴, indem diese als *Batch Process*¹⁵ ausgeführt wird. Dadurch können die für die Analyse notwendigen shape-Dateien mit jeweils nur einem Ausgangspunkt erzeugt werden.

So kann zwar das fehlerhafte Ergebnis umgangen werden, durch die Funktionsweise von Network Analyst Tools wird der Prozess jedoch sehr zeitaufwendig. Die Berechnung erfolgt nicht direkt in dem shape mit dem Straßennetz, sondern diese wird als eine auf Graphen basierende Netzwerkdatei (siehe Kapitel 4.1.3 und 4.1.4) gespeichert.

Das Bilden einer Netzwerkdatei ist zeit- und rechenaufwändig. In dem GIS-Programm ArcMap kann vor der Berechnung von Netzwerkanalysen einmal das Netzwerk gebildet werden, danach können alle Berechnungen auf diesem Netzwerk erfolgen. Diese Funktion bietet QGIS derzeit nicht, das Netzwerk muss bei jeder Berechnung erneut gebildet werden (vgl. root676 2018). Das und der Umstand, dass die Einzugsbereiche für jeden Punkt einzeln berechnet werden müssen, führt dazu, dass die Berechnung der Isochronen sehr zeitintensiv ist.

ANWENDUNG

Aus diesen Gründen wurde ein Modell erstellt, mit dem die Ausgangspunkte und das Straßennetz auf ein bestimmtes Gebiet beschränkt werden können. Durch die Verkleinerung des Straßennetzes wird die Berechnungszeit stark verkürzt. Das Modell ist in Abbildung 36 abgebildet. Rund um das Straßennetz wird, wie in der Abbildung erkennbar, vor dem Clip ein Buffer gelegt, da sonst auch die Service Areas abgeschnitten würden, obwohl diese tatsächlich über den gewählten Ausschnitt hinausgehen.

Ein weiteres kleines Modell konvertiert in der Ausführung als Batch Process die als einzelne Geopackages gespeicherten Ausgangspunkte in ein shape-Format (siehe Abbildung 37).

In dieser Arbeit werden die Ausgangsdaten auf die Ostregion geklippt und die Modellanwendug für dieses Gebiet durchgeführt.

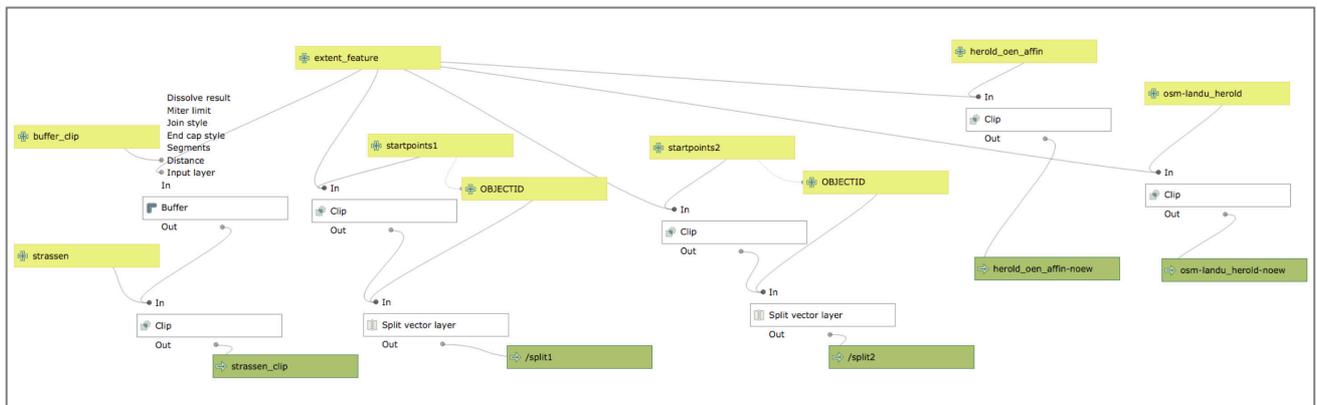


Abbildung 36: ‚startpunkt_clip‘ – Modell zur Aufbereitung der Startpunkte für Service Areas (eigene Darstellung)

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar. The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

¹⁴ Ein Layer A im Dateiformat x kann so in das Dateiformat y umgespeichert werden.

¹⁵ Das mehrmalige Ausführen derselben Funktion mit unterschiedlichen Input-Parametern.

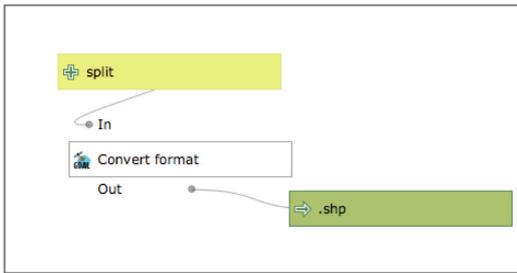


Abbildung 37: ‚convert format‘ – Modell zur Konvertierung von gpkg zu shape (eigene Darstellung)

4.4.2 BERECHNUNGSMODELL

Die Berechnung der Service Areas zu den aufbereiteten Betriebsstellen mit Lademöglichkeit und den errechneten Enden der Anschlussgleise ausgehend. Ausgangsparameter sind das aufbereitete Straßennetz, ein Startpunkt (eine Betriebsstelle bzw. ein Anschlussgleis) und Modelleingaben zu den Parametern des Netzwerks sowie die gewählte Größe der Service Areas. Eine graphische Darstellung des Modells ist in Abbildung 38 zu sehen. Die Größe der Service Areas ist ein variabler Input des Modells und kann somit bei jeder Ausführung beliebig gewählt werden (in der Funktion ‚Size Of Iso-Area‘, Variablenname ‚max_sec‘, Angabe in Sekunden). Dasselbe trifft auf die Intervalle zu, in welche die Service Areas eingeteilt werden können (in der Funktion ‚Contour Interval‘, Variablenname ‚interval_sec‘, Angabe in Sekunden). Auf Basis der bisherigen Erkenntnisse der Arbeit wird das Modell mit den im Folgenden beschriebenen Parametern ausgeführt.

Der Einzugsbereich von Betriebsstellen mit Lademöglichkeit wird mit 1200 Sekunden (20 Minuten) angenommen. Das entspricht etwa 6 bis 14 Kilometern Luftliniendistanz und ist somit innerhalb eines Bereiches, bei dem die Distanzsensitivität der meisten Branchen um 1 oder zumindest über 0 liegt (siehe Kapitel 3.2.8). Diese Distanz wird in 4 Bereiche mit jeweils 300 Sekunden (5 Minuten) weiter unterteilt, wodurch bei der Analyse differenziertere Aussagen über die räumliche Nähe eines Unternehmens getroffen werden können.

Der Einzugsbereich der Anschlussgleise wird mit 600 Sekunden (10 Minuten) und einem Intervall von 300 Sekunden angenommen. Das basiert auf der Annahme, dass sich rund um Anschlussgleise Cluster mit mehreren Unternehmen bilden können, die dieses gemeinsam nutzen (siehe 3.2.5 – Cluster). Dazu muss allerdings eine gewisse räumliche Nähe gegeben sein, weshalb ein Einzugsbereich mit einer geringeren Distanz angenommen wird.

Grundsätzlich muss das Modell als Batch Process durchgeführt werden, da es, wie bereits erwähnt, für jeden Ausgangspunkt einzeln berechnet werden muss. Durch die unterschiedlichen Parameter bei Anschlussbahnen und Betriebsstellen müssen diese entweder variabel je nach Dateinamen/Ordner angepasst oder das Modell in zwei separaten Batch Prozessen durchgeführt werden. Wie die Auswahl der Daten und Parameter in einem Batch Process aussieht, zeigt beispielhaft Abbildung 39. In der linken Spalte sind dort die unterschiedlichen Ausgangsdateien erkennbar, die mit sonst immer gleichbleibenden Parametern im Modell berechnet werden.

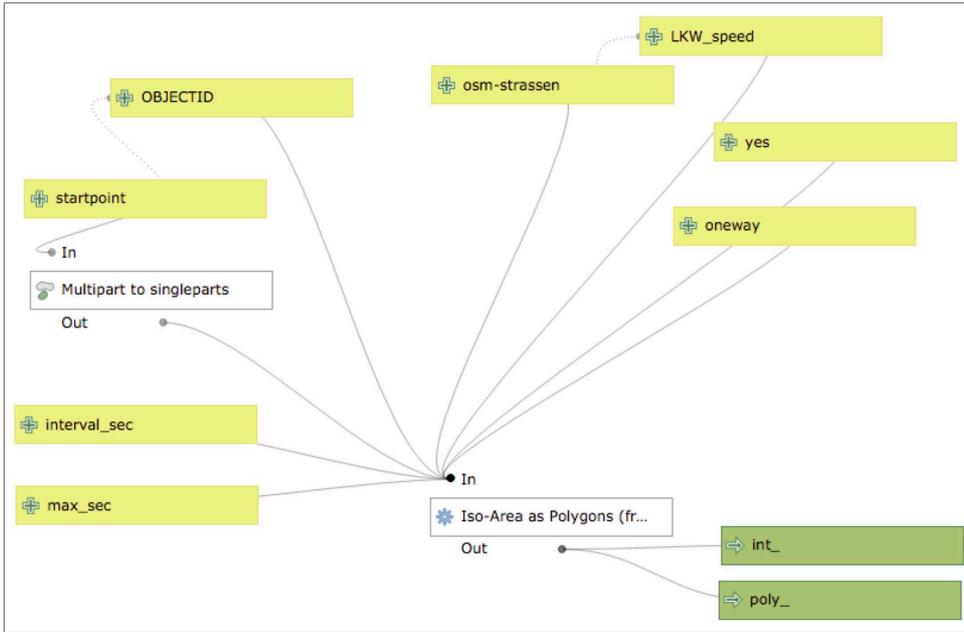


Abbildung 38: ‚isochronen‘ – Modell zur Berechnung von Isochronen (eigene Darstellung)

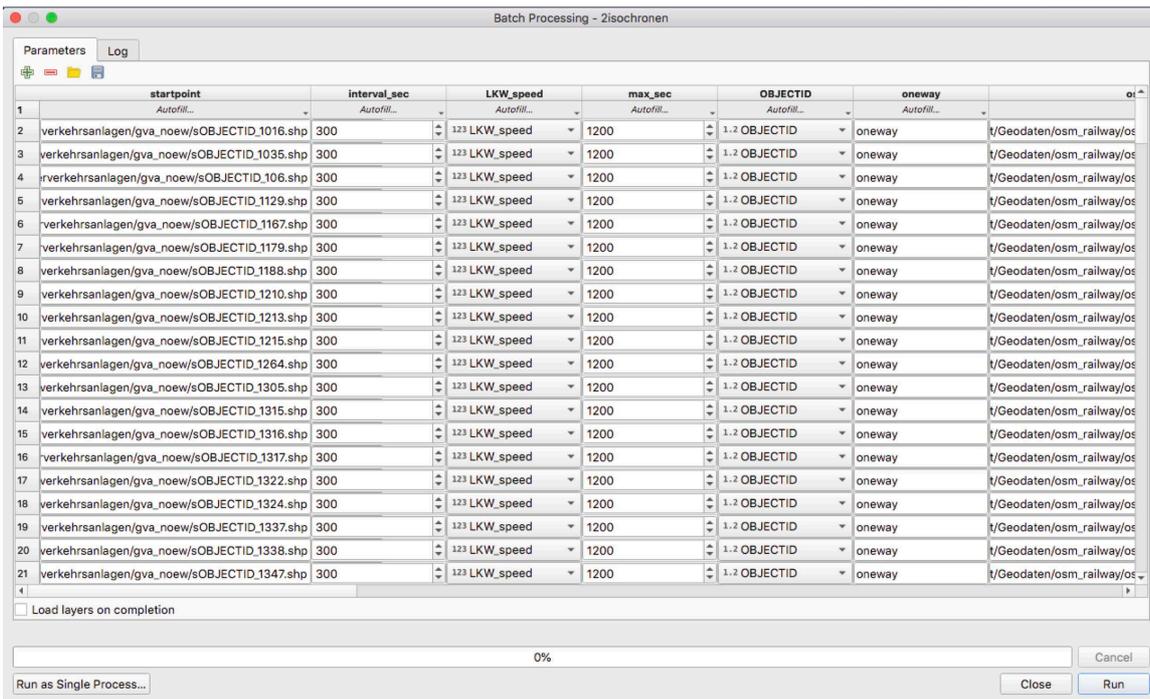


Abbildung 39: Auswahl der Daten in einem Batch Process (eigene Darstellung)

4.4.3 BERECHNETE EINZUGSBEREICHE

Das Ergebnis dieser Berechnungen ist pro Startpunkt ein shape mit Service Areas mit mehreren Einzugsbereichen und ein Raster, der eine interpolierte Version desselben Ergebnisses darstellt¹⁶. Um die Einzugsbereiche gesammelt darstellen zu können, müssen die Shapes bzw. Raster erst zusammengeführt werden. Dieser Schritt

¹⁶ Genauere Erklärung zu shape und Raster siehe Glossar

wird im Rahmen der Datenverschneidung näher erläutert (siehe Kapitel 4.5). Das Ergebnis der zusammengeführten Service Areas als shapes ist für die Anschlussbahnen in Abbildung 40 und für die Betriebsstellen mit Lademöglichkeit in Abbildung 41 dargestellt. Es zeigt sich, dass bei einem Einzugsbereich von 1200 Sekunden ein großer Teil des herausgegriffenen Beispielgebietes Ostregion abgedeckt wird.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar. The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

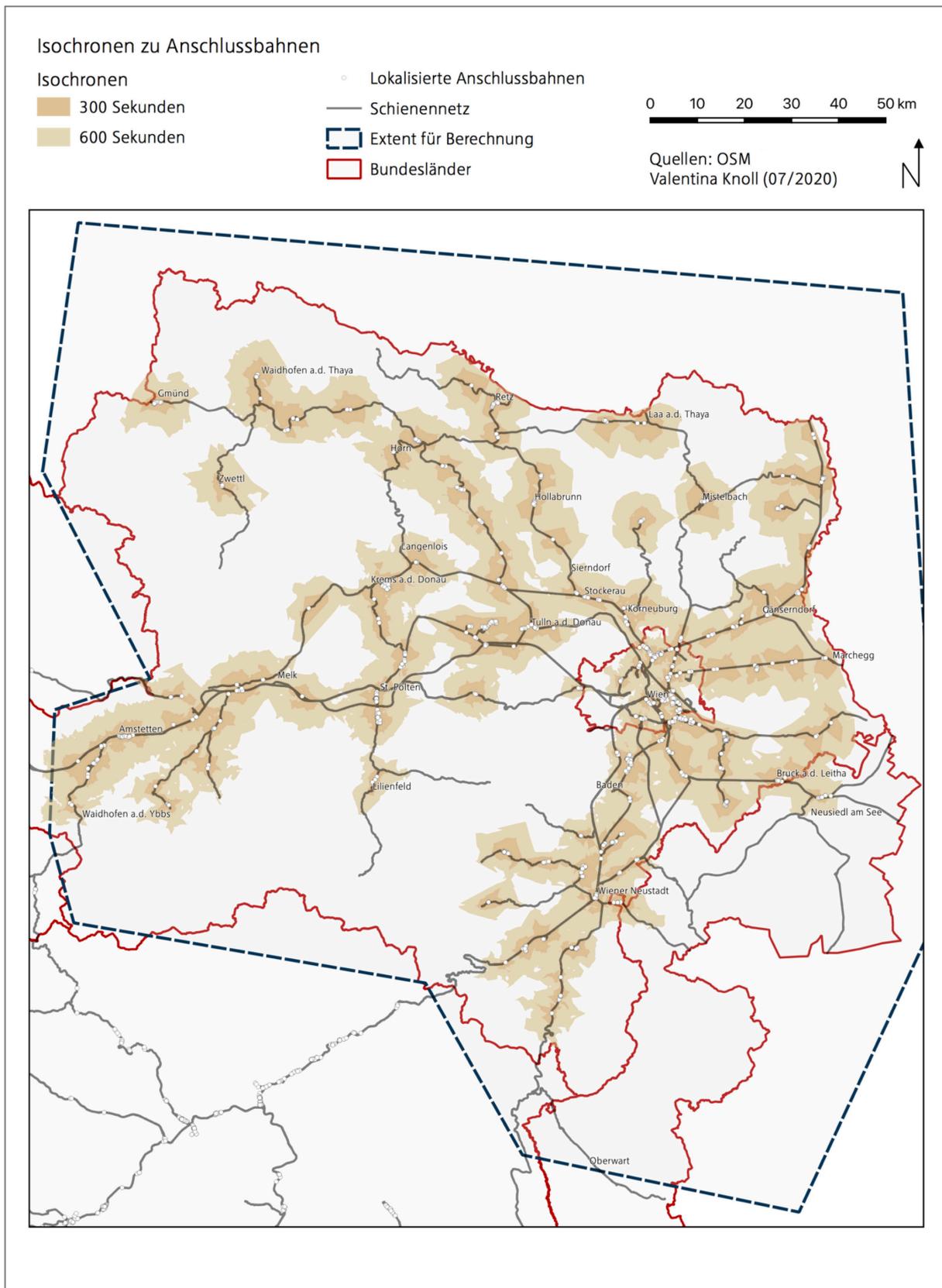


Abbildung 40: Berechnete Einzugsbereiche zu Anschlussbahnen
(Datengrundlage OpenStreetMap contributors 2020, eigene Darstellung)

Isochronen zu Betriebsstellen mit Lademöglichkeit

Isochronen

- 300 Sekunden
- 600 Sekunden
- 900 Sekunden
- 1200 Sekunden

- Bst mit Lademöglichkeit
- Schienennetz
- Extent für Berechnung
- Bundesländer

0 10 20 30 40 50 km

Quellen: ÖBB-Infra OSM,
Valentina Knoll (07/2020)

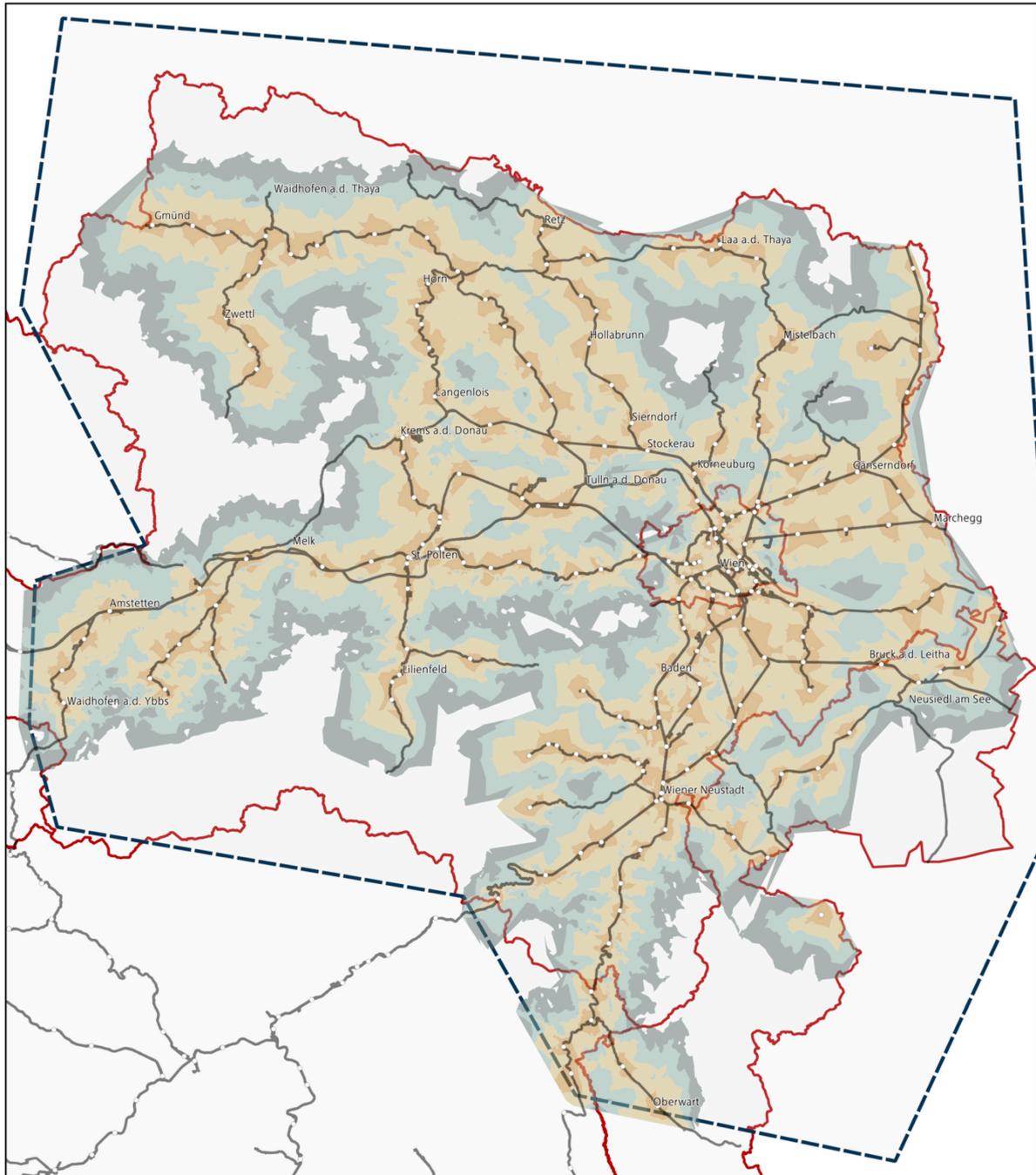


Abbildung 41 : Berechnete Einzugsbereiche zu Betriebsstellen mit Lademöglichkeit (Datengrundlage ebd.; ÖBB-Infra, eigene Darstellung)

4.5 DATENVERSCHNEIDUNG

Nach der Aufbereitung aller Daten und der Berechnung der Service Areas werden die Daten verschnitten und analysiert. Diesen Prozess zeigt Abbildung 42.

Um die Unternehmensdaten und die Service Areas verschneiden zu können, müssen in einem ersten Schritt die Isochronen, die aus vielen einzelnen Dateien bestehen, zu einer Datei zusammengefügt werden. Dazu wird die Funktion *Merge vector layers* jeweils einzeln für die Isochronen zu den Anschlussbahnen und zu den Betriebsstellen mit Lademöglichkeit verwendet. Die Dateien der Service Areas müssen im Graphical Modeler ausgewählt werden. Das kann aus technischen Gründen nicht über das Eingabefenster zu dem Modell erfolgen, da QGIS einen Folder als Input für eine Funktion im Eingabefenster nicht zulässt.

Da die Service Areas für die unterschiedlichen Zeitintervalle übereinander liegen, werden diese über die Funktionen *Extract by attribute*¹⁷ und *Difference* so extrahiert, dass sie sich nicht mehr überschneiden¹⁸. Andernfalls wäre eine exakte Zuordnung der Unternehmen zu einem der Zeitintervalle nicht möglich.

Bei den Unternehmen werden nur jene herausgefiltert, die in der Datenaufbereitung einen Wert >0 zur Affinität erhalten haben (gemäß des in Kapitel 4.3.4 definierten branchenbedingten Schienenaffinitätsfaktors). Dieser Schritt ist für die weitere Analyse nicht zwingend notwendig, sondern wurde aus diesem Grund eingeführt, dass die Berechnung durch die große Menge an Daten sehr lange dauert oder das Programm gänzlich abstürzt. Über einen räumlichen Join erhalten jene Unternehmen, denen eine Schienenaffinität zugeordnet wurde, die Information, in welcher der Isochronen sie sich befinden. Für die Anschlussbahnen und die Betriebsstellen mit Lademöglichkeit wird dabei jeweils eine eigene Spalte erstellt. So kann auch analysiert werden, wie viele Unternehmen sich im Einzugsbereich von keinem, einem der beiden oder beiden befinden. Um die Darstellung zu vereinfachen und weitere Berechnungen in Excel zu ermöglichen, werden die erstellten Spalten dupliziert und die NULL-Werte durch 0 ersetzt.

¹⁷ Von Layer A werden nur jene Objekte gespeichert, auf welche die definierten Kriterien zutreffen, z.B. service area=5min

¹⁸ Bildlich gesprochen: „in die Isochrone von 10 Minuten wird in Form der Isochrone von 5 Minuten ein Loch geschnitten“

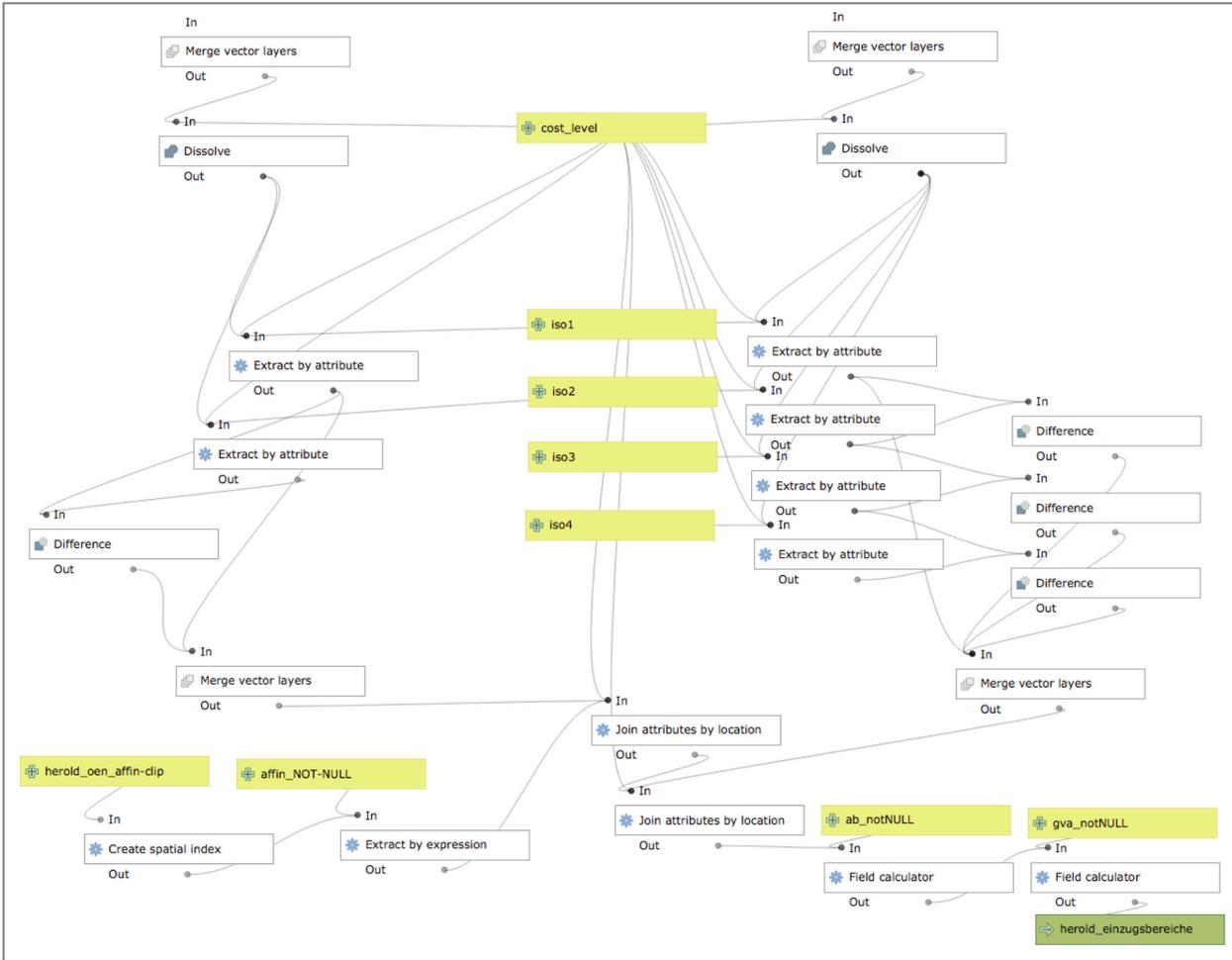


Abbildung 42: ‚analyse‘ – Modell zur Identifizierung von Unternehmen in Einzugsbereichen (eigene Darstellung)

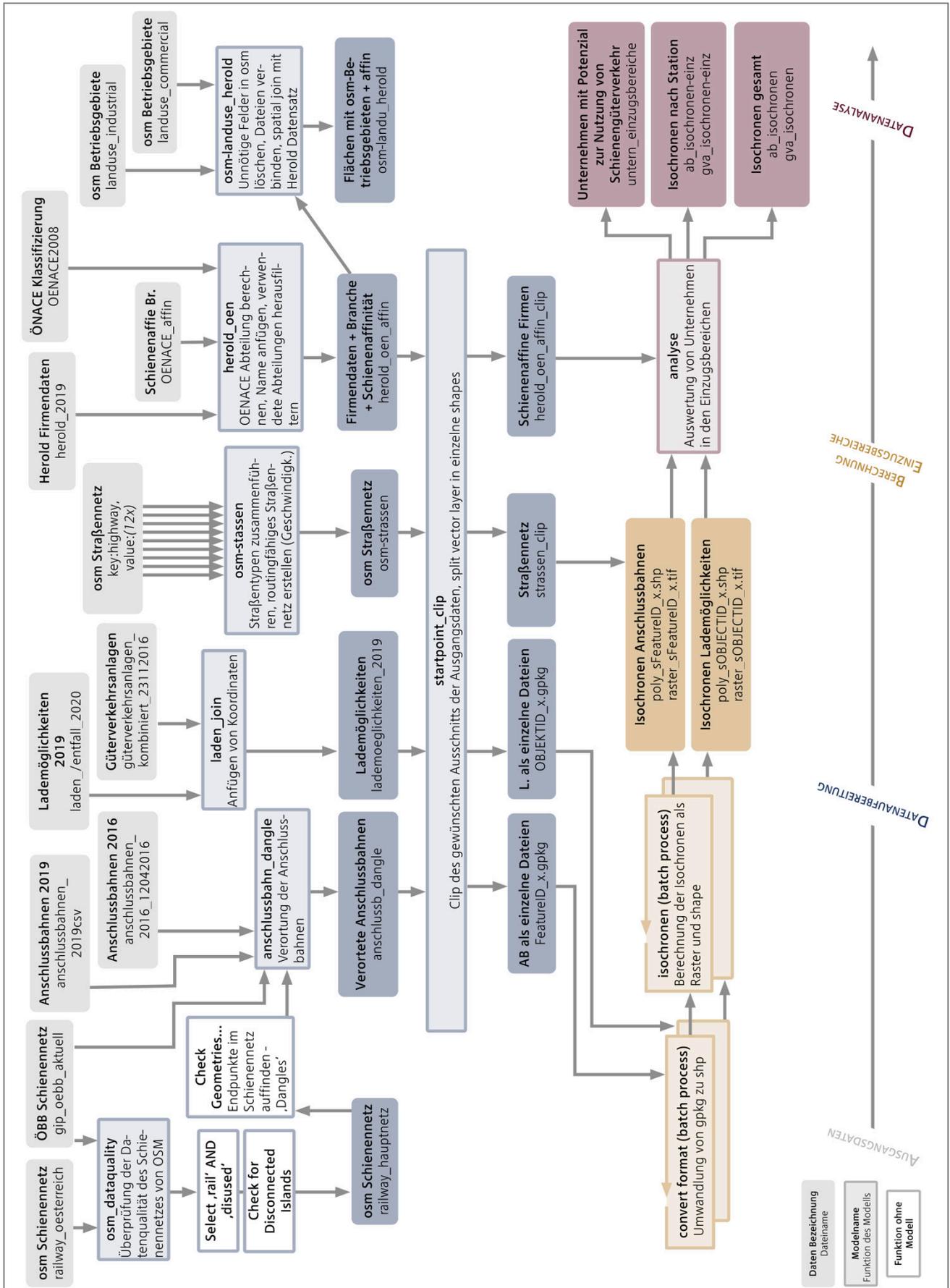


Abbildung 43: Modellkonzeption (eigene Darstellung)

5 ANWENDUNG, ERGEBNIS UND VERWERTUNG DES MODELLS



5.1 FUNKTIONSWEISE UND EINSCHRÄNKUNGEN

Trotz der umfassenden Datenaufbereitung bleiben einige Einschränkungen, was die Validität und Übereinstimmung des Ergebnisses mit der Realität betrifft. Wie bereits in Kapitel 3.2 erwähnt, können durch die variierenden Produktionsketten und die starke Spezialisierung von Unternehmen nur schwer Aussagen dazu getroffen werden, welche Branchen gegenüber einem Transport auf der Schiene grundsätzlich affin sind.

Bezüglich der verwendeten Unternehmensdaten von Herold besteht außerdem die Datenunsicherheit, ob es sich bei dem Standort um einen reinen Bürostandort oder den Produktionsstandort handelt. Dazu wären genauere Daten notwendig. Sind diese verfügbar, können sie jedoch als Eingangsparameter für das Modell verwendet werden.

Keine Information besteht außerdem über die Unternehmensgröße und die Masse an produzierten und transportierten Gütern. Welches Güterverkehrsaufkommen die Unternehmen mit Güterverkehrspotenzial ausmachen würden, lässt sich also auch nicht herausfinden.

Was das Modell zeigen kann, sind auf grober Ebene Regionen in Österreich, die insgesamt ein großes Potenzial für Schienengüterverkehr haben. Auf Basis dieser Analyse können damit befasste Akteure die Potenzialgebiete näher erforschen und Möglichkeiten zur Realisierung des Potenzials finden.

Durch die in Kapitel 4.4.1 beschriebenen technischen Einschränkungen mit dem verwendeten Modul QNEAT3 muss für jeden Ausgangspunkt die Service Area einzeln berechnet werden. Ebenfalls erwähnt wurde die technische Einschränkung von QGIS, durch die das Netzwerk bei jeder Wiederholung der Berechnung erneut gebildet werden muss. Aufgrund dieser Umstände dauert die Berechnung bei über 400 Ausgangspunkten auf dem verwendeten Computer (MacBook Pro | Betriebssystem 10.13.6 | 2,4 GHz Intel Core i5 | 8 GB RAM) jedenfalls mehr als 4 Tage, wurde nach dieser Zeitspanne jedoch abgebrochen.

Aus diesem Grund wurde das Modell im Rahmen dieser Arbeit nur für eine ausgewählte Region, die Ostregion Österreichs, angewendet. Durch eine kleinere Anzahl an Ausgangspunkten und vor allem durch das weitaus kleinere Netzwerk, das so in einer viel kürzeren Zeit gebildet werden kann, ist das Modell innerhalb einiger Stunden mit der Berechnung der Isochronen fertig. Der Zeitaufwand muss auch bei der weiteren praktischen Anwendung und Weiterentwicklung bedacht und künftige Nutzergruppen darauf hingewiesen werden.

Weil einige Analyseschritte nicht innerhalb eines Modells berechnet werden können, ist es auch nicht möglich, ein Modell für die gesamte Berechnung zu erstellen, wie es ursprünglich das Ziel der Arbeit war. Die Aufteilung in mehrere Modelle hat jedoch den Vorteil, dass einzelne Daten oder Analyseschritte des Modells flexibler ausgetauscht werden können und nicht jedes Mal das komplette Modell neu berechnet werden muss, was viel Zeit und Rechenleistung in Anspruch nimmt.

5.2 AUFBEREITUNG FÜR DIE EXTERNE ANWENDUNG

Bis ein geeignetes vollständiges QGIS-Plugin programmiert ist, wird die Analyse in 5 Schritten für die Anwendung aufbereitet. Dafür wird ein Ordner mit Ausgangsdaten sowie QGIS-File auf Anfrage bei der Autorin bereitgestellt werden, in das die Rohdaten bereits geladen sind. Wie dieses QGIS-File aussieht, ist in Abbildung 44 dargestellt. Ebenso sind in der Abbildung im QGIS-Panel „Browser“ die notwendigen Ordner erkennbar, in denen die jeweiligen Modellergebnisse gespeichert werden müssen.

Die in Kapitel 4 erstellten Modelle wurden zu 5 Modellen zusammengefasst, die ebenfalls in dem QGIS-File gespeichert sind und von diesem aus ausgeführt werden können.

Der/die Anwender:in muss die Modelle in der angeführten Reihenfolge ausführen:

1. Modell zur Aufbereitung der Rohdaten (zusammengefügte Modelle aus Kapitel 4.3)
Layer aus Unterordner „rohdaten“ (bereits geladen)
Ergebnis speichern in Unterordner „rohdaten_aufbereitet“
2. Modell zum Zuschneiden auf das gewählte Analysegebiet und Aufsplitten in einzelne Ausgangspunkte (siehe Kapitel 4.4.1)
Daten aus Unterordner „rohdaten_aufbereitet“ sowie „extent“,
Ergebnis speichern in Unterordner „ausgangsdaten_clip/split“
3. Modell zur Konvertierung von geopackages zu shapes (Batch Process, siehe Kapitel 4.4.1)
Daten aus Unterordner „ausgangsdaten_clip/split“
Ergebnis speichern in Unterordner „ausgangsdaten_clip/split-shape“
4. Modell zur Berechnung der Service Areas (Batch Process, siehe Kapitel 4.4.2)
Daten aus Unterordner „ausgangsdaten_clip/split-shape“
Ergebnis speichern in Unterordner „ergebnis“
5. Modelle zur Analyse (nur teilweise automatisierbar, siehe folgendes Kapitel 5.3)

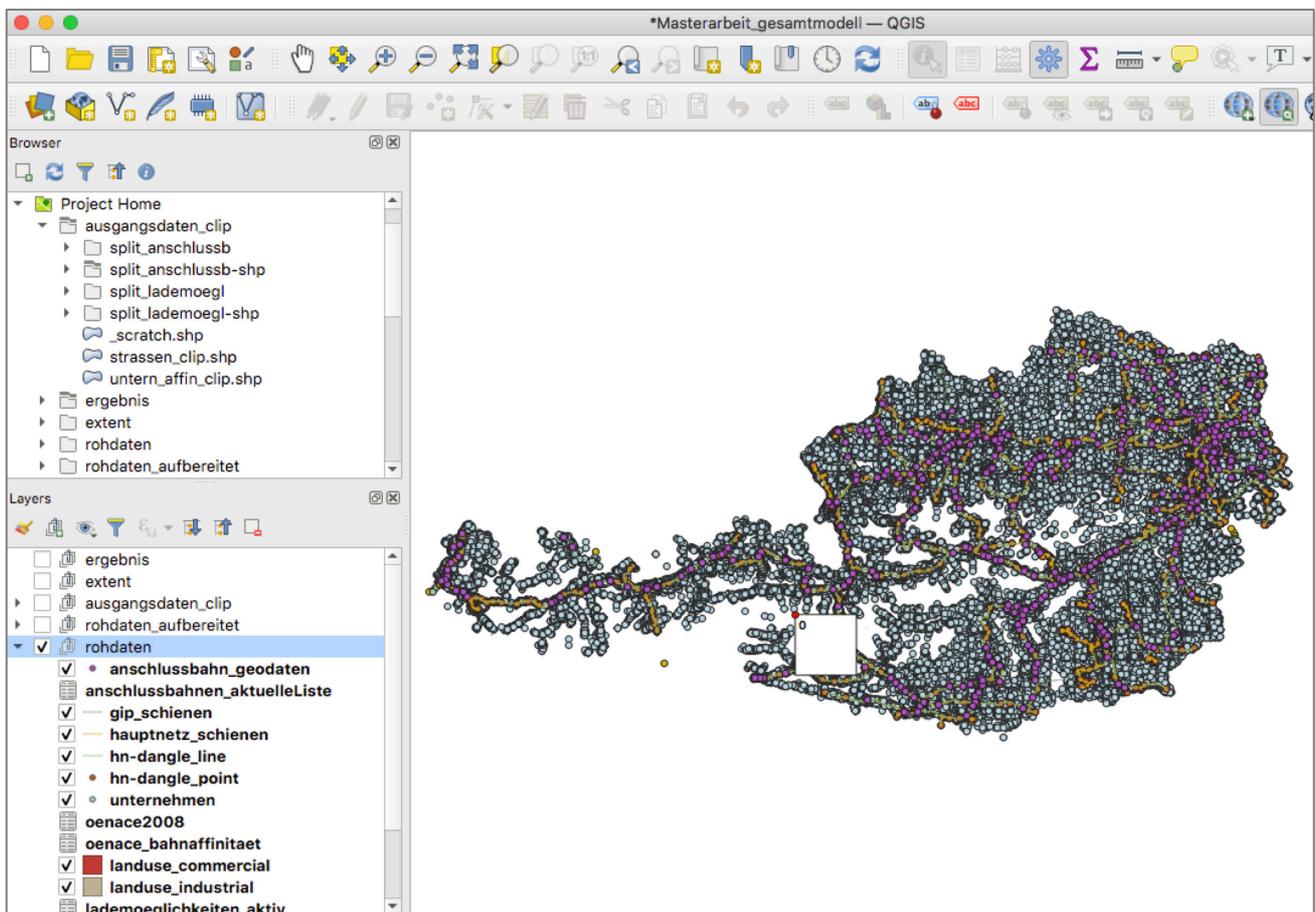


Abbildung 44: Aufbereitung der QGIS-Ausgangsdatei für die Modellberechnung (eigene Darstellung)

Auch wenn für die Ausführung des Modells nur die korrekten Dateipfade angegeben werden müssen, ist In diesem Stadium der Entwicklung die Anwendung trotzdem nur für Personen möglich, die Kenntnisse in GIS-Programmen haben. Die vollständige Automatisierung und die Integration eines Eingabefensters zur allgemeinen Verwendung ist aufgrund des hohen Aufwandes nicht Teil der Arbeit.

Wie die derzeitige Dateneingabe aussieht wird in Abbildung 45 dargestellt. Als Speicherpfad muss der jeweilige Unterordner gewählt werden. Die Layer, die im Eingabefenster ausgewählt werden müssen, entsprechen dabei zur einfacheren Anwendung immer dem Dateinamen.

Für den Fall, dass der anwendenden Person aktuellere oder bessere Dateien zur Verfügung stehen, müssen diese mit dem gleichen Namen im jeweiligen Unterordner ersetzt werden und die Berechnung kann mit diesen erfolgen. Es ist jedoch darauf zu achten, dass relevante Spalten dieselbe Formatierung und Benennung aufweisen müssen. Dieser Faktor müsste auch bei der Entwicklung einer vollständigen Automatisierung beachtet werden.

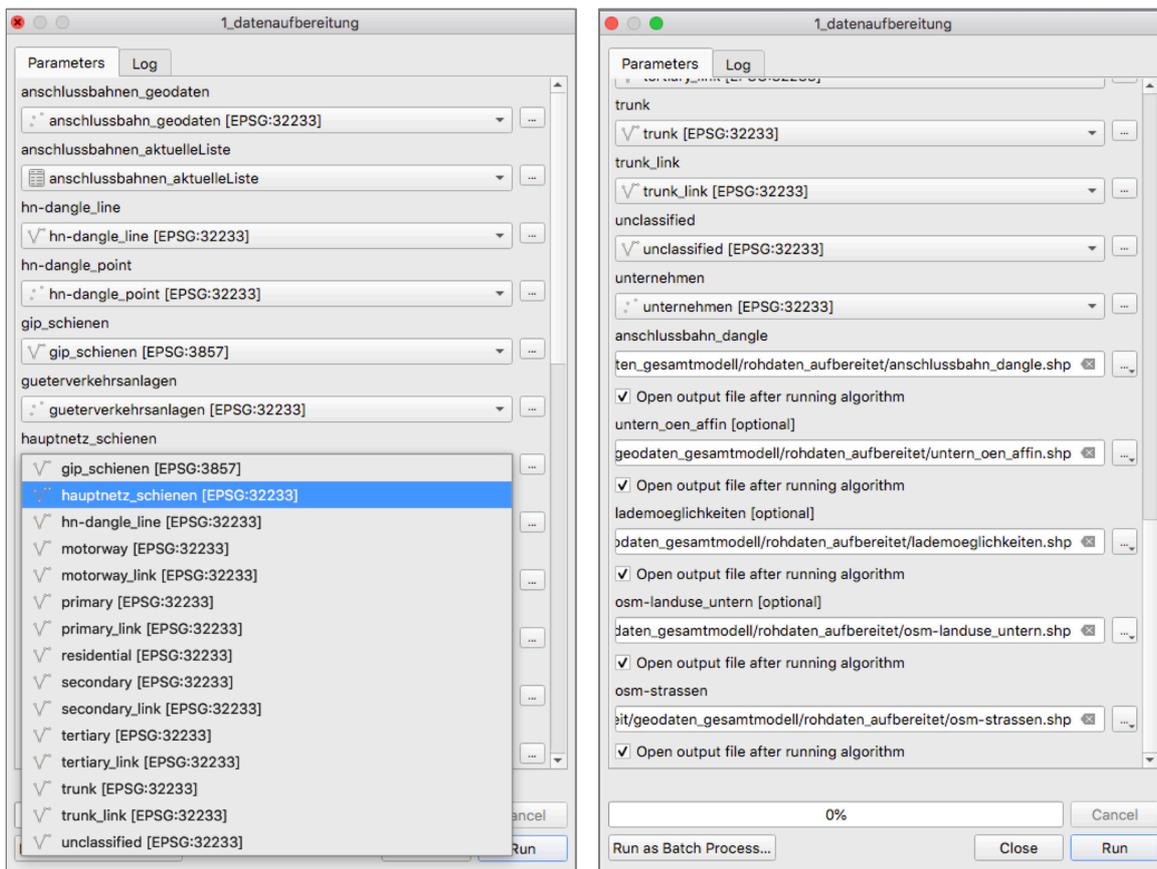


Abbildung 45: Auswahl der Daten und Speicherpfade für das Modell zur Rohdatenaufbereitung (eigene Darstellung)

5.3 ANALYSE DER ERGEBNISSE

Im Folgenden werden einige Möglichkeiten aufgezeigt, welche Analysen mit den im Modell berechneten Daten durchgeführt werden können. Für die gewählte Beispielregion werden die Ergebnisse interpretiert und daraus auch Potenziale für die weitere Forschung gewonnen. Dabei wird mit den in Kapitel 4.3 angenommenen Werten branchenbedingter Schienenaffinität und Distanzsensitivität gearbeitet. Bei neuen Erkenntnissen zu den Datengrundlagen kann die Aussage der Interpretation jedoch variieren, etwa welche Gebiete großes Potenzial haben und wie viele Unternehmen innerhalb der Potenzialgebiete liegen. Die Analyse erfolgt teilweise in QGIS, teilweise durch einen Export der Attributtabelle des Ergebnisses in ein Tabellenkalkulationsprogramm.

5.3.1 STATISTISCHE ANALYSE

Tabelle 4 zeigt, welcher Anteil der Unternehmen mit branchenbedingter Schienenaffinität (siehe 4.3.4) im Einzugsbereich von Anschlussbahnen und / oder Betriebsstellen mit Lademöglichkeit liegt. Dabei zeigt sich, dass

ein nicht zu verachtender Anteil von 20 % der Unternehmen im Einzugsbereich von 5 Minuten beider Schienenzugangsmöglichkeiten liegt. Bei einer Distanz von 5 Minuten der Einfluss des Distanzfaktors auf eine Nichtnutzung noch sehr gering.

Ähnlich viele Unternehmen liegen im Einzugsbereich beider Schienenzugangsmöglichkeiten mit einer Distanz von 5 bis 10 Minuten. Jeweils 10 % liegen nur im 10-Minuten-Einzugsbereich von einer der beiden Zugangsmöglichkeiten. Daraus lässt sich indirekt schließen, dass der Großteil der identifizierten Anschlussgleise auch in der Umgebung von Betriebsstellen mit Lademöglichkeit liegt. Lediglich 6 % der Unternehmen in der Beispielregion liegen im Einzugsbereich keiner der beiden Standorttypen.

Entfernung zu Anschlussbahn	Entfernung zu Betriebsstelle mit Lademöglichkeit				
	5 Minuten	10 Minuten	15 Minuten	20 Minuten	außerhalb
5 Minuten	20,8%	10,9%	0,5%	0,2%	0,2%
10 Minuten	10,9%	22,2%	3,4%	0,1%	0,2%
außerhalb	5,9%	7,8%	6,8%	3,9%	6,1%

Tabelle 4: Entfernung zu Anschlussbahn oder Betriebsstelle mit Lademöglichkeit ausgehend von bestehenden branchenbedingt schienenaffinen Unternehmensstandorten in der Ostregion (eigene Darstellung und Berechnung)

Abbildung 46 zeigt dieselben Daten und Zusammenhänge, jedoch in absoluten Zahlen. So sind es in der Beispielregion fast 2000 Unternehmen mit branchenbedingter Schienenaffinität, die im Einzugsbereich von 5 Minuten zu einer Anschlussbahn und einer Betriebsstelle mit Lademöglichkeit liegen. Ungefähr 570 liegen hingegen im Einzugsbereich von keinem der beiden Standorttypen.

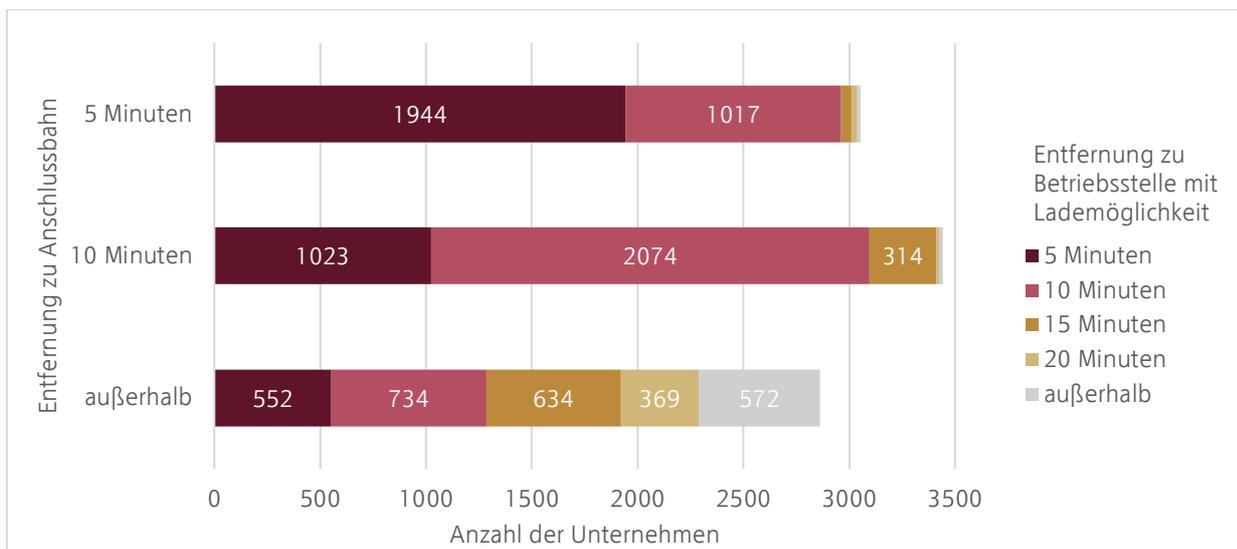


Abbildung 46: Erreichbarkeit von Anschlussbahnen und Betriebsstellen mit Lademöglichkeit ausgehend von bestehenden branchenbedingt schienenaffinen Unternehmensstandorten in der Beispielregion (eigene Darstellung)

Die Verteilung der Unternehmen auf die branchenbedingten Affinitätsfaktoren (definiert in Kapitel 4.3.4) innerhalb der Beispielregion zeigt Abbildung 47. Fast 63 % der Unternehmen hat einen Affinitätsfaktor von 0,4 und damit den niedrigsten der angenommenen Werte. 28 % haben mit einem Affinitätsfaktor von 1 den höchst möglichen. Die dazwischen liegenden Werte machen insgesamt nur einen Anteil von etwa 8 % aus.

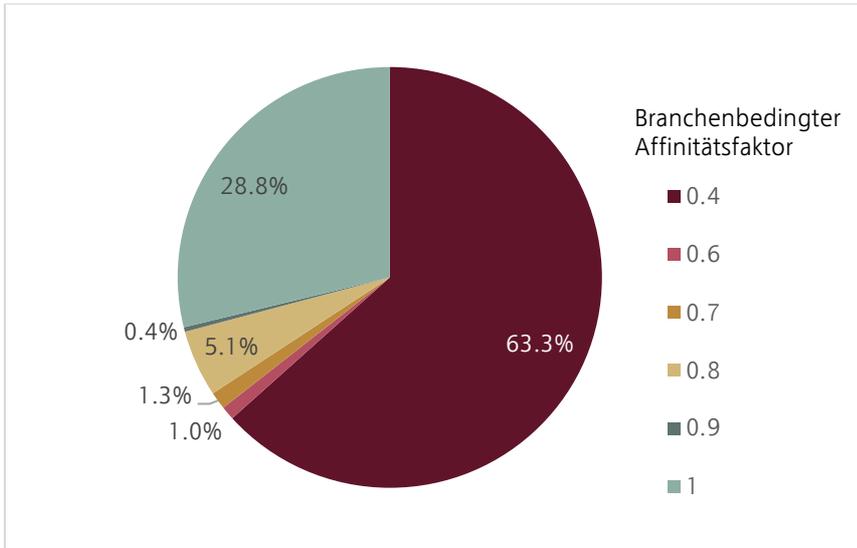


Abbildung 47: Anteile der Unternehmen nach branchenbedingtem Affinitätsfaktor in der Ostregion (eigene Darstellung)

Abbildung 48 und Abbildung 49 zeigen die absolute Anzahl an Unternehmen mit Schienenaffinität in der Beispielregion, aufgeteilt in Einzugsbereiche von Betriebsstellen mit Lademöglichkeit beziehungsweise Anschlussbahnen. Die größte Anzahl liegt bei beiden Standorttypen im Einzugsbereich von 5 bis 10 Minuten, die zweitgrößte Anzahl machen Unternehmen im Einzugsbereich von bis zu 5 Minuten aus. Ein wesentlich geringerer Anteil liegt außerhalb dieser Einzugsbereiche. Dadurch dass die Kategorien der branchenbedingten Affinitätsfaktoren sehr unterschiedlich groß sind, lassen sich bisher nur wenige Aussagen zu einem Zusammenhang zwischen Affinität und Entfernung zu einer Lademöglichkeit oder Anschlussbahn treffen.

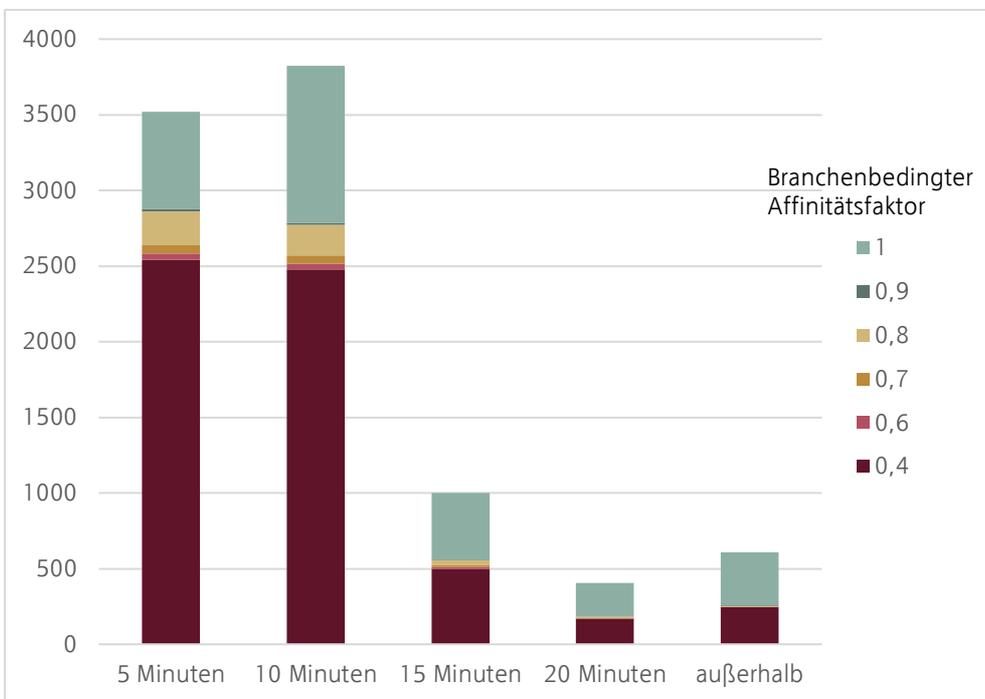


Abbildung 48: Anteile branchenbedingter Affinitätsfaktoren nach Erreichbarkeit von Betriebsstellen mit Lademöglichkeit (eigene Darstellung)

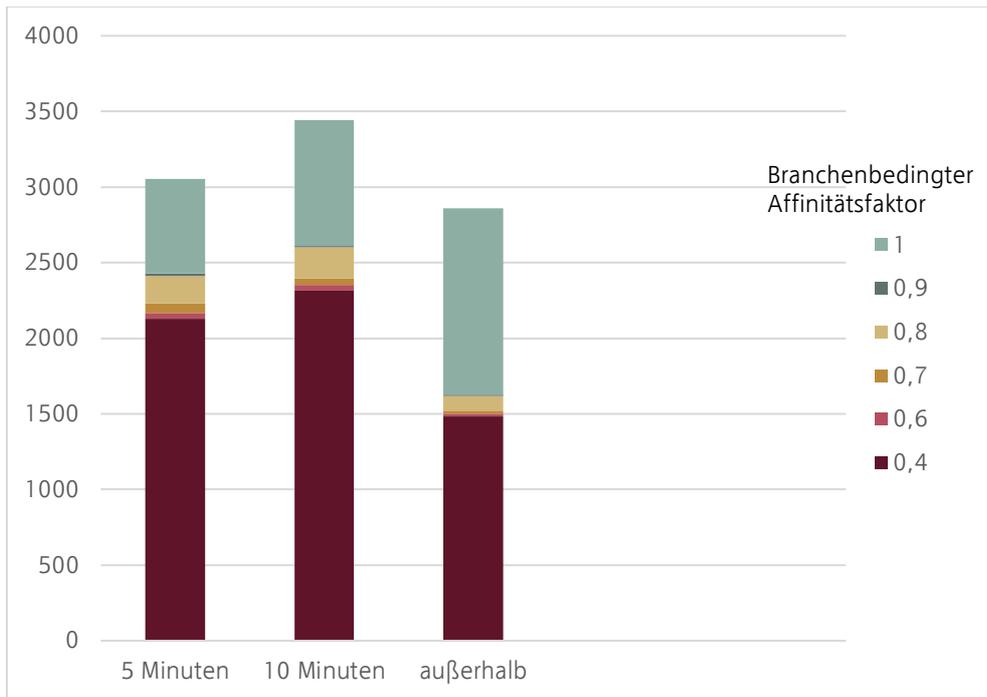


Abbildung 49: Anteile branchenbedingter Affinitätsfaktoren nach Erreichbarkeit von Anschlussbahnen (eigene Darstellung)

Da in den Kategorien der branchenbedingten Affinitätsfaktoren jeweils sehr unterschiedlich viele Unternehmen sind, wurde innerhalb des jeweiligen Affinitätsfaktor analysiert, wie diese auf die Service Areas verteilt sind (siehe Abbildung 50 und Abbildung 51). So zeigt sich, dass von jenen Unternehmen mit dem höchsten Affinitätsfaktor die wenigsten in einem Einzugsbereich von 5 Minuten zu einer Betriebsstelle mit Lademöglichkeit liegen (24 %). Auch bei den Anschlussbahnen zeigt sich mit 23 % ein sehr ähnlicher Wert. Bei einem Affinitätsfaktor von 0,9 liegen hingegen 50 % der Unternehmen in einem Einzugsbereich von 5 Minuten zu einer Lademöglichkeit oder Anschlussbahn. Bei den anderen Kategorien mit niedrigeren Affinitätsfaktoren liegt ebenfalls ein ähnlich großer Anteil im Einzugsbereich von 5 Minuten von Betriebsstellen mit Lademöglichkeit. Bei den Anschlussbahnen ist dieses Ergebnis durchwachsener, jedoch auch durchwegs hoch.

Von den Unternehmen mit einem Affinitätsfaktor von 1 liegen 13 % außerhalb des angenommenen Einzugsbereiches. Bei allen anderen Affinitätsfaktoren ist dieser Anteil mit 3 % oder weniger wesentlich kleiner.

Durch die halb so großen Einzugsbereiche (10 Minuten statt 20 Minuten) liegen zwischen die Hälfte und 15 % der Unternehmen jeder Kategorie außerhalb des Einzugsbereiches einer Anschlussbahn. Auch hier hat der größte Anteil der Unternehmen außerhalb des Einzugsbereiches den Affinitätsfaktor 1.

Insgesamt zeigt sich auch bei dieser Analyse, dass der Großteil der Unternehmen im Einzugsbereich einer Betriebsstelle mit Lademöglichkeit liegt. Ein großer Anteil der Unternehmen liegt auch im Einzugsbereich einer Anschlussbahn. Auffällig ist vor allem, dass Unternehmen mit einem Affinitätsfaktor von 1 tendenziell am weitesten von einem Schienenanschluss entfernt sind. Ein möglicher Grund dafür ist, dass es sich dabei um viele landwirtschaftliche Betriebe oder Großbetriebe wie Bergwerke handelt, die oftmals etwas abgelegen liegen.

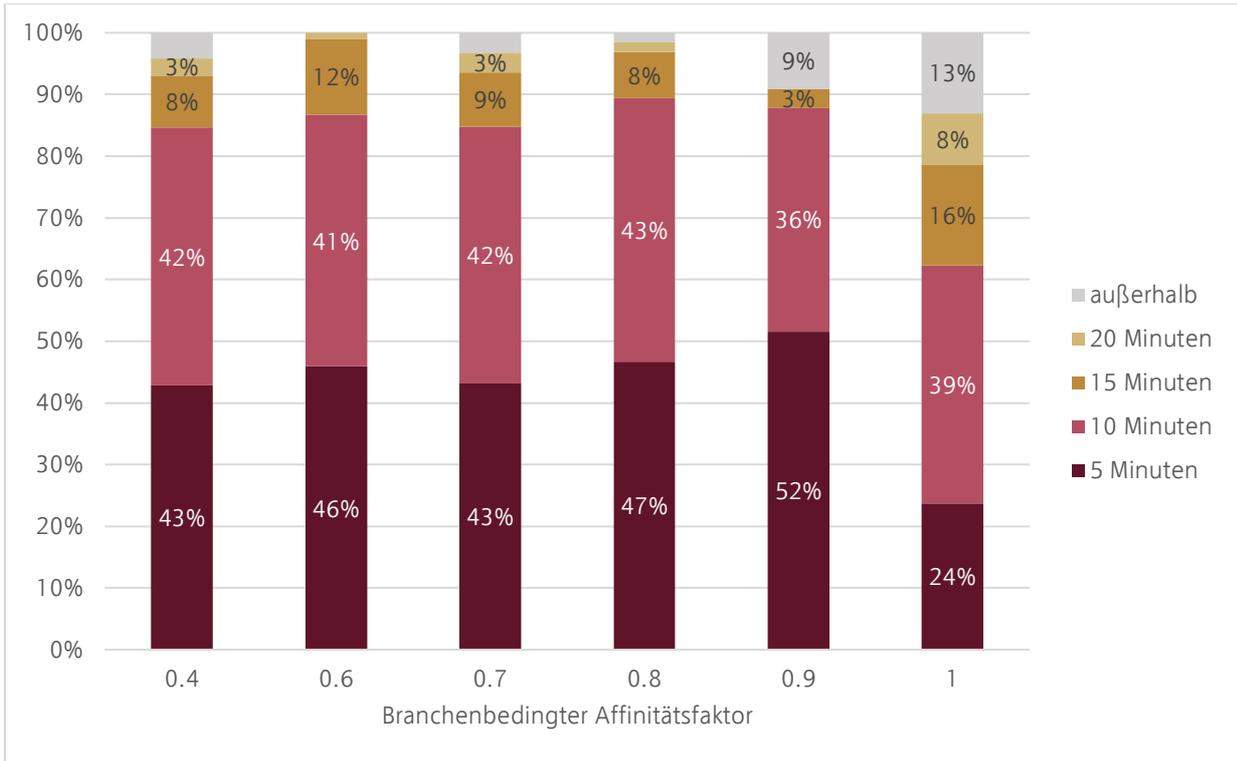


Abbildung 50: Erreichbarkeit von Betriebsstellen mit Lademöglichkeit nach branchenbedingtem Affinitätsfaktor (eigene Darstellung)

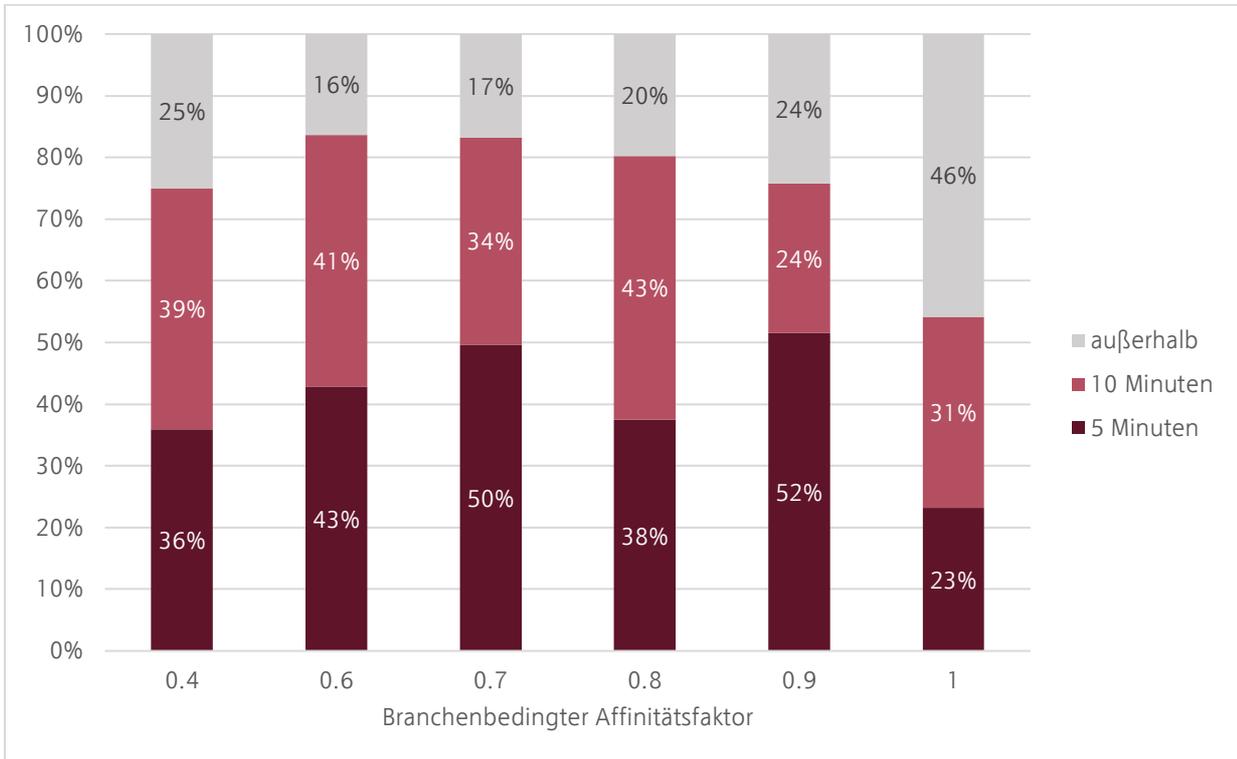


Abbildung 51: Erreichbarkeit von Anschlussbahnen nach branchenbedingtem Affinitätsfaktor (eigene Darstellung)

5.3.2 RÄUMLICHE ANALYSE

Die räumliche Analyse wird vor allem mithilfe des QGIS-Plugins Visualist (vgl. Rossy 2019a, ebd. 2019b) durchgeführt. Dieses ermöglicht die Analyse verschiedener räumlicher Zusammenhänge und deren Darstellung.

NEAREST NEIGHBOUR CLUSTER ANALYSE

Durch die Nearest Neighbour Cluster Analyse können räumlich nahegelegene Punkte nach bestimmten Kriterien zu Clustern zusammengefasst werden. Für das vorliegende Anwendungsgebiet wurden Unternehmen mit Schienenaffinität mit einem Abstand von maximal 1600 m zu Clustern mit mindestens 10 Unternehmen zusammengefasst. Diese Werte brachten bei einem Trail-and-Error-Verfahren das sinnvollste Ergebnis. Dieses ist in Relation zu den Einzugsgebieten der Anschlussbahnen in Abbildung 52 abgebildet, das Ergebnis in Relation zu den Betriebsstellen mit Lademöglichkeit in Abbildung 53.

Größere Cluster gibt es besonders im Raum Wien. Dabei sei jedoch nochmals die Dateneinschränkung erwähnt, dass es sich nicht unbedingt um den Produktionsstandort handeln muss, sondern auch um einen Bürostandort handeln kann, von dem aus keine Güter transportiert werden.

Es zeigt sich, dass sich eine große Zahl der Cluster im Einzugsbereich von 5 Minuten der Lademöglichkeiten befindet. Von den Einzugsbereichen der Anschlussbahnen sind die Cluster etwas weniger gut bedeckt. Gerade im Raum Burgenland gibt es hier einige, die sich nicht in der Nähe einer Anschlussbahn befinden, jedoch auch westlich von Wien gibt es einen Cluster, der nicht im Einzugsbereich einer Anschlussbahn liegt.

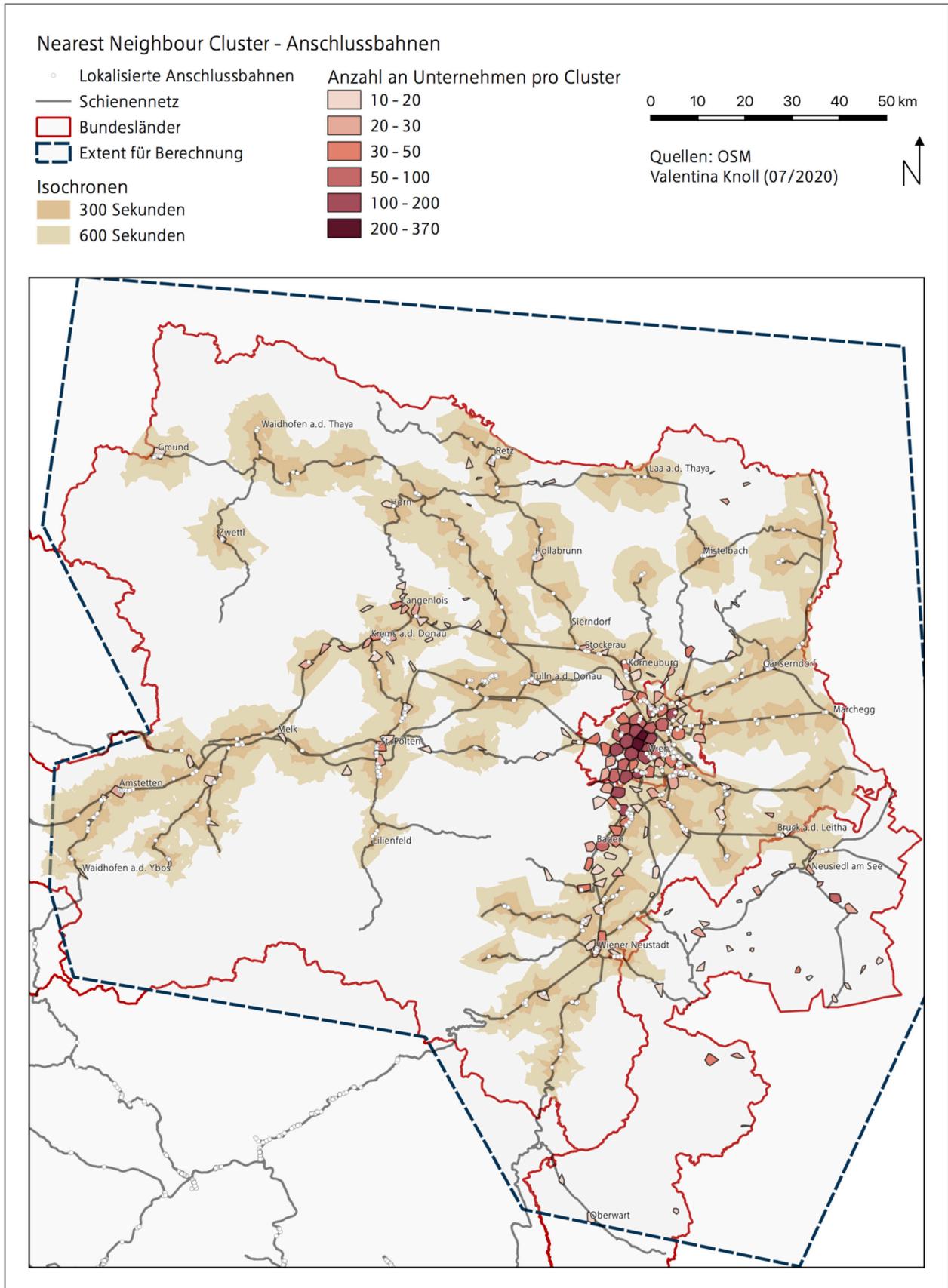


Abbildung 52: Nearest Neighbour Cluster von branchenbedingt schienenaffinen Unternehmen im Vergleich zu Einzugsbereichen von Anschlussbahnen (Datengrundlage OpenStreetMap contributors 2020, eigene Darstellung)

Nearest Neighbour Cluster - Betriebsstellen mit Lademöglichkeit

- Bst mit Lademöglichkeit
 - Schienennetz
 - ▭ Extent für Berechnung
 - ▭ Bundesländer
 - Isochronen
 - 300 Sekunden
 - 600 Sekunden
 - 900 Sekunden
 - 1200 Sekunden
- | Anzahl an Unternehmen pro Cluster | |
|-----------------------------------|-----------|
| ■ | 10 - 20 |
| ■ | 20 - 30 |
| ■ | 30 - 50 |
| ■ | 50 - 100 |
| ■ | 100 - 200 |
| ■ | 200 - 370 |

0 10 20 30 40 50 km

Quellen: ÖBB-Infra OSM,
Valentina Knoll (07/2020)

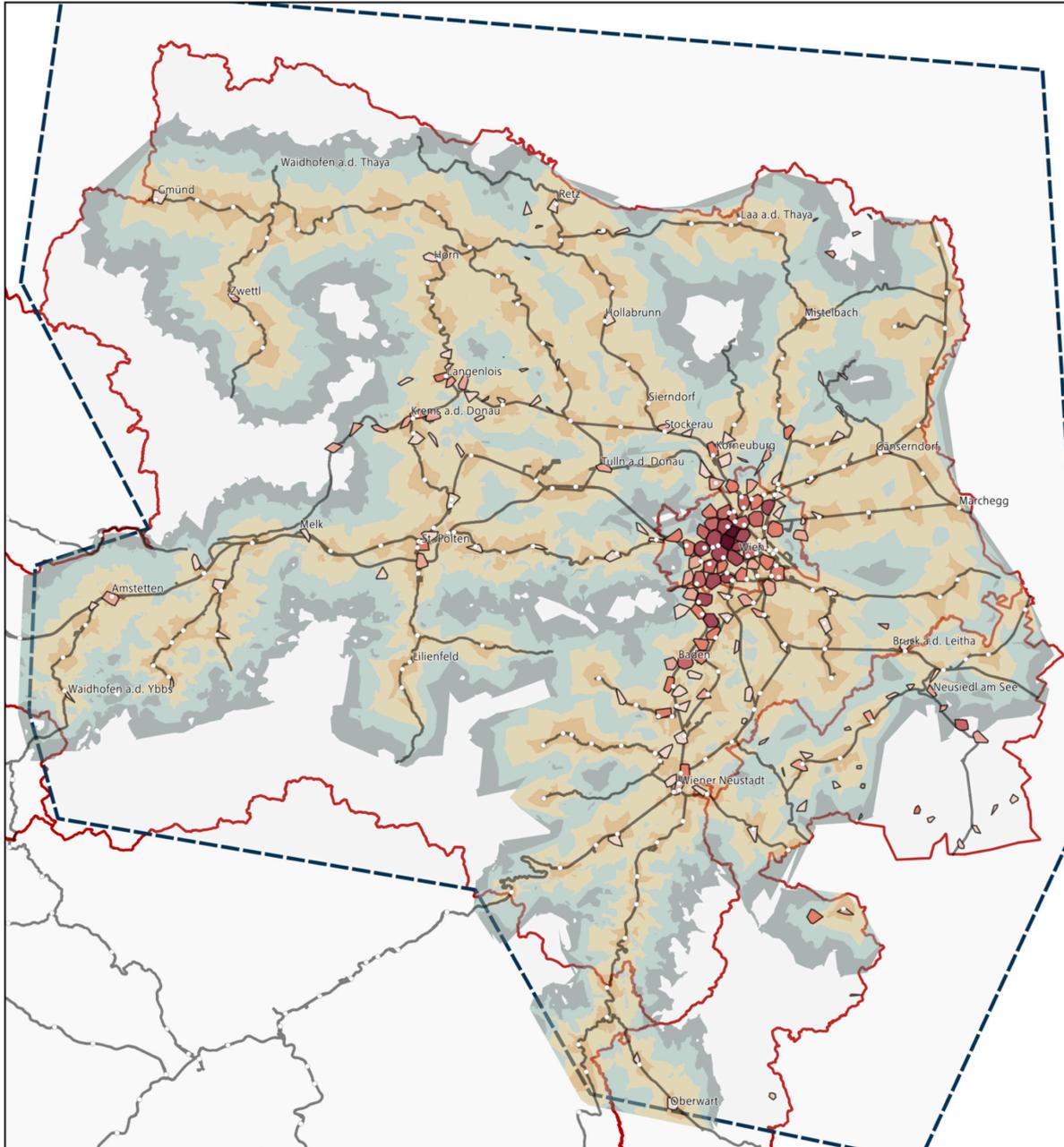


Abbildung 53: Nearest Neighbour Cluster von branchenbedingt schienenauffinen Unternehmen im Vergleich zu Einzugsbereichen von Betriebsstellen mit Lademöglichkeit (Datengrundlage OpenStreetMap contributors 2020; ÖBB-Infra, eigene Darstellung)

CHOROPLETHENKARTE

Zur Veranschaulichung, im Einzugsbereich welcher Betriebsstelle bzw. Anschlussbahn sich wie viele Unternehmen befinden, können Choroplethenkarten erstellt werden. In diesen variiert die Darstellung von Polygonen (Flächen) je nach Anzahl an darin liegenden Punkten.

Um das festzustellen, muss der Layer mit allen Service Areas mittels der Funktion *Dissolve*¹⁹ ausgesplittet werden, sodass die Service Area zu jedem Punkt in einem anderen Layer liegt. Danach wird in einer Choroplethenkarte analysiert, wie viele Unternehmen mit Schienenaffinität im Einzugsbereich welcher Betriebsstelle bzw. Anschlussbahn liegen. Dieser Prozess wird im Modell in Abbildung 54 dargestellt. Um differenziertere Aussagen treffen zu können, wird dieselbe Analyse erneut nur mit Unternehmen eines bestimmten branchenbedingten Affinitätsfaktors durchgeführt.

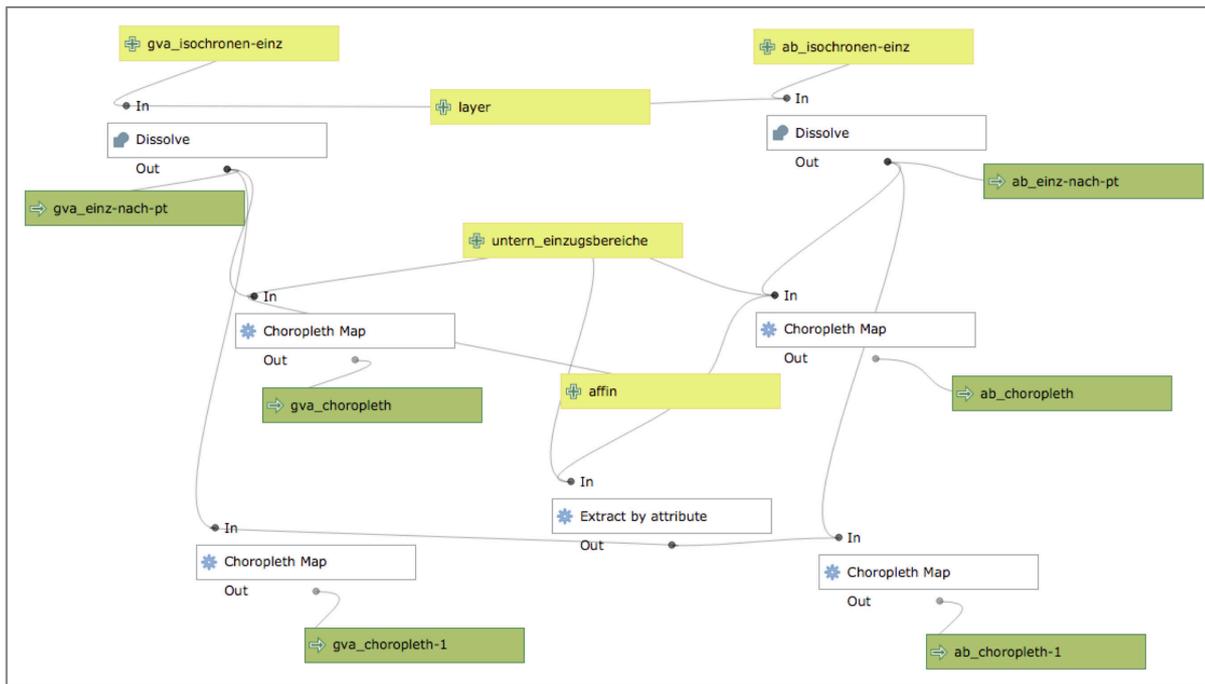


Abbildung 54: ‚analyse-choropleth‘ – Modell zur Erstellung der Choroplethenkarten (eigene Darstellung)

Die Karten zur allgemeinen Analyse, unabhängig vom branchenbedingten Affinitätsfaktor, zeigen Abbildung 59 (Anschlussbahnen) und Abbildung 61 (Betriebsstellen mit Lademöglichkeit). In Abbildung 60 (Anschlussbahnen) und Abbildung 62 (Betriebsstellen mit Lademöglichkeit) ist das Ergebnis der Analyse jeweils nur mit Unternehmen des Affinitätsfaktors 1 dargestellt.

Die Darstellung der Polygone in der Karte erfolgt in absteigender Reihenfolge, sodass jene mit den meisten darin liegenden Unternehmen oben angeordnet sind. Außerdem werden sie mit einer Transparenz von 30 % dargestellt, sodass mehrere übereinanderliegende Polygone durch eine intensivere Farbgebung erkennbar sind.

Zur besseren Veranschaulichung der Datenverteilung werden die den Karten zugehörigen Histogramme in Abbildung 55 bis Abbildung 58 dargestellt. Da die Datenverteilung ungefähr einer negativen logarithmischen Kurve entspricht, sind die Klassengrößen bei der Farbgebung in der Karte nicht in gleich große Intervalle unterteilt worden. Bei gleicher Klassengröße wäre bei den Werten im unteren Spektrum größtenteils kein farblicher

¹⁹ Ein Layer A mit x Attributausprägungen in einer gewählten Spalte wird in x Layer aufgeteilt.

Unterschied erkennbar. Es wurden jedoch in Relation zum Maximalwert in etwa dieselben Klassenabstände und Klassengrößen gewählt, um die Karten vergleichbar zu machen.

Bei der Analyse der Anschlussbahnen zeigt sich, dass die Unternehmen eher ungleich auf die Klassen verteilt sind. Es gibt einige wenige Anschlussbahnen, in deren Einzugsbereich eine extrem hohe Anzahl an Unternehmen liegt. Im Einzugsbereich der großen Mehrheit jedoch liegen 100 oder weniger Unternehmen. Es zeigen sich Wien und vor allem das südliche Wiener Umland als starkes Zentrum (siehe Abbildung 59), wobei hier wieder die Dateneinschränkung bezüglich Produktionsstandort und Bürostandort beachtet werden muss. Vergleichsweise viele Unternehmen haben die Anschlussbahnen im Bereich von Krems in ihrem Einzugsbereich. Dieses Gebiet hat ein größeres Potenzial als das südlich davon gelegene Gebiet rund um St. Pölten, das im unteren Viertel des gegebenen Wertespektrums liegt. Andere Gebiete mit ähnlich vielen Unternehmen pro Einzugsgebiet wie St. Pölten sind Wiener Neustadt, Korneuburg oder Amstetten.

Werden nur Unternehmen mit Affinitätsfaktor 1 berücksichtigt, zeigt sich bei der Verteilung der Werte im Histogramm ein sehr ähnliches Bild wie ohne dieser Filterung. Bei einer räumlichen Darstellung der Werte ist jedoch erkennbar, dass die Anschlussbahnen mit den meisten Unternehmen in ihrem Einzugsgebiet nun nicht in Wien, sondern in Krems liegen (siehe Abbildung 60). Dabei haben nicht nur das direkte Umfeld von Krems, sondern auch die Bereiche südlich und nördlich davon ein vergleichsweise hohes Potenzial im mittleren Wertebereich. Besonders sticht außerdem Retz hervor, das ein ähnliche hohes Potenzial wie der Raum Wien hat.

Da die Einzugsbereiche der Betriebsstellen mit Lademöglichkeit mit einer größeren Distanz angenommen wurden (siehe Kapitel 4.4.2), befinden sich im Einzugsgebiet einer Betriebsstelle bis zu drei Mal so viele Unternehmen.

Gebiete mit einer sehr großen Anzahl an Unternehmen pro Einzugsbereich der Betriebsstelle befinden sich im Raum Wien, wobei sich diese Flächen durch die Größe des Einzugsbereiches bis nach Korneuburg bzw. Baden ziehen (siehe Abbildung 61). Gebiete mit relativ vielen Unternehmen pro Einzugsbereich befinden sich außerdem in Wiener Neustadt, in den Bereichen südlich davon sowie in Krems an der Donau. Im unteren Viertel des Wertebereichs liegen die Gebiete westlich und östlich von Korneuburg und in St. Pölten. Ebenfalls noch mit eine größere Anzahl an Unternehmen pro Einzugsbereich haben die Gebiete um Hollabrunn, Retz, Eisenstadt und Bruck an der Leitha.

Werden ausschließlich jene Unternehmen berücksichtigt, die einen branchenbedingten Bahnaffinitätsfaktor von 1 haben (siehe Abbildung 62), befinden sich die Gebiete mit dem größten Potenzial im Raum von Krems an der Donau und im nördlichen Wien bis hin nach Korneuburg. Krems sticht dabei nicht mit so viel höheren Werten hervor, wie es das bei der Analyse der Anschlussbahnen tut. Die Gebiete um Hollabrunn, Retz sowie Baden und Eisenstadt im unteren Mittelfeld des Wertebereichs.

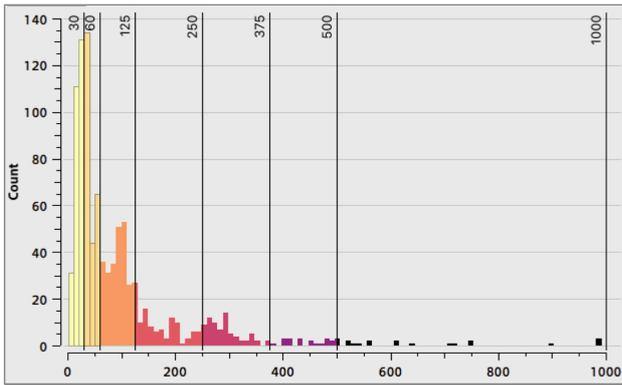


Abbildung 55: Histogramm zu Unternehmen aller branchenbedingten Affinitätsfaktoren pro Anschlussbahn (eigene Darstellung)

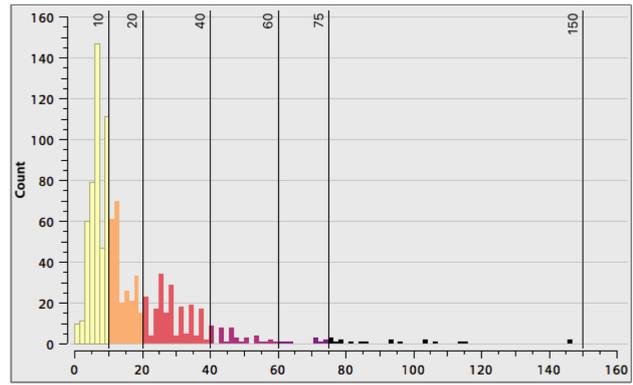


Abbildung 56: Histogramm zu Unternehmen mit branchenbedingtem Affinitätsfaktor 1 pro Anschlussbahn (eigene Darstellung)

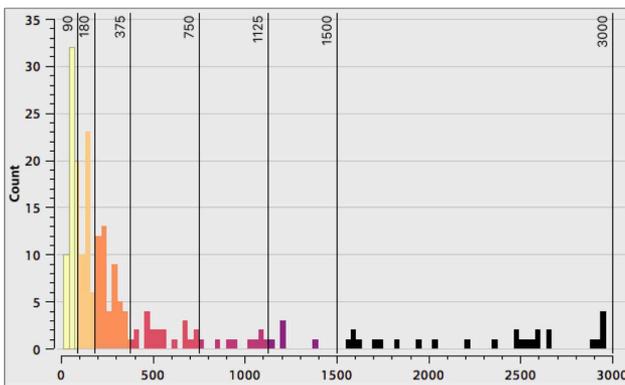


Abbildung 57: Histogramm zu Unternehmen aller branchenbedingten Affinitätsfaktoren pro Betriebsstelle mit Lademöglichkeit (eigene Darstellung)

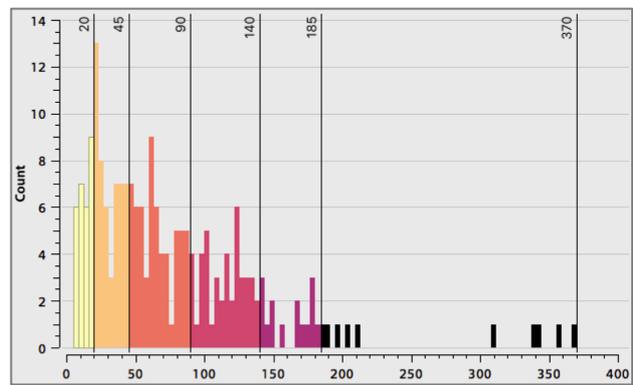


Abbildung 58: Histogramm zu Unternehmen mit branchenbedingtem Affinitätsfaktor 1 pro Betriebsstelle mit Lademöglichkeit (eigene Darstellung)

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



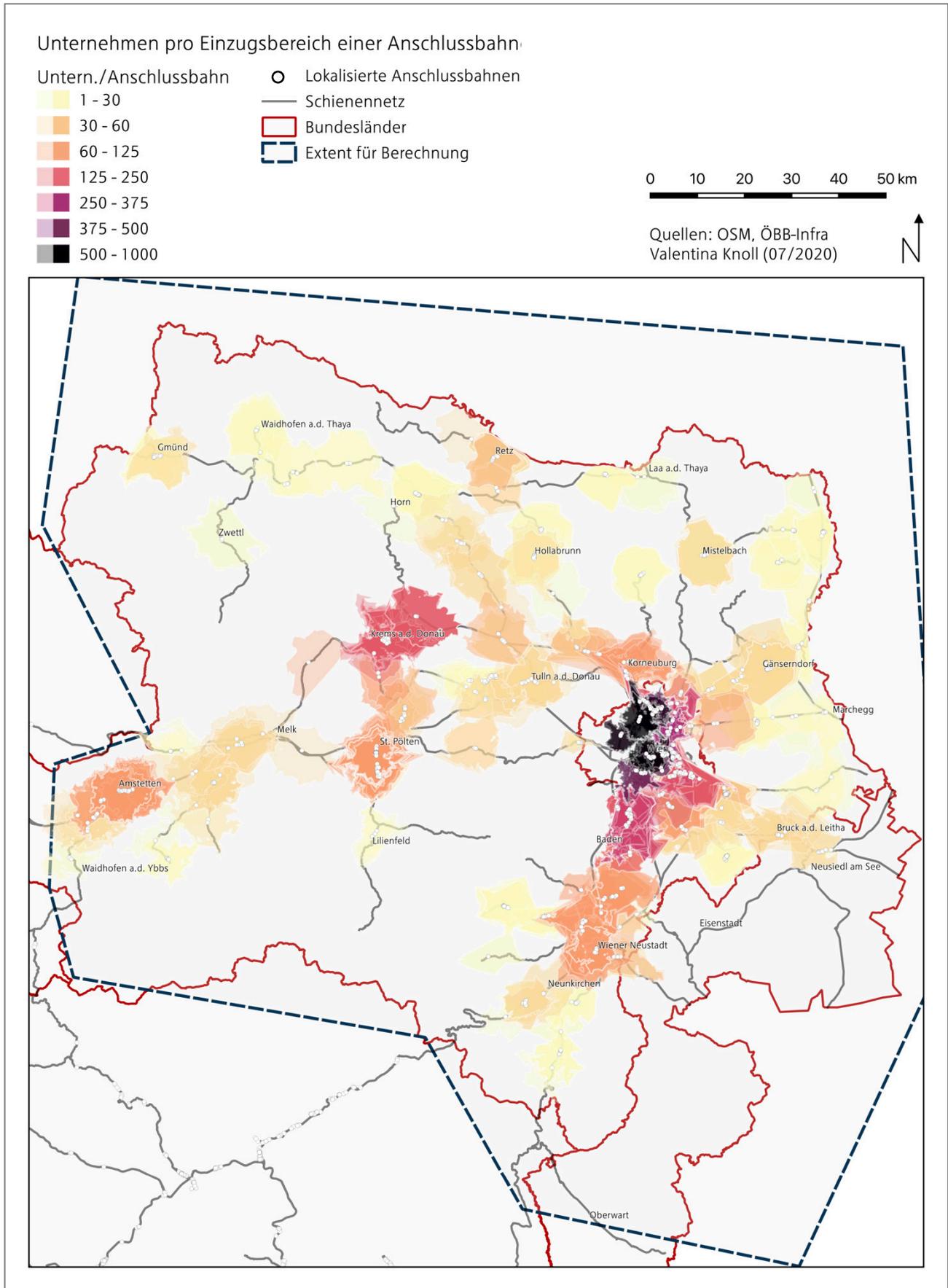


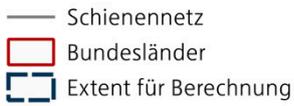
Abbildung 59: Choroplethenkarte - Branchenbedingt bahnaffine Unternehmen pro Einzugsbereich einer Anschlussbahn (Datengrundlage OpenStreetMap contributors 2020; ÖBB-Infra, eigene Darstellung)

Unternehmen mit Affinitätsfaktor 1 pro Einzugsbereich einer Anschlussbahn

Untern./Anschlussbahn



○ Lokalisierte Anschlussbahnen



Quellen: OSM, ÖBB-Infra
Valentina Knoll (07/2020)

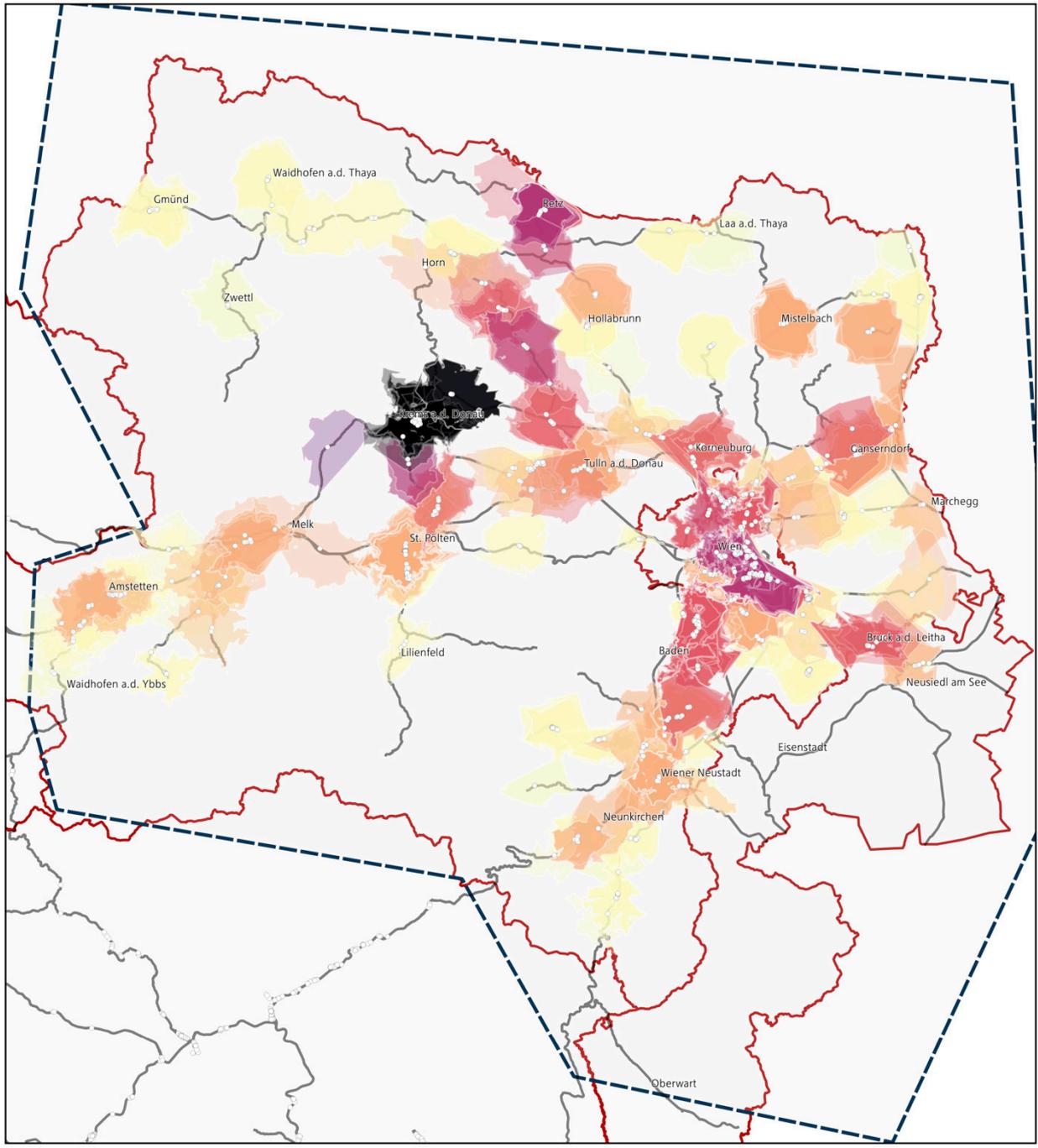


Abbildung 60: Choroplethenkarte - Branchenbedingt bahnaffine Unternehmen mit Affinitätsfaktor 1 pro Einzugsbereich einer Anschlussbahn

(Datengrundlage OpenStreetMap contributors 2020; ÖBB-Infra, eigene Darstellung)

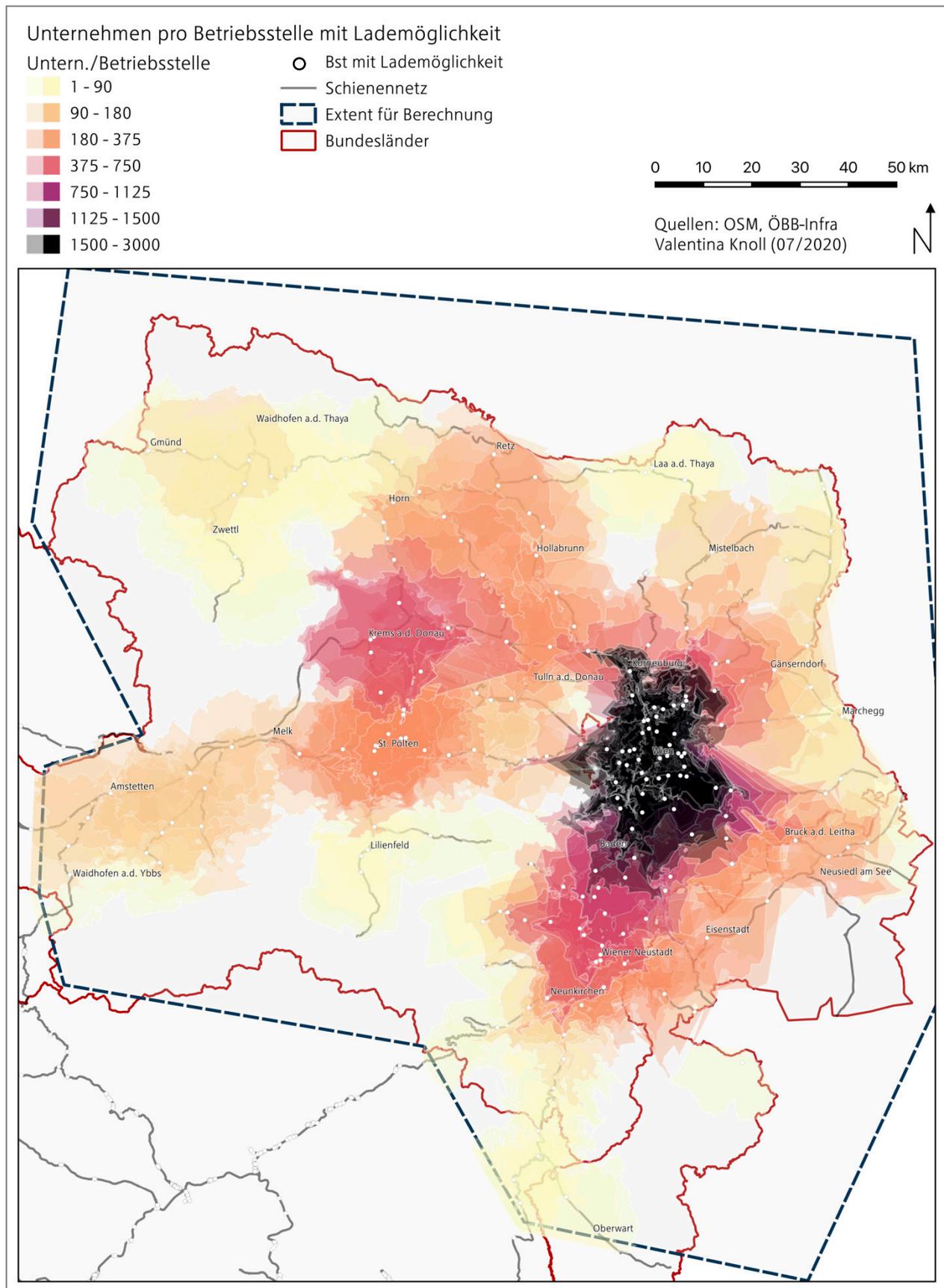


Abbildung 61 : Choroplethenkarte - Branchenbedingt bahnaffine Unternehmen pro Einzugsbereich einer Betriebsstelle mit Lademöglichkeit

(Datengrundlage OpenStreetMap contributors 2020; ÖBB-Infra, eigene Darstellung)

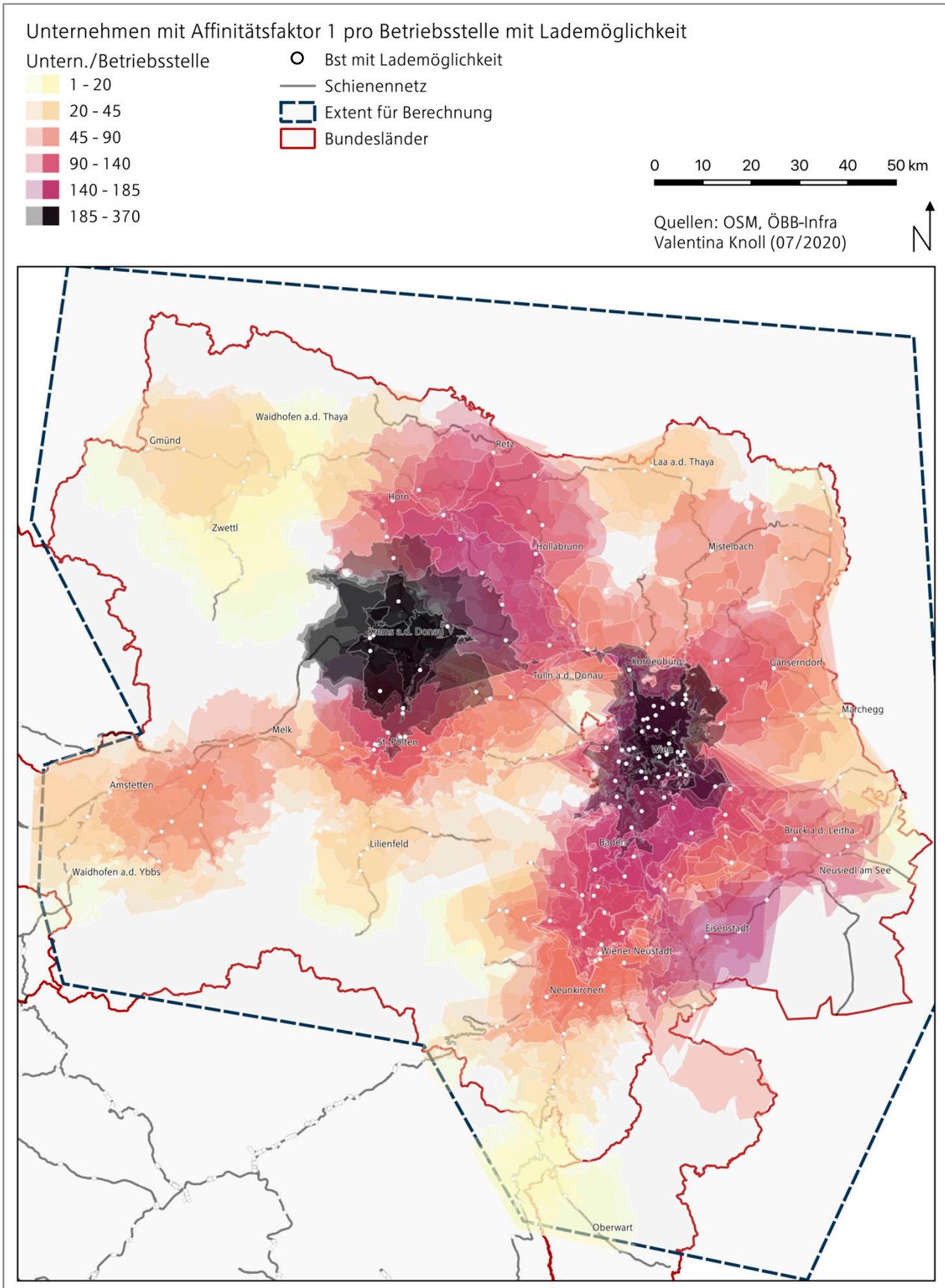


Abbildung 62: Choroplethenkarte - Branchenbedingt bahnaffine Unternehmen mit Affinitätsfaktor 1 pro Betriebsstelle mit Lademöglichkeit (Datengrundlage OpenStreetMap contributors 2020; ÖBB-Infra, eigene Darstellung)

5.4 POTENZIAL FÜR WEITERE ANALYSEN

in Kapitel 5.3.1 wurde tabellarisch analysiert, welcher Anteil der Unternehmen sich in welchem Einzugsbereich befinden. Diese Analyse räumlich nach einzelnen Betriebsstellen/Anschlussbahnen durchzuführen, hat ein großes Potenzial für weitere Erkenntnisse. So können jene Standorte identifiziert werden, bei denen sich in den inneren Isochronen (5 Minuten) die meisten Unternehmen befinden. Da das mit einem relativ hohen Rechenaufwand verbunden ist, da die Analyse mit den nicht zu einer Datei zusammengeführten Service Areas erfolgen muss, wurde diese im Rahmen der Arbeit nicht durchgeführt.

Bei der Berechnung der Isochronen mit dem verwendeten Plugin QNEAT3 werden, wie bereits erwähnt, zusätzlich zu den Einzugsbereichen als Polygone auch noch interpolierte Raster ausgegeben. So können detailliertere Erkenntnisse zur Erreichbarkeit der Standorte gewonnen werden. Da die Berechnung mit solch einer großen Anzahl an Rastern jedoch sehr rechenaufwendig ist, wurde sie im Rahmen dieser Arbeit nicht durchgeführt.

Für eine weitere Analyse können auch Zentren und Innenstadtbereiche aus der Analyse ausgenommen werden. So können in den verbliebenen Regionen konkretere Erkenntnisse zum Potenzial getroffen werden, ohne dass Innenstädte mit vielen Unternehmenszentralen das Ergebnis verfälschen. Es müsste jedoch eine Methode zur Ausweisung der entsprechenden Bereiche gefunden werden.

5.5 VERGLEICH MIT DERZEITIGEM GÜTERVERKEHRSAUFKOMMEN

Um die Ergebnisse der Berechnungen und Analysen besser einordnen zu können, wird ein Vergleich zwischen den errechneten Potenzialgebieten und dem tatsächlichen Güterverkehrsaufkommen durchgeführt. Basierend auf dieser Analyse wird im folgenden Unterkapitel auch eine Plausibilitätsprüfung des Ergebnisses durchgeführt.

In Abbildung 63 ist die Anzahl der beigestellten Wagen pro vom Hauptnetz abzweigender Anschlussbahn im Jahr 2019 dargestellt. Wie in Kapitel 4.3.2 beschrieben, konnten die räumlichen Daten zu den Anschlussbahnen nicht vollständig mit der Anschlussbahntabelle, die das Aufkommen enthält, verknüpft werden. Außerdem herrscht auch innerhalb der Tabelle eine offensichtliche Inkonsistenz der Daten (siehe Kapitel 4.2.1). Aus diesem Grund kann das beschriebene Ergebnis nur mit Vorbehalt betrachtet werden.

In Wien und in dem Gebiet südlich von Wien gibt es sowohl durch einzelne Anschlussbahnen als auch insgesamt eine große Anzahl an beigestellten Wagen. Das entspricht auch in etwa dem berechneten Potenzial. Dasselbe gilt für Krems, wo die Berechnung ebenfalls ein hohes Potenzial ergeben hat und wo auch das tatsächliche Aufkommen hoch ist, wenn auch weniger Anschlussbahnstandorte dort verortet sind.

In einigen anderen Gebieten ist das errechnete Potenzial geringer als die Anzahl der tatsächlich beigestellten Wagen. So wurde für Retz etwa ein geringeres Potenzial als in Krems errechnet, die tatsächliche Anzahl an beigestellten Wagen ist jedoch ähnlich hoch wie in Krems. Auch in Dürnkrot (nordöstlich von Gänserndorf) oder um Siebenbrunn (zwischen Wien und Marchegg) gibt es eine vergleichsweise hohe Zahl an beigestellten Wagen, während das errechnete Potenzial niedrig ist. Ähnliches zeigt sich unter anderem bei Anschlussbahnstellen in Ybbs an der Donau (zwischen Melk und Amstetten) und westlich von Tulln an der Donau.

Umgekehrt verhält es sich zum Beispiel im Gebiet um Korneuburg, Wiener Neustadt, Amstetten oder Hadersdorf am Kamp (nordöstlich von Krems), wo ein relativ hohes Potenzial errechnet wurde, jedoch eine vergleichsweise kleine Menge beigestellter Wagen verzeichnet ist. In diesen Gebieten lohnt sich eine nähere Betrachtung der Unternehmen, um die möglichen Potenziale abzuschöpfen und mehr Güter auf die Schiene zu bringen.

Für die Analyse des gesamten Güterverkehrsaufkommens von Betriebsstellen mit Lademöglichkeit ohne Anschlussbahnaufkommen wurden entsprechend aufbereitete, aggregierte Daten von der ÖBB-Infra für diese Analyse zur Verfügung gestellt. Die Zahlen sind aus dem Jahr 2017 und beziehen sich auf die Anzahl der Züge

unabhängig von deren Gewicht oder Anzahl der Wagen. Berücksichtigt werden Züge aus Österreich genauso wie aus dem Ausland. Zur einfacheren Lesbarkeit werden ausschließlich die Daten zum Empfang dargestellt, da sich die Werte zwischen Versand und Empfang räumlich nur geringfügig unterscheiden.

Die Daten sind nach Ganzzügen, Nahgüterzügen und Direktgüterzügen kategorisiert. Bei einem Ganzzug bleiben, wie bereits erläutert, alle Waggons als ein kompletter Zug von der Quelle bis zum Ziel zusammen, wobei meist auch eine einheitliche Ladung befördert wird. Die anderen beiden Kategorien werden dem Einzelwagenverkehr zugeordnet. Die Kategorie Direktgüterzug steht dabei für den Langlauf, der Nahgüterzug verkehrt zwischen dem Verschubstandort und dem Verschubknoten (vgl. Wilfinger 2020).

In Abbildung 64 werden die Daten zu allen Zugklassen in denselben Klassengrößen dargestellt. So kann die tatsächliche Anzahl der Züge in den unterschiedlichen Zugkategorien verglichen werden. In Abbildung 65 werden unterschiedliche Klassengrößen je nach Maximalwert verwendet, um räumliche Unterschiede besser erkennen zu können. Als Hintergrund wird die bereits gezeigte Choroplethenkarte mit Unternehmen pro Betriebsstelle als errechnetes Potenzial dargestellt.

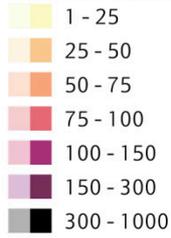
Der Vergleich in Abbildung 64 zeigt, dass bei der Anzahl der Züge vor allem die Nahgüterzüge einen großen Anteil ausmachen. Der Grund dafür ist, dass für die Bildung eines längeren Direktgüterzuges mehrere Nahgüterzüge erst die Wagen aus der Fläche sammeln müssen. Die Ganzzüge machen nur einen geringen Teil der Züge aus. Das zeugt von der Bedeutung, die der Einzelwagenverkehr in Österreich immer noch hat, kommt aber auch daher, dass dieser großteils von der RCA abgewickelt wird, während der Marktanteil der Mitbewerber bei den Ganzzügen bereits sehr hoch ist (dieses Dateninformationsproblem wird bereits in Kapitel 2.2.4 behandelt).

Die errechneten Potenziale zeigen in vielen Gebieten ähnliche Zahlen wie das tatsächliche Güterverkehrsaufkommen. So ist das Aufkommen in Wien sehr hoch, wo auch ein hohes Potenzial berechnet wurde. Da sich in Wien jedoch unter anderem der Zentralverschiebebahnhof befindet, kommt eine große Zahl der empfangenen Züge von Nahgüterzügen, die dort ankommen und für die weitere Versendung zerlegt werden.

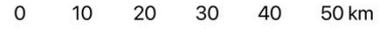
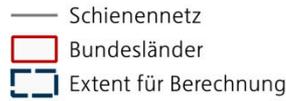
Eine große Zahl an Ganzzügen und Nahgüterzügen hat als Ziel das Gebiet westlich von Tulln, wo bereits eine hohe Anzahl an beigestellten Wagen in Abbildung 63 festgestellt wurde. Dasselbe gilt für das Gebiet um Retz. Im Vergleich zu anderen Werten wurde im Raum Krems ein geringeres Potenzial errechnet als das tatsächliche Aufkommen im Vergleich zu anderen. Dieses ist in etwa gleich hoch wie das Aufkommen zwischen Melk und Amstetten, obwohl das dort errechnete Potenzial geringer ist. In den nordwestlichen Randbereichen des Berechnungsgebiets sind sowohl das errechnete Potenzial als auch das tatsächliche Aufkommen gering. In den nordöstlichen Randbereichen ist hingegen das errechnete Potenzial höher als das sehr geringe dort verzeichnete Aufkommen.

Derzeitiges Güterverkehrsaufkommen - Anschlussbahn

Untern./Anschlussbahn



Beigestellte Wagen 2019



Quellen: OSM, ÖBB-Infra
Valentina Knoll (07/2020)

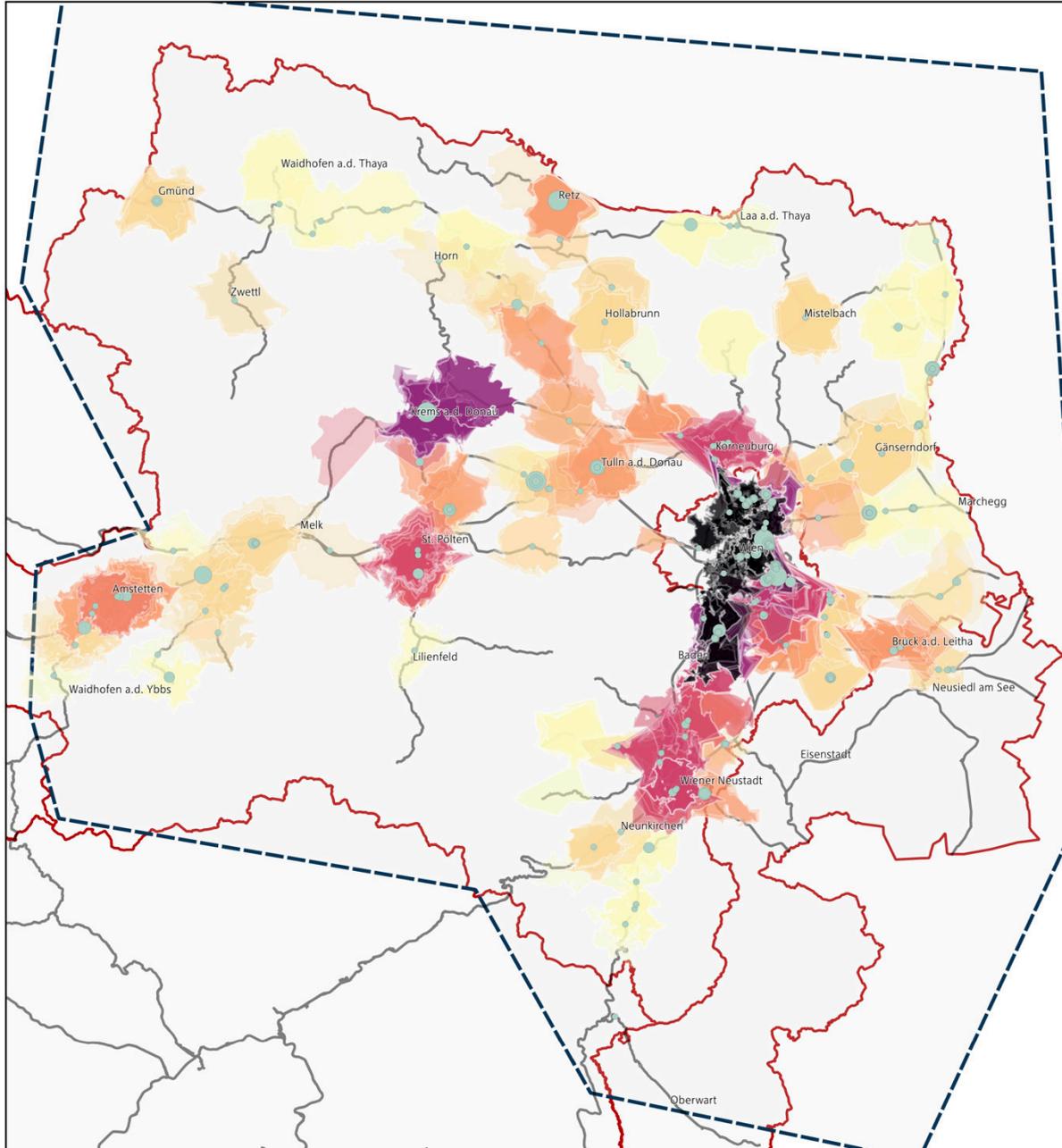


Abbildung 63: Anschlussbahnen – Vergleich zwischen Potenzial und derzeitigem Aufkommen (Datengrundlage OpenStreetMap contributors 2020; ÖBB-Infra, eigene Darstellung)

Aktuelle Güterverkehrsaufkommen - Empfang



Quellen: OSM, ÖBB-Infra
Valentina Knoll (07/2020)

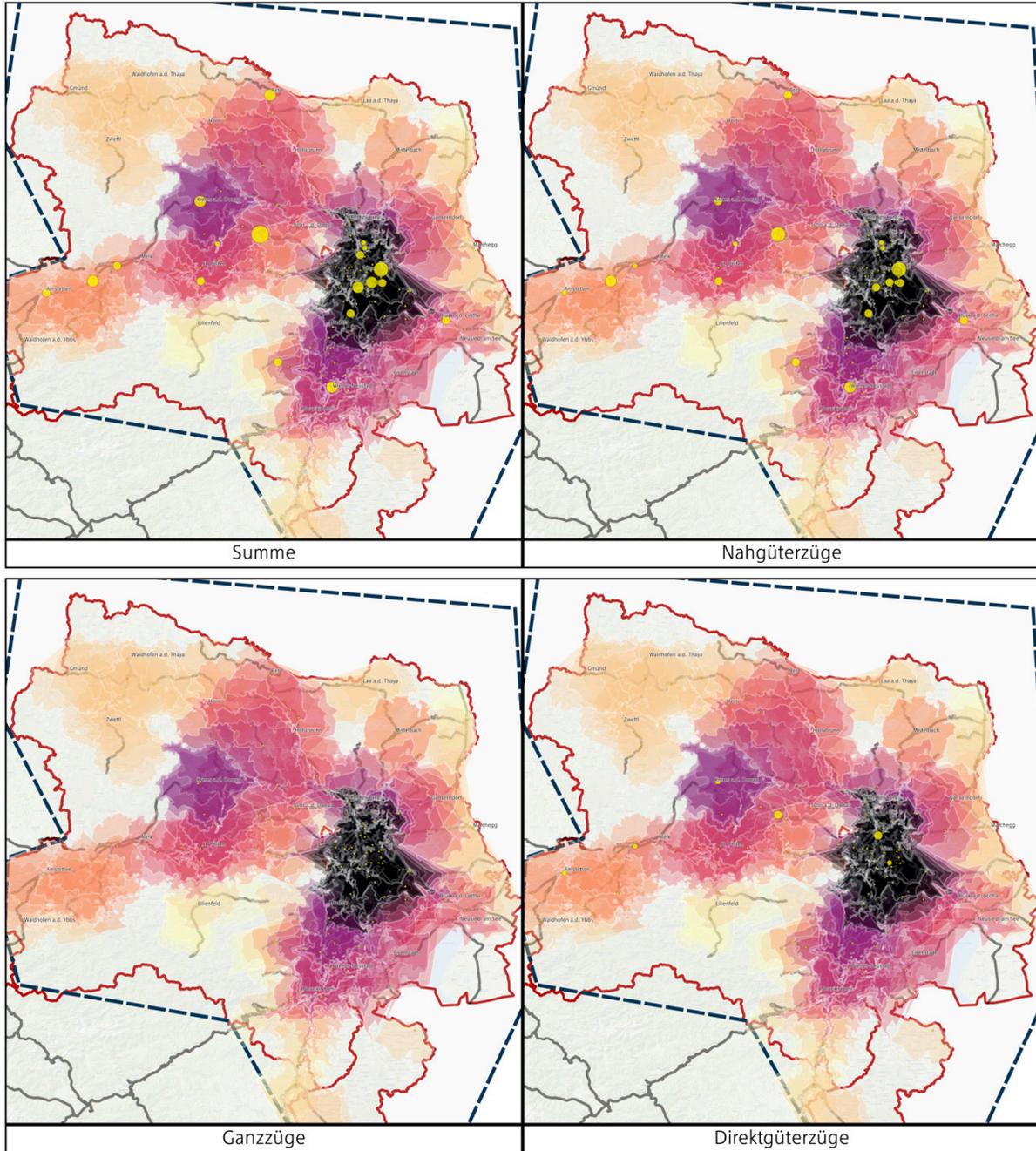


Abbildung 64: Betriebsstellen mit Lademöglichkeit – Vergleich zwischen Potenzial und derzeitigem Aufkommen (normiert) (Datengrundlage OpenStreetMap contributors 2020; ÖBB-Infra, eigene Darstellung)

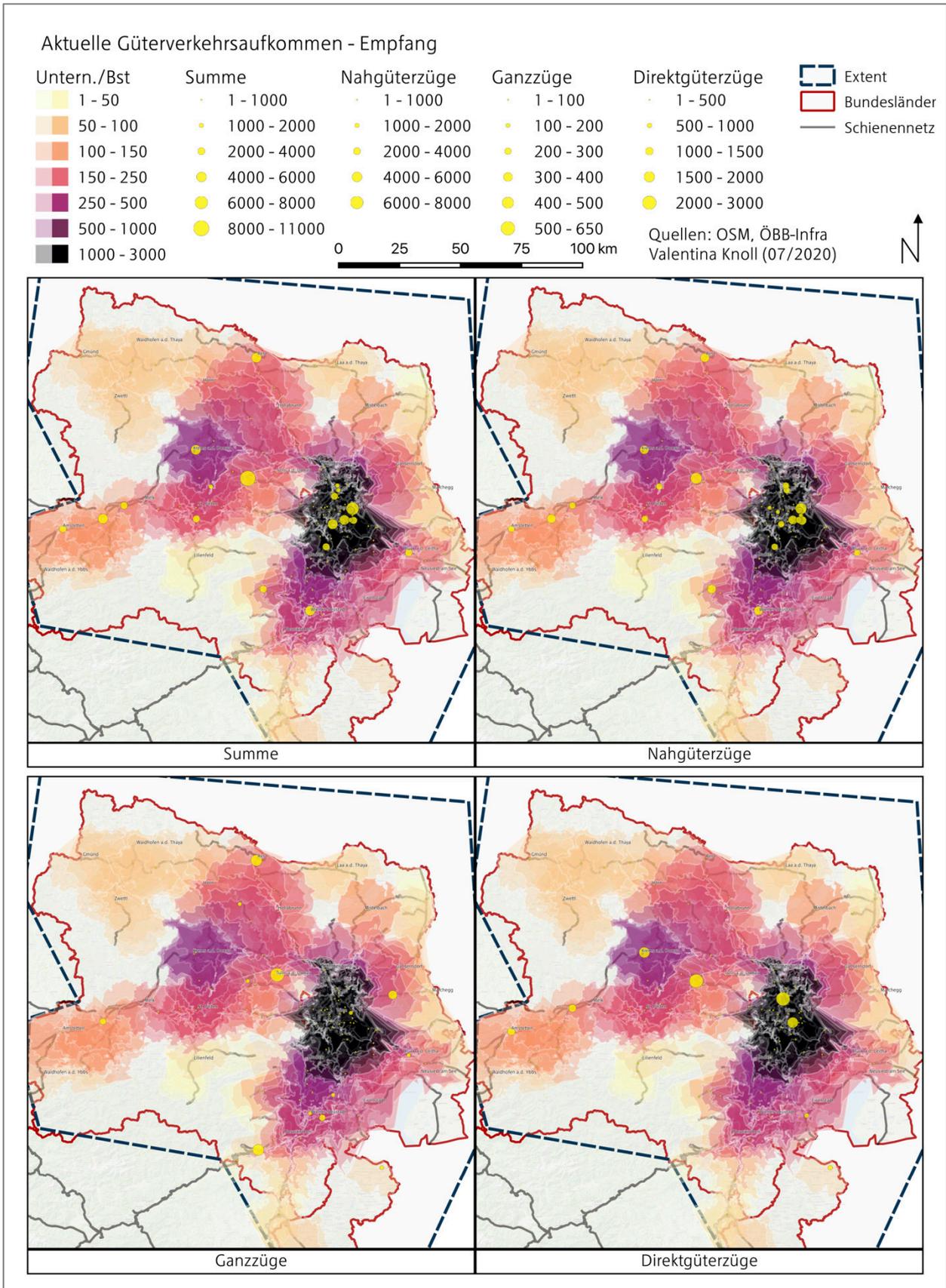


Abbildung 65: Betriebsstellen mit Lademöglichkeit – Vergleich zwischen Potenzial und derzeitigem Aufkommen (nicht normiert)
 (Datengrundlage OpenStreetMap contributors 2020; ÖBB-Infra, eigene Darstellung)

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
 The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

5.6 MÖGLICHKEITEN ZUR WEITERENTWICKLUNG DES MODELLS

Derzeit wird in der Analyse das Zugverkehrsaufkommen nicht berücksichtigt, es handelt sich um rein räumliche Zusammenhänge zwischen Lademöglichkeit und Betrieben. In manchen Bereichen, zum Beispiel im Ballungsraum Wien, ist das Zugverkehrsaufkommen allerdings über weite Stunden des Tages und durch Nacht-S-Bahnen teilweise auch schon in den Nachtstunden durch Personenzüge sehr hoch. Auf diesen Strecken Güterzüge unterzubringen ist nur sehr eingeschränkt möglich. Solche betrieblichen realen Gegebenheiten in die Potenzialberechnung aufzunehmen, wäre ein wichtiger nächster Schritt zur Weiterentwicklung des Modells. Im Rahmen dieser Arbeit stehen dafür jedoch weder die notwendigen Daten, noch die Zeitressourcen zur Verfügung, um diese Verfeinerung durchzuführen.

Für die Netz- und Betriebsstellenplanung kann die Analyse erneut mit verschiedenen Strecken und Betriebsstellen durchgeführt werden, die aufgelassen oder geplant sind. So können bei einem allgemein erhöhten Schienengüterverkehrsaufkommen noch weitere Potenziale in anderen Regionen identifiziert werden, in denen bei einer Berechnung mit ausschließlich aktiven Schienenzugangsmöglichkeiten keine Potenziale aufgezeigt werden. Durch eine weitere Prüfung kann dann eine Reaktivierung oder der Neubau von Betriebsstellen eingeleitet werden.

Das Modell kann auch für einzelne Branchen weiter verfeinert werden, um für einen bestimmten Bereich große Potenziale zu finden. Dabei sollte auch darauf eingegangen werden, dass nicht an allen Betriebsstellen alle Güterarten und Transporteinheiten, wie etwa Holz, Container oder Flüssigkeiten, angeliefert werden können. Weitere Arbeiten können sich auch auf bestimmte Branchen fokussieren. Potenzial könnten etwa Cluster mit Supermärkten und Einzel- bis Großhandel haben, die durch große Warenmengen und eine regelmäßige Anlieferung ein Potenzial für einen Gleisanschluss hätten. Dass das grundsätzlich für diese Branche möglich ist, zeigt das in Kapitel 3.3.1 beschriebene Beispiel einer Supermarktkette in der Schweiz. Auch ein besonderer Fokus auf gesammelte Wirtschaftsstandorte (z.B. die niederösterreichischen eco plus) kann weitere Potenziale aufzeigen.

Um genauere Informationen zur Größe von Unternehmen zu erhalten, hat sich die Nutzung der Betriebsflächen aus OpenStreetMap nicht als zielführend herausgestellt, da die verzeichneten Betriebsflächen kaum Informationen zu Name oder Art des Betriebes aufweisen und nicht alle verzeichneten Betriebsflächen auch in der Realität solche sind. Möglicherweise wird die Datenlage auf OSM jedoch zukünftig weiter verbessert. Durch die Information zur Unternehmensgröße könnten in einigen Fällen Bürostandorte von den meist wesentlich größeren Produktionsstandorten unterschieden werden und nur letztere in die Potenzialanalyse einfließen. Für eine Weiterentwicklung des Modells scheint auch die Verwendung des Katasters vielversprechend, da sich daraus Grundstücksgrößen und teilweise auch die Nutzung ablesen lassen.

Für die Anwendung in der Praxis sollte das Modell außerdem als kleines Programm oder QGIS-Plugin entwickelt werden.

5.7 VERWERTUNG UND HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

5.7.1 GEBIETSKÖRPERSCHAFTEN

Die bisherigen Förderungen von Schienengüterverkehr konnten das Aufkommen nur stabilisieren, aber nicht steigern. Wie in mehreren Quellen erwähnt, braucht es auch Maßnahmen auf Seiten der LKW, um eine echte Mobilitätswende zu bewirken. Hier kann der Staat zum Beispiel durch die Streichung des Dieselprivilegs und/

oder Senkung der Steuern auf Bahnstrom, die Einführung einer flächendeckenden Maut für LKW sowie durch stärkere Kontrolle und Sanktionierung von Geschwindigkeitsübertretungen und Nichteinhaltung der Lenkzeiten bei LKW einwirken. So können die Bedingungen und die Preise auf Schiene und Straße angeglichen und Wettbewerbsverzerrungen ausgeglichen werden.

Bundesländer können außerdem basierend auf den Ergebnissen der Potenzialanalyse bestimmte Regionen besonders fördern oder entsprechende regionale Raumordnungsprogramme erlassen. Gemeinden können anhand des Ergebnisses aus der Modellberechnung abschätzen, ob das Potenzial für Schienengüterverkehr in ihrem Gemeindegebiet hoch ist. Dies kann bei der Flächenwidmung und bei der Ausweisung von Betriebsgebieten entsprechend berücksichtigt werden, etwa indem Potenzialflächen freigehalten oder einer entsprechenden Nutzung zugeführt werden. Dabei ist vor allem auf einen einfachen Zugang zu einem bestehenden Schienennetz zu achten, anstatt wie bisher fast ausschließlich den Straßenanschluss zu fokussieren.

5.7.2 SCHIENENINFRASTRUKTURUNTERNEHMEN

Die Ergebnisse dieser Arbeit können nicht direkt bewirken, dass mehr Unternehmen von der Straße auf die Schiene umsteigen. Sie können jedoch bei der Netzplanung und Betriebsstellenplanung ein wichtiger Leitfaden sein, um in Gebieten mit hohem Potenzial die Infrastruktur zu erhalten, auch wenn die Kriterien zur Systemadäquanz nicht (mehr) gegeben sind.

Die Recherchen sowie die Datenaufbereitung haben gezeigt, dass eine große Anzahl an Unternehmen ihr Anschlussgleis auch bei Nichtnutzung bestehen lassen. Wenn auch von Seiten der Infrastrukturunternehmen das Schienennetz und die Ladeinfrastruktur in Gebieten mit großem Potenzial erhalten wird, kann bei geänderten Rahmenbedingungen der Umstieg zurück auf die Schiene einfacher erfolgen.

Für die Netzausweitung hat sich das Ergebnis im Beispielgebiet Ostregion als aktuell kaum relevant erwiesen, da sich der Großteil der Unternehmen im näheren Einzugsbereich von Betriebsstellen befindet. Bei einem stark gesteigerten Schienengüterverkehrsaufkommen kann die beschriebene Clusteranalyse jedoch verwendet werden, um Standorte mit Potenzial für die Realisierung neuer Lademöglichkeiten zu identifizieren.

Zusätzlich braucht es eine bessere Betreuung und seitens der Eisenbahnunternehmen ein gezieltes Zugehen auf bahnaffine Unternehmen in den Regionen mit Potenzial, um einen Umstieg zu erzielen.

5.7.3 UNTERNEHMEN

Unternehmen können vor allem auf die Potenzialberechnung dieser Arbeit zurückgreifen, wenn sie auf der Suche nach einem geeigneten Standort für die Nutzung von Synergieeffekten sind. In Gebieten mit einem hohen Potenzial ist auch die Wahrscheinlichkeit größer, dass die Schieneninfrastruktur und die Lademöglichkeiten langfristig erhalten bleiben. Auch können einige der im Theorieteil der Arbeit beschriebenen Beispiele aufzeigen, dass der Umstieg auf Schienengüterverkehr in klassisch nicht schienenaffinen Branchen möglich sein kann.

6 FAZIT UND AUSBLICK



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

6.1 BEANTWORTUNG DER FORSCHUNGSFRAGEN

Durch die umfassende theoretische Betrachtung des Schienengüterverkehrs in Österreich kann die erste Forschungsfrage mit ihren Unterfragen wie folgt beantwortet werden.

1) WELCHE UMSTÄNDE MÜSSEN GEGEBEN SEIN, DAMIT UNTERNEHMEN SCHIENENGÜTERVERKEHR NUTZEN (KÖNNEN)?

A) WELCHE ORGANISATORISCHEN UND GEBAUTEN STRUKTUREN FINDEN UNTERNEHMEN VOR?

Das Schienennetz in Österreich befindet sich allgemein in einem gut ausgebauten und zu großen Teilen modernen Zustand. Das zeigt sich auch durch den in Österreich recht hohen Schienengüterverkehrsanteil im europäischen Vergleich. Aufholbedarf gibt es vor allem in peripheren Gebieten und auf Nebenbahnen. Diese Bereiche sind auch im Einzelwagenverkehr schlechter bedient und es werden zusehends mehr Strecken geschlossen. Die Anzahl der Anschlussbahnen ist rückläufig, trotzdem steigt die Zahl der umgeschlagenen Wagen an. Daraus lässt sich schließen, dass die noch bestehenden Bahnen durchaus für Unternehmen attraktiv sind und gut genutzt werden.

Grenzüberschreitende Transporte sind mit einigen Hürden verbunden, die jedoch nach und nach durch die Eisenbahnpakete der Europäischen Union angeglichen werden sollen. Gerade die Liberalisierung der Eisenbahnverkehrsunternehmen hat aber bisher in Österreich noch kaum den gewünschten Effekt, nämlich eine eindeutige Kostenreduktion und eine Steigerung des Aufkommens, erbracht.

Die heutige RCA als ehemals staatlicher Konzern ist immer noch das führende Unternehmen im Schienengüterverkehr, die neuen Marktteilnehmer gewinnen jedoch zusehends Marktanteile. Im Einzelwagenverkehr bleibt die RCA bisher trotzdem das einzig tätige Eisenbahnverkehrsunternehmen, da den neuen Marktteilnehmern Personal, Infrastruktur und Know-How dafür fehlen. Es ist jedoch denkbar, dass sich zukünftig Eisenbahnverkehrsunternehmen auf die Bedienung von Regionen spezialisieren und der Einzelwagenverkehr einen neuen Aufschwung erlebt.

Ein Transport per Bahn hat eine längere Vorlaufzeit sowie meist eine längere Transportdauer als auf der Straße. Es gibt in Österreich ein Transportkonzept, gemäß dem eine Zustellung immer an Tag C erfolgt, was den Unternehmen große Sicherheit bietet und ein attraktives Angebot darstellt.

B) WELCHE FAKTOREN SIND AUSSCHLAGGEBEND FÜR DIE TRANSPORTMITTELWAHL?

Eine klare Aussage, welche Sektoren besonders bahnaffin sind, lässt sich nicht treffen. Das liegt an den komplexen und auch in derselben Branche sehr unterschiedlichen Produktionsabläufen genauso wie an der nicht sehr umfassenden statistischen und wissenschaftlichen Datenlage zu auf der Schiene transportierten Gütern. Von Seiten der Unternehmen kristallisiert sich vor allem der Preis als ausschlaggebendes Argument bei der Transportmittelwahl heraus. Tendenziell ist die Schiene bei großen Distanzen und großen Mengen attraktiver als ein Transport auf der Straße. Dass Schienengüterverkehr auch über kürzere Strecken attraktiv und ökonomisch sein kann, zeigen einzelne Projekte, die ihren Warenverkehr trotz geringer Distanzen über die Schiene organisieren.

Grundsätzlich ist die Schiene sowohl preislich als auch organisatorisch gegenüber der Straße in vielen Punkten im Nachteil. Manche dieser Nachteile sind systembedingt und deshalb nur schwer veränderbar, andere sind politisch steuerbar und könnten in Zukunft angeglichen oder die Bahn sogar entsprechend gefördert werden.

C) WELCHE ZUKÜNFTIGEN ENTWICKLUNGEN ZEICHNEN SICH AB, DIE EINEN EINFLUSS AUF DEN GÜTERVERKEHR HABEN KÖNNEN?

Insgesamt lässt sich feststellen, dass der Bahnverkehr in Zukunft wahrscheinlich an Bedeutung gewinnen wird. Darauf deuten nicht nur Prognosen und politische Ziele hin, sondern auch zahlreiche Innovationen, an denen im Bahnsektor gearbeitet wird. Das System Schiene ist jedoch systembedingt eher träge, Innovationen werden ihre Zeit brauchen, bis sie sich durchsetzen und eine Steigerung des Aufkommens eintritt. Viele Innovationen

bedürfen außerdem Unterstützung von staatlicher Seite durch Förderungen und gesetzliche Vorgaben, wozu ein entsprechender politischer Wille notwendig ist.

Durch die Entwicklung und Anwendung des Modells lassen sich Forschungsfrage 2 und 3 dieser Arbeit wie folgt, wenngleich auch nicht vollständig, beantworten.

2) WO BEFINDEN SICH IN ÖSTERREICH ZONEN, IN DENEN ES DURCH DIE DORT BEFINDLICHEN BETRIEBSSTANDORTE EIN NACHFRAGESEITIGES GROßES POTENZIAL FÜR DIE NUTZUNG VON SCHIENENGÜTERVERKEHR GIBT?

Forschungsfrage 2 kann im Rahmen dieser Arbeit nicht wie geplant für ganz Österreich beantwortet werden, da sich im Laufe der Arbeit herausstellte, dass für die Berechnung über das gesamte Bundesgebiet in einer operablen Zeitspanne nicht die notwendigen Programmfunktionen oder das entsprechende technische Equipment zur Verfügung stehen. Das im Rahmen dieser Arbeit erstellte Modell kann jedoch zur Berechnung für jedes beliebige Gebiet in Österreich verwendet werden.

Grundsätzlich konnte festgestellt werden, dass bei den gewählten Parametern im Analysegebiet, der Ostregion Österreichs, nur etwa 6 % der Unternehmen weder im Einzugsbereich einer bestehenden Anschlussbahn noch im Einzugsgebiet einer Betriebsstelle mit Lademöglichkeiten liegen. Das Analysegebiet ist also grundsätzlich sehr gut mit Schienenzugangspunkten versorgt.

Im herausgegriffenen Analysegebiet lassen sich durch die Berechnung eindeutig unterschiedliche Potenziale je nach Region ausmachen. Die Ergebnisse sind jedoch aufgrund der stark generalisierten Ausgangsdaten zur Schienenaffinität nur begrenzt aussagekräftig.

Wien als Zentrum und Bundeshauptstadt hat aufgrund dieses Status eine große Anzahl an Unternehmen und somit auch das höchste Potenzial der Analyseregion. Bei einigen der aufgrund ihrer Branche als Schienenaffin definierten Unternehmen handelt es sich wahrscheinlich um Bürostandorte und nicht um produzierende Betriebsstandorte, weshalb dieses Ergebnis kritisch hinterfragt werden muss. Außerdem ist fraglich, ob das errechnete Potenzial auch tatsächlich nutzbar ist, da der Personenverkehr in Wien bis in die Nachtstunden eine dichte Taktung aufweist und Güterzüge auf denselben Gleisen schwer unterzubringen wären. Solche Faktoren müssen in einer Weiterentwicklung des Modells berücksichtigt werden. Als weitere Region mit vergleichsweise großem Potenzial hat sich das Gebiet rund um Krems herausgestellt.

Es ist außerdem feststellbar, dass bei einer Analyse nach einem bestimmten Grad an Schienenaffinität durchaus unterschiedliche Ergebnisse zu verzeichnen sind. Um diese jedoch in der Praxis sinnvoll nutzen zu können, ist eine detailliertere Forschung darüber notwendig, wie hoch die Schienenaffinität von ganz bestimmten, spezialisierten Branchen ist.

3) IN WELCHEN GEBIETEN DECKT SICH DIE POTENZIALBERECHNUNG MIT DER DERZEITIGEN NUTZUNG UND IN WELCHEN GIBT ES GROßE UNTERSCHIEDE?

Im Fall der errechneten Anschlussbahnstandorte decken sich das tatsächliche Aufkommen und das errechnete Potenzial in vielen Gebieten. Das tatsächliche Aufkommen ist mancherorts, vor allem in peripheren Regionen, höher als das errechnete Potenzial. Insofern besteht in jenen Regionen, in welchen das tatsächliche Aufkommen niedriger oder gleich hoch wie das errechnete Potenzial ist, die Möglichkeit dieses zu nutzen und die Nutzung von Schienengüterverkehr dort gezielt zu fördern.

Gerade an jenen Anschlussbahnen mit einem geringen Wagenaufkommen und vielen Unternehmen im Einzugsbereich besteht ein hohes Potenzial, dass auch andere Unternehmen Waren zur Anschlussbahn anliefern und somit die Frequenz an der Strecke zu erhöhen. Durch eine gesammelte Abholung der Wagen können die Kosten für die einzelnen Unternehmen verringert werden. Hier wäre eine gezielte Förderung von kompatiblen Clustern und die Verknüpfung von Förderungen mit der Zugänglichkeit der Anschlussbahn auch für andere Unternehmen sinnvoll.

Im Falle der Betriebsstellen mit Lademöglichkeit ähnelt das tatsächliche Aufkommen dem aktuellen Potenzial sehr stark. Lediglich in wenigen Gebieten, etwa westlich von Krems oder rund um Mistelbach, gehen die Werte stärker auseinander. Durch die gewählten Einzugsbereiche von 20 Minuten wird ohnehin ein großer Teil des Untersuchungsgebietes Ostregion abgedeckt, weshalb hier eine detailliertere Analyse der Potenziale unterschiedlich großer Service Areas notwendig ist.

Mit den Modellergebnissen können einerseits Potenziale für andere Regionen gefunden, andererseits auch weitere Erkenntnisse zur Verfeinerung des Modells gewonnen werden, etwa was die Distanzsensitivität betrifft.

6.2 QUALITÄT DES MODELLS

Für ein methodisches Fazit wird die Methode der Modellerstellung zum Erkenntnisgewinn reflektiert. Anhand von drei Gütekriterien des wissenschaftlichen Arbeitens, Objektivität, Validität und Reliabilität, werden im Folgenden die Qualität des Verfahrens, des Modells und der dabei entstandenen Ergebnisse näher ergründet.

6.2.1 OBJEKTIVITÄT

Durch das standardisierte Verfahren ist grundsätzlich bei der Methode der Modellberechnung eine hohe Objektivität gegeben. Die meisten Ausgangsdaten lassen ebenfalls keinen Spielraum zur Beeinflussung oder unterschiedlichen Interpretation zu (z.B. Standort von Unternehmen und Ladestellen, Verlauf von Schieneninfrastruktur).

Innerhalb des Modells wurden einige Zahlen auf Basis der Erkenntnisse aus dem Theorieteil gewählt. Dazu gehören etwa die Größe der Einzugsbereiche und deren Unterteilung. Die Wahl dieser Werte beeinflusst das Ergebnis maßgeblich, wie sich auch in einem Vergleich der Ergebnisse zwischen den Betriebsstellen mit Lademöglichkeit und den Anschlussbahnen gezeigt hat, bei denen ein unterschiedlicher Einzugsbereich angenommen wurde (20 Minuten zu 10 Minuten). Die Objektivität des Modells an sich bleibt aber insofern trotzdem erhalten, da bei der Wahl derselben Werte wieder dasselbe Ergebnis herauskommen würde.

Ebenfalls stark beeinflusst wird das Ergebnis von der Zuordnung des branchenbedingten Bahnaffinitätsfaktors zu den unterschiedlichen Branchen. Der Affinitätsfaktor der Branchen wurde aufgrund mangelnder weiterer Erkenntnisse nur auf Basis der ÖNACE Abteilung, also einer sehr groben Klassifizierung, gewählt. Bei detaillierteren und umfassenderen Erkenntnissen würde das Ergebnis der Analyse wahrscheinlich anders als bei der hier vorliegenden Berechnung ausfallen. Wie aber bereits erwähnt, gilt auch dabei, dass bei gleichen Zahlen immer das gleiche Ergebnis herauskommen würde, weshalb das nichts an der grundsätzlichen Objektivität des Modells ändert.

Es bleibt somit die Fragestellung, ob die grundsätzliche Konzeption des Modells objektiv nachvollziehbar erfolgt ist. Diese ließe sich sinnvoll nur bei einem Vergleich mit einem anderen Modell zu einer ähnlichen Fragestellung beantworten. Da eine solche Arbeit jedoch nicht vorliegt, bleibt diese Fragestellung vorläufig offen und könnte durch weitere Forschung beantwortet werden.

6.2.2 VALIDITÄT

VALIDITÄT DES VERFAHRENS

Die Berechnung von Potenzialgebieten mit GIS eignet sich grundsätzlich gut dazu, um automatisiert für ein großes Gebiet Ergebnisse zu erzielen. Das Ziel der Arbeit war, Gebiete mit Betriebsgebieten mit Potenzial zur Nutzung von Schienengüterverkehr auf einer groben Ebene zu finden, um sich dann in der weiteren Planung oder weiteren Arbeiten einzelne Gebiete davon näher ansehen zu können. Das wurde mit dem Modell durchaus erreicht, es können damit solche Gebiete gefunden werden. Dabei ist der Detaillierungsgrad, wie es auch Ziel der Arbeit war, ungefähr auf Bezirks- bis Gemeindeebene. Das entspricht operablen räumlichen Einheiten,

auch wenn sich eine Potenzialzone natürlich über Verwaltungsgrenzen erstrecken kann. Ein Ausbau des Modells zu einem Plugin oder einer kleinen Anwendung könnte die Anwendung für diese Akteure außerdem zugänglich machen, ist derzeit jedoch noch nicht enthalten.

Durch die Speicherung der Rechenschritte in Modellen kann die Berechnung mit einer beliebigen Veränderung der Ausgangsdaten (bei gleichem Aufbau der Daten) durchgeführt werden. Die Berechnung kann, je nach Rechenleistung des verwendeten Computers, für jedes beliebige, auch beliebig große Gebiet innerhalb von Österreich verwendet werden. Somit ist auch die als Ziel der Arbeit gesetzte Flexibilität gegeben und das Verfahren hat sich als für diese Ansprüche geeignet herausgestellt.

VALIDITÄT DER MODELLERGEBNISSE

Das Ziel des Modells ist das Auffinden von Zonen, die durch dort ansässige Betriebe ein großes Potenzial für die Nutzung von Schienengüterverkehr haben. Dem liegt die Annahme zugrunde, dass bestimmte Branchen und Unternehmen grundsätzlich affiner gegenüber Schienengüterverkehr sind als andere. In der Praxis können sich aber etwa durch die Spezifizierung einzelner Produktionsketten oder die hohe Spezialisierung bei einzelnen Unternehmen völlig andere Gegebenheiten zeigen. Weiters wird angenommen, dass es eine bestimmte Distanz gibt, die maximal zwischen der Verladestelle und dem Unternehmen liegen darf, damit Güter auf der Schiene transportiert werden. Auch diese ist je nach Produktionsgut bzw. Branche unterschiedlich groß.

Wird davon ausgegangen, dass diese Annahmen grundsätzlich korrekt sind und so ein grundsätzliches und nicht spezifisches Potenzial einer Region festgestellt werden kann, hat sich das Ergebnis durch eine Analyse der Karten, also durch eine face-validity, mit dem zugrundeliegenden Wissen als valide erwiesen. Um die Validität noch zusätzlich zu bestätigen, kann die Meinung von Expert:innen herangezogen werden, die sowohl mit der Struktur des Schienengüterverkehrs, als auch mit unterschiedlichen Regionen Österreichs und deren Wirtschaftsstruktur vertraut sind. Diese Überprüfung wurde im Rahmen der Arbeit jedoch nicht mehr durchgeführt. In der aktuellen Version des Modells wird außerdem nur das Potenzial auf Nachfrageseite ermittelt. Ob das Potenzial auch genutzt werden kann, etwa weil die Dichte von Personenverkehrszügen sehr hoch ist oder bestimmte Güter nicht an allen Verladestellen angenommen werden können, wird im Modell nicht berücksichtigt. Die Situation auf der Anbieterseite ist also noch nicht genau genug in das Modell eingebaut.

6.2.3 RELIABILITÄT

Die Genauigkeit des Ergebnisses ist durch die Größe der Einzugsbereiche auf Ergebnisse etwa auf Bezirks- bis Gemeindeebene beschränkt. Das muss bei der Interpretation und Verwertung des Ergebnisses beachtet werden. Nicht möglich ist etwa eine konkrete Aussage über die Potenziale eines einzelnen Industriegebietes oder eines Viertels. Zu beachten sind auch die jeweiligen Dateneinschränkungen der Ausgangsdaten.

Eine Reproduzierbarkeit des Ergebnisses ist durch die Gestaltung als Modell auf jeden Fall gegeben, sofern dieselben Zahlen bei einer erneuten Berechnung gewählt werden. Insofern ist vor allem auf die Reliabilität der Ausgangsdaten zu achten.

Eine Überprüfung durch einen Paralleltest, also ein Test mit demselben Ziel aber einer anderen Herangehensweise, wird im Rahmen dieser Arbeit nicht durchgeführt und kann ein Ansatz für die weitere Forschung sein. So kann die Verlässlichkeit und Korrektheit des Modells zusätzlich überprüft werden.

6.3 WEITERE POTENZIALE FÜR FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

Bezüglich des Modells ist eine Weiterentwicklung sinnvoll, um weitere Aspekte einbeziehen zu können, die Auswirkungen auf das Potenzial haben. Dazu gehört vor allem das Aufkommen auf den umliegenden Strecken, da bei einem zu hohen Aufkommen das Unterbringen von (weiteren) Güterzügen nur eingeschränkt möglich ist.

Um eine einfache Handhabung in der Praxis zu ermöglichen, ist außerdem eine Umsetzung als QGIS-Plugin sinnvoll. Dieses benötigt allerdings eine sehr gute Dokumentation und eine Vielzahl an wählbaren Parametern, um bei einer anderen Verfügbarkeit an Ausgangsdaten nutzbar zu bleiben. Dabei gäbe es trotzdem noch eine Vielzahl an Grundvoraussetzungen an die Datenstruktur. Ein Beispiel dafür ist, dass die Datei mit Unternehmen immer als shape in Punktform mit einer Spalte mit dem ÖNACE Code vorhanden sein muss. Selbst bei einer Umsetzung als Plugin sind gute GIS-Kenntnisse für die Nutzung weiterhin eine Voraussetzung.

Weiteres Potenzial für eine Verfeinerung des Ergebnisses haben die Flächen mit Betriebsgebieten aus OpenStreetMap. Es wurde versucht, diese für die Modellanwendung aufzubereiten, schlussendlich konnten sie aber nicht in dieses einfließen, da bei einem zu großen Teil der Flächen keine Information über Namen oder Art des Betriebes verfügbar war. Somit konnten auch keine Schienenaffinität sowie ein daraus resultierendes Potenzial ermittelt werden.

Daten aus Volunteered Geographic Information haben jedoch durch die Digitalisierung das Potenzial zukünftig ausgeweitet zu werden, weshalb die Daten aus OpenStreetMap in einigen Jahren potenziell in das Modell eingebaut werden können.

Eventuell gibt es jedoch andere Datenquellen, die in das Modell einfließen und die Ergebnisqualität verbessern können. Das kann zum Beispiel der Kataster mit der darin grob verzeichneten Nutzungsart sein.

Grundsätzlich gilt dass für die Generierung von detaillierten Erkenntnissen auch detailliertere Ausgangsdaten notwendig sind. Besonders im Bereich der transportierten Güter gibt es große Wissenslücken. Das zeigt sich zum Beispiel daran, dass in der Gütererhebung der Statistik Austria den größten Anteil ‚nicht identifizierbare Güter‘ ausmachen. Forschungsbedarf gibt es auch hinsichtlich der Schienenaffinität von einzelnen Branchen. Diese wurde in bisherigen Forschungen und Analysen stark generalisiert erhoben. Diese beiden Faktoren sind ausschlaggebend dafür, dass die abgebildeten Potenziale nicht bei allen Unternehmen tatsächlich bestehen.

Herrscht mehr Klarheit über tatsächlich schienenaffine Branchen, können diese in der Potenzialberechnung stärker berücksichtigt werden und Ergebnisse mit höherer Reliabilität errechnet werden. Bei einer entsprechenden Datenqualität kann das Modell auch so adaptiert werden, dass besonders schienenaffine Cluster gefunden und bei der zukünftigen Netzplanung berücksichtigt werden. Durch entsprechende Förderprogramme können Branchen und Regionen mit hohem Potenzial motiviert werden, Schienengüterverkehr zu nutzen und so einen Beitrag zur klimaschonenden Mobilitätswende zu leisten. .

6.4 ERGEBNISSE UND ERKENNTNISSE

Das Ergebnis dieser Arbeit ist ein auf den theoretischen Grundlagen basierendes Modell zur Berechnung von Potenzialgebieten für die Nutzung von Schienengüterverkehr. Durch dieses standardisierte Berechnungsverfahren kann für jeden gewählten Bereich innerhalb Österreichs diesbezügliche Potenziale errechnet werden.

Das Ergebnis der Modellberechnung hat gezeigt, dass sich bei den gewählten Parametern (Einzugsbereich, branchenbedingte Schienenaffinität, Distanzsensitivität) ein großer Anteil der branchenbedingt schienenaffinen Unternehmen, nämlich etwa 94 %, im Einzugsbereich einer Betriebsstelle mit Lademöglichkeit (Einzugsbereich von 20 Minuten) und/oder einer bestehenden Anschlussbahnstelle (Einzugsbereich von 10 Minuten) befinden. Bei der Interpretation dieses Ergebnisses sind jedoch die definierten Einschränkungen in den Ausgangsdaten zu beachten.

Trotzdem kann daraus mit großer Wahrscheinlichkeit die Erkenntnis getroffen werden, dass der stetig gering bleibende Anteil der Bahn am Güterverkehrsaufkommen nicht an der räumlich ungünstigen Lage der Unternehmen liegt. Vielmehr liegt es, wie bereits nach den Erkenntnissen im theoretischen Teil der Arbeit vermutet, an den für den Transport per LKW noch viel günstigeren Rahmenbedingungen. Diese sind sowohl systembedingt,

etwa durch die größere Flexibilität durch die Unabhängigkeit von Fahrplänen und Schienentrassen, als auch politisch gesteuert, zum Beispiel durch keine flächendeckende Maut auf der Straße im Gegensatz zur Schiene.

Der Anteil an Transporten auf der Schiene ist zwar derzeit nicht groß genug, um die Klimaziele zu erreichen, jedoch im EU-Vergleich immer noch im oberen Bereich. Bisherige Förderungen konnten keine nachhaltige Steigerung der Schienengüterverkehrsanteils bewirken, diesen jedoch zumindest stabil halten.

Ergebnisse aus der Literaturrecherche haben gezeigt, dass oft ein ‚Leitverlader‘ mit regelmäßigem Aufkommen notwendig ist, damit eine Strecke langfristig bedient wird. Die Synergieeffekte mehrerer Firmen zu bündeln, kann auch bei Anschlussbahnen sinnvoll sein und sollte bei zukünftigen Förderprogrammen fokussiert werden. Durch ein höheres Aufkommen werden außerdem die Fixkosten im System auf mehr Teilnehmer aufgeteilt und somit für den einzelnen gesenkt.

In den letzten Jahren wurde in Österreich vor allem die Aufrüstung von Hochgeschwindigkeitsstrecken im Personenverkehr investiert, weshalb die insgesamt negative Entwicklung der Streckenkilometer vor allem auf die Einstellung von Regionalbahnen zurückgeht. Gerade Nebenbahnen haben jedoch ein höheres Potenzial für Güterverkehre genutzt zu werden, da sie Güterzüge bei einem geringeren und langsameren Personenverkehrsaufkommen leichter untergebracht werden können. Problematisch zu sehen sind fehlende Abstellmöglichkeiten für Güter- und Personenzüge, die auch in der Streckenplanung nur aktuell unzureichend berücksichtigt werden. Bei der Realisierung der errechneten Potenziale müssen die genannten Punkte unbedingt mitbedacht werden, da das Netz ansonsten an seine Grenzen stoßen kann.

Eine Analyse der Trends hat gezeigt, dass viel Forschung und Entwicklung in Richtung eines leistungsfähigeren und günstigeren Schienengüterverkehrs betrieben wird. Durch die Trägheit des Systems Bahn nimmt jedoch eine vollständige Implementierung neuer Entwicklungen in der Praxis viel Zeit in Anspruch und ist außerdem mit hohen Investitionskosten verbunden.

Es ist eine zunehmende Digitalisierung und Automatisierung zu beobachten, etwa was Tracing und Tracking von Waren und Waggons, die automatische Überwachung von Zustand und Beladung der Waggons oder die Information über Güterzugverbindungen betrifft. Solche Faktoren können zu einer Kostenreduktion und höheren Attraktivität führen und langfristig dadurch zu einer Steigerung des Schienengüterverkehrs beitragen.

BEGRIFFE UND VERZEICHNISSE

ABKÜRZUNGEN UND EIGENNAMEN

BMK	Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (Österreich, Stand 2020)
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Deutschland)
BMVIT	Bundesministerium für Verkehr, Technologie und Innovation (Österreich, Stand 2019)
BMNT	Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (Österreich, Stand 2019)
bzw.	beziehungsweise
ca.	zirka
csv	Comma Separated Value; Dateiformat zur Speicherung von Tabellen in Textform
DB	Deutsche Bahn
dpa	Deutsche Presseagentur
ebd.	ebenda
EisbG	Bundesgesetz über Eisenbahnen, Schienenfahrzeuge auf Eisenbahnen und den Verkehr auf Eisenbahnen
EIU	Eisenbahninfrastrukturunternehmen
EU	Europäische Union
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
EWV	Einzelwagenverkehr
f.	Zitation der genannten sowie der folgenden Seite
ff.	Zitation der genannten sowie mehrerer folgender Seiten
FIS	Forschungs-Informations-System, durch das BMVI herausgegebene Homepage
GIS	Geoinformationssystem
GZV	Ganzzugverkehr
IKV	Intermodaler Kombiniertes Verkehr
KEP	Kurier-, Express- und Paketdienst
km	Kilometer
km/h	Kilometer pro Stunde
KV	Kombiniertes Verkehr
LKW	Lastkraftwagen
m	Meter
NGT	Next Generation Train, Projekt des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt
NST	Güternamenklatur für Verkehrsstatistiken (Nomenclature uniforme de marchandise pour les statistiques de transport)
ntkm	Nettotonnenkilometer
ÖBB	Österreichische Bundesbahnen
ÖBB-Infra	ÖBB-Infrastruktur AG
OENACE/ÖNACE	Österreichische Klassifikation wirtschaftlicher Tätigkeiten zu statistischen Zwecken (Nomenclature générale des activités économiques dans les communautés européennes)
OSM	OpenStreetMap
QGIS	Eine Geoinformationssoftware
RCA	Rail Cargo Austria
RoLa	Rollende Landstraße

t	Tonnen
TEU	Twenty-foot Equivalent Unit
TEN	Transeuropäische Netze
tkm	Tonnenkilometer
UN-ECE	Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen (United Nations Economic Commission for Europe)
u. a.	und andere Autoren (bei Zitaten)
VCÖ	Verkehrsclub Österreich
vgl.	vergleiche (indirektes Zitat)
VGI	Volunteered Geographic Information

GLOSSAR

Manche der hier definierten Begriffe haben in einem anderen fachlichen Zusammenhang eine andere Bedeutung. Im Folgenden wird nur jene Bedeutung genannt, welche im Rahmen dieser Arbeit verwendet wird. Wörter in Großbuchstaben verweisen auf die Definition eines mit diesem Begriff in Zusammenhang stehenden anderen Begriffs.

ANSCHLUSSBAHN

Gleis auf dem Grundstück eines Betriebes, das an das Schienennetz angeschlossen ist. Ermöglicht es, Güter direkt im Betrieb zu be- und entladen, wodurch eine Umladung auf der ersten und letzten Meile entfällt (vgl. BMVIT 2012a, S. 2).

In Deutschland werden Anschlussbahnen als Gleisanschlüsse bezeichnet (vgl. Schienen-Control GmbH 2015, S. 87).

ABSTELGLEIS

„Gleis, das vorwiegend zum vorübergehenden Abstellen von Wagen verwendet wird.“ (Cerwenka u. a. 2004, S. 212 aus ÖNORM B 4920)

-> UMFÄHRUNGSGLEIS

BATCH PROCESS

Standardisierter Rechenprozess z.B. in QGIS

Das mehrmalige Ausführen derselben Funktion mit unterschiedlichen Input-Parametern.

EINZELWAGENVERKEHR (EWW)

Züge des Einzelwagenverkehrs führen Waren mehrerer verschiedener Sender. Die Waggons werden in einer Region gesammelt, an einem zentralen Knotenpunkt für den Hauptlauf zusammengestellt und im Zielgebiet wieder auf die verschiedenen Empfänger verteilt (vgl. BMVI 2019e).

-> GANZZUGVERKEHR

EISENBahnINFRASTRUKTURUNTERNEHMEN (EIU)

„Ein Eisenbahninfrastrukturunternehmen ist ein Eisenbahnunternehmen, das dem Bau und Betrieb von Haupt- und Nebenbahnen [...] dient und darüber Verfügungsberechtigt ist“ (§ 1a EISbG 1957).

EISENBahnVERKEHRSUNTERNEHMEN (EVU)

„Ein Eisenbahnverkehrsunternehmen ist ein Eisenbahnunternehmen, das Eisenbahnverkehrsdienste auf der Eisenbahninfrastruktur von Hauptbahnen oder vernetzten Nebenbahnen erbringt sowie die TRAKTION sicherstellt“ (§ 1b ebd.).

FRACHTFÜHRER / FRÄCHTER

Frachtführer betreiben den gewerbsmäßigen Transport von Gütern und sind für diesen auch verantwortlich (vgl. Spedition und Logistik, Fachverband 2017).

-> SPEDITEUR

GANZZUGVERKEHR

Ein Ganzzug befördert Waren eines Kunden direkt vom Ausgangsort zum Zielort und wird vor allem für größere Gütermengen eingesetzt (vgl. BMVI 2019e).

-> EINZELWAGENVERKEHR

GEOINFORMATIONSSYSTEM (GIS)

„Geoinformationssysteme, Geographische Informationssysteme (GIS) oder Räumliche Informationssysteme (RIS) sind Informationssysteme zur Erfassung, Bearbeitung, Organisation, Analyse und Präsentation räumlicher Daten. Geoinformationssysteme umfassen die dazu benötigte Hardware, Software, Daten und Anwendungen.“ (Wikipedia 2020)

-> SHAPE -> RASTER

GÜTERART

Bei der Güterart wird nach dem Morphologischen Kasten zur Charakterisierung von Güterverkehrsunternehmen von Tyssen zwischen *Massengut*, *Stückgut* und *KEP-Gut* (Kurier, Express, Paket) unterschieden. Massengüter sind jene Güter, deren Menge nicht in Stück, sondern nach Gewicht oder Volumen gemessen wird (z. B. Kohle, Chemikalien, Baumstämme). Diese brauchen somit oft ein geeignetes Behältnis. Stückgüter sind zählbar und in einem Stück transportierbar (z. B. Kisten, Paletten, Maschinen). KEP-Güter haben ein geringes Gewicht bis 31,5kg und haben die besondere Eigenschaft, dass sie innerhalb kurzer oder fix definierter Zeit zugestellt werden (vgl. Stölzle, Faganini 2010, S. 21).

In anderem Zusammenhang wird der Begriff auch für in einer bestimmten Branche produzierte Güter verwendet.

FIRST MILE

-> MILE

HAUPTLAUF

-> TRANSPORTPHASEN

INTERMODALER VERKEHR

„Transport von Gütern in ein und derselben Ladeinheit oder demselben Straßenfahrzeug mit zwei oder mehreren Verkehrsträgern, wobei ein Wechsel der Ladeinheit, aber kein Umschlag der transportierten Güter selbst erfolgt“ (vgl. UN-ECE 2001, S. 17).

Ein Beispiel dafür ist die Rollende Landstraße.

-> ROLA

(INTERMODALER) KOMBINierter VERKEHR (IKV) / (KV)

„Intermodaler Verkehr, bei dem der überwiegende Teil der [...] zurückgelegten Strecke mit der Eisenbahn, dem Binnen- oder Seeschiff bewältigt und der Vor- und Nachlauf auf der Straße so kurz wie möglich gehalten wird“ (vgl. ebd., S. 18).

Z.B.: ein Container, der per LKW von einem Betriebsgebiet abgeholt und auf den Zug umgeladen wird.

KONSOLIDIERUNG

Unter Konsolidierung wird das physische Zusammenstellen von Gütern aus verschiedenen Bereichen verstanden (DR. THOMAS + PARTNER GmbH & Co. KG 2019).

LADEGLEIS

„Gleis, auf dem Wagen zur Beladung, Entladung oder Umladung bereitgestellt werden“ (Cerwenka u. a. 2004, S. 212 nach ÖNORM B 4920).

LAST MILE

-> MILE

METERLAST

Einheit Tonnen je Meter (t/m)

Ein aus Gesamtmasse des Fahrzeugs und Länge über Puffer errechneter Wert, der gemeinsam mit der Achslast als Begrenzungswert auf Eisenbahnstrecken verwendet wird (vgl. Wikipedia 2018).

MILE: FIRST MILE / LAST MILE

Auf Deutsch: erste Meile / letzte Meile

Der erste / letzte Abschnitt eines Weges.

Z.B.: der Fußweg von der Wohnung zur Busstation; Auslieferung eines Paketes von der Zustellbasis zum Kunden

MODAL SPLIT

Die anteilmäßige Aufteilung von Verkehr auf unterschiedliche Verkehrsmittel.

NETTOTONNENKILOMETER

Mit einer Nettotonne ist ausschließlich das Gewicht der Fracht ohne deren Transporteinheit gemeint. Folglich gilt ein „Nettotonnenkilometer entspricht der Beförderung einer Nettotonne über eine Entfernung von einem Kilometer“ (SBB 2020).

NST-2007

Güternomenkatur für Verkehrsstatistiken für an Eurostat meldende Staaten, die seit 2007 in Kraft ist. Die Einteilung erfolgt in 20 Abteilungen mit 81 darunter liegenden Gruppen, wobei jedoch nur für die erste Ebene eine Meldeverpflichtung an Eurostat und eine Veröffentlichung erfolgt (vgl. Fürst 2010).

NULL

Wert in Attributtabelle, entspricht „Kein Wert“

Nicht gleichzusetzen mit der Zahl 0

OENACE / ÖNACE 2008

Österreichische Klassifikation wirtschaftlicher Tätigkeiten zu statistischen Zwecken.

Die Klassifikation erfolgt in 5 Ebenen, die in Abbildung 66 ersichtlich sind.

ABSCHNITT	Abteilung	Gruppe	Klasse	Unterklasse	Titel
G					ABSCHNITT G – HANDEL; INSTANDHALTUNG UND REPARATUR VON KRAFTFAHRZEUGEN
	46				Großhandel (ohne Handel mit Kraftfahrzeugen & Krafträdern)
		46.7			Sonstiger Großhandel
			46.76		Großhandel mit sonstigen Halbwaren
				46.76-1	Großhandel mit Papier und Pappe

Abbildung 66: System der OENACE-Klassifizierung mit Beispiel
(Wirtschaftskammer Österreich 2020)

RASTER

In dieser Arbeit: Ein Dateiformat für räumliche Daten, ein georeferenziertes Bild in einer bestimmten Auflösung. Jeder Rasterzelle kann nur ein Wert zugeordnet werden. Die Rasterzellen haben eine fixe, einheitliche Größe (z.B. 1x1 km).

-> SHAPE

RoLA

„Beförderung von Kraftfahrzeugen auf Zügen unter Verwendung von Niederflurwagen mit durchgehender Ladefläche, wobei die Roll-on-Roll-off Technik benutzt wird“ (vgl. UN-ECE 2001, S. 20).

-> INTERMODALER VERKEHR

SPEDITEUR

Spediteure organisieren die Güterversendung unter ihrem Namen im Auftrag von Dritten, führen jedoch nicht zwangsmäßig den eigentlichen Transport durch (vgl. Spedition und Logistik, Fachverband 2017).

-> FRACHTFÜHRER

SHAPE

Ein Datenformat für räumliche Daten. Enthält Punkte, Linien oder Polygone im Vektorformat, denen durch Spalten in der Attributtabelle Eigenschaften zugeschrieben werden können.

-> Raster

TERMINAL

„Anlage zum Be- und Entladen in einem Bahnhof“ (Dudenredaktion 2019)

Es gibt verschiedene Arten von Terminals, z.B. Containerterminals für den Umschlag von Containern und Ähnlichem; Zugbildeterminals für die Zugumbildung. Es kann auch eine Mischung dieser Arten bestehen (vgl. Cerwenka u. a. 2004, S. 215).

TWENTY-FOOT EQUIVALENT UNIT (TEU)

„Zwanzig-Fuß-Äquivalente-Einheit (Twenty-foot Equivalent Unit). Eine statistische Hilfsgröße auf der Basis eines 20-Fuß ISO-Containers (6,10 m Länge) zur Beschreibung von Verkehrsströmen oder -kapazitäten“ (UN-ECE 2001, S. 48).

TONNENKILOMETER

Abkürzung: tkm

Berechnung: t*km

„Maßeinheit für die VERKEHRSLISTUNG im Güterverkehr [...]: Zurückgelegte Kilometer multipliziert mit der beförderten Gütermenge in Tonnen“ (Allianz pro Schiene e.V. 2019).

TRAKTION

„[D]ie kraftbetriebene Fortbewegung mit bzw. von Eisenbahnfahrzeugen“ (Wikipedia 2019)

TRANSPORTPHASEN

Gemäß Lothar (vgl. 1995, S. 24) gliedert sich der Transport in folgende 3 Phasen:

- a) *Vorlauf*: Güter werden von verschiedenen Standorten gesammelt und zusammengetragen
- b) *Hauptlauf*: Der Weg zwischen dem Sammelpunkt und dem Verteilpunkt
- c) *Nachlauf*: Verteilung der Güter auf die jeweiligen Empfänger

ÜBERGABEGLEIS / ÜBERNAHMEGLEIS

Ein Gleis, auf dem die Übergabe / Übernahme von Waggons zwischen dem Eisenbahnunternehmen und dem Anschlussbahnunternehmen erfolgt. Können Teil einer *Übergabeanlage* sein, die mindestens aus Übergabegleis, Übernahmegleis und UMFÄHRUNGSGLEIS besteht (vgl. Cerwenka u. a. 2004, S. 211 aus ÖNORM B 4920).

UMFÄHRUNGSGLEIS

„Gleis einer Gleisgruppe, das vor allem zum Umfahren besetzter Gleise verwendet wird und daher von abgestellten Fahrzeugen freigehalten werden soll“ (ebd., S. 211 nach ÖNORM B 4920).

-> ABSTELLGLEIS

ZUGBILDUNG

Das Zusammenstellen von Waggons mit derselben Zielregion zu einem Zug in möglichst effizienter Reihenfolge.

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Struktur der Arbeit	14
Abbildung 2: Schematische Struktur des Ganzzugverkehrs	17
Abbildung 3: Schematische Struktur des Einzelwagenverkehrs	18
Abbildung 4: Containerterminal für Kombinierten Verkehr	19
Abbildung 5: RoLa-Zug	20
Abbildung 6: Entwicklung des Transportaufkommens (absolut beförderte Tonnen t) nach Verkehrsmittel in Österreich von 1995–2017 (ohne Rohrfernleitung)	21
Abbildung 7: Entwicklung der Anteile der Verkehrsträger am Transportaufkommen (absolut beförderte Tonnen t) in Österreich von 1995 – 2017 (ohne Rohrfernleitung)	21
Abbildung 8: Vergleich der Anteile der Verkehrsträger am Transportaufkommen (t) und der Transportleistung (tkm) in Österreich im Jahr 2018 (ohne Luftfahrt, mit Rohrfernleitung)	22
Abbildung 9: Anteile der Ziele am jeweiligen Transportaufkommen (t) der Verkehrsträger in Österreich im Jahr 2018 (ohne Luftfahrt und Rohrfernleitung)	23
Abbildung 10: Anteile der Ziele am der jeweiligen Transportleistung (tkm) der Verkehrsträger in Österreich im Jahr 2018 (ohne Luftfahrt und Rohrfernleitung)	24
Abbildung 11: Anteile der Marktsegmente an den Zugkilometern im ÖBB-Netz im Jahr 2018	24
Abbildung 12: Anteile der Verkehrsträger an der Transportleistung (tkm) der jeweiligen Inlandsverkehre im EU-Vergleich im Jahr 2017 (ohne Luftfahrt und Rohrfernleitung, EU-28 + Norwegen und Schweiz), absteigend sortiert nach Anteilen am Schienengüterverkehr	25
Abbildung 13: Entwicklung der Anteile der Verkehrsträger an der Transportleistung (tkm) von Inlandsverkehren im EU-Vergleich zwischen 2013 und 2017 (ohne Luftfahrt, ohne Rohrfernleitung, EU-28)	26
Abbildung 14: Anteile der Verkehrsträger an der Transportleistung (tkm) in ausgewählten OECD-Ländern im Jahr 2016 (nur Schiene und Straße)	27
Abbildung 15: Übersicht über die in Kraft getretenen Eisenbahnpakete der EU mit Relevanz für Schienengüterverkehr	30
Abbildung 16: Organisation des ÖBB-Konzerns	32
Abbildung 17: Anteile der Eisenbahn(infrastruktur)unternehmen am zusammenhängenden Normalspur-Netz im Jahr 2019	33
Abbildung 18: Karte der Rail Freight Corridors	37

Abbildung 19: Exemplarische Struktur der Güterverkehrsproduktionsanlagen	39
Abbildung 20: Gleise zur Zugbildung am Wiener Zentralverschiebebahnhof	40
Abbildung 21: Verortung der KV-Terminals und RoLa-Terminals in Österreich (Stand November 2019)	41
Abbildung 22: Schematischer Aufbau einer Netzwerkbahn	44
Abbildung 23: Transportleistung des Schienengüterverkehrs in Österreich nach Güterart gemäß Statistik Austria in 1000 tkm im Jahr 2018	53
Abbildung 24: Vergleich zwischen Topographie und Topologie	62
Abbildung 25: Vergleich zwischen Buffer und Service Area	63
Abbildung 26: Unterschied zwischen Schienennetz von GIP und OSM	64
Abbildung 27: ‚osm_dataquality‘ – Modell zur Überprüfung der Datenqualität des OSM-Schienennetzes	67
Abbildung 28: ‚anschlussbahn_dangle‘ – Modell zum Auffinden der Endpunkte von Anschlussbahnen	71
Abbildung 29: ‚anschlussbahn_dangle‘ – Karten zu Modellergebnis und Problemen	72
Abbildung 30: ‚laden_join‘ – Modell zum Auffinden von Betriebsstellen mit Lademöglichkeit	73
Abbildung 31: ‚herold_oen‘ – Modell zur Aufbereitung der Herold-Daten mit ÖNACE Abteilung	75
Abbildung 32: ‚osm-landuse_herold‘ – Modell zur Verschneidung von potenziellen OSM-Betriebsflächen und Unternehmensdaten aus Herold	76
Abbildung 33: Ausschnitt aus dem Modellergebnis ‚osm-landu_herold‘	77
Abbildung 34: ‚osm-strassen‘ – Modell zur Zusammenführung des Straßennetzes	78
Abbildung 35: Berechnungsfehler bei mehreren Isochronen im Ausgangslayer (Raster)	79
Abbildung 36: ‚startpunkt_clip‘ – Modell zur Aufbereitung der Startpunkte für Service Areas	80
Abbildung 37: ‚convert format‘ – Modell zur Konvertierung von gpkg zu shape	81
Abbildung 38: ‚isochronen‘ – Modell zur Berechnung von Isochronen	82
Abbildung 39: Auswahl der Daten in einem Batch Process	82
Abbildung 41: Berechnete Einzugsbereiche zu Anschlussbahnen	84
Abbildung 42: Berechnete Einzugsbereiche zu Betriebsstellen mit Lademöglichkeit	85
Abbildung 40: ‚analyse‘ – Modell zur Identifizierung von Unternehmen in Einzugsbereichen	87
Abbildung 43: Modellkonzeption	88

Abbildung 44: Aufbereitung der QGIS-Ausgangsdatei für die Modellberechnung	91
Abbildung 45: Auswahl der Daten und Speicherpfade für das Modell zur Rohdatenaufbereitung	92
Abbildung 46: Erreichbarkeit von Anschlussbahnen und Betriebsstellen mit Lademöglichkeit ausgehend von bestehenden branchenbedingt schienenaffinen Unternehmensstandorten in der Beispielregion	93
Abbildung 47: Anteile der Unternehmen nach branchenbedingtem Affinitätsfaktor in der Ostregion	94
Abbildung 48: Anteile branchenbedingter Affinitätsfaktoren nach Erreichbarkeit von Betriebsstellen mit Lademöglichkeit	94
Abbildung 49: Anteile branchenbedingter Affinitätsfaktoren nach Erreichbarkeit von Anschlussbahnen	95
Abbildung 50: Erreichbarkeit von Betriebsstellen mit Lademöglichkeit nach branchenbedingtem Affinitätsfaktor	96
Abbildung 51: Erreichbarkeit von Anschlussbahnen nach branchenbedingtem Affinitätsfaktor	96
Abbildung 52: Nearest Neighbour Cluster von branchenbedingt schienenaffinen Unternehmen im Vergleich zu Einzugsbereichen von Anschlussbahnen	98
Abbildung 53: Nearest Neighbour Cluster von branchenbedingt schienenaffinen Unternehmen im Vergleich zu Einzugsbereichen von Betriebsstellen mit Lademöglichkeit	99
Abbildung 54: ‚analyse-choropleth‘ – Modell zur Erstellung der Choroplethenkarten	100
Abbildung 55: Histogramm zu Unternehmen aller branchenbedingten Affinitätsfaktoren pro Anschlussbahn	102
Abbildung 56: Histogramm zu Unternehmen mit branchenbedingtem Affinitätsfaktor 1 pro Anschlussbahn	102
Abbildung 57: Histogramm zu Unternehmen aller branchenbedingten Affinitätsfaktoren pro Betriebsstelle mit Lademöglichkeit	102
Abbildung 58: Histogramm zu Unternehmen mit branchenbedingtem Affinitätsfaktor 1 pro Betriebsstelle mit Lademöglichkeit	102
Abbildung 59: Choroplethenkarte - Branchenbedingt bahnaffine Unternehmen pro Einzugsbereich einer Anschlussbahn	104
Abbildung 60: Choroplethenkarte - Branchenbedingt bahnaffine Unternehmen mit Affinitätsfaktor 1 pro Einzugsbereich einer Anschlussbahn	105
Abbildung 61: Choroplethenkarte - Branchenbedingt bahnaffine Unternehmen pro Einzugsbereich einer Betriebsstelle mit Lademöglichkeit	106
Abbildung 62: Choroplethenkarte - Branchenbedingt bahnaffine Unternehmen mit Affinitätsfaktor 1 pro Betriebsstelle mit Lademöglichkeit	107

Abbildung 63: Anschlussbahnen – Vergleich zwischen Potenzial und derzeitigem Aufkommen	111
Abbildung 64: Betriebsstellen mit Lademöglichkeit – Vergleich zwischen Potenzial und derzeitigem Aufkommen (normiert)	112
Abbildung 65: Betriebsstellen mit Lademöglichkeit – Vergleich zwischen Potenzial und derzeitigem Aufkommen (nicht normiert)	113
Abbildung 66: System der OENACE-Klassifizierung mit Beispiel	127

Bei den Bildern an den Kapitelanfängen handelt es sich um eigene Aufnahmen der Autorin. Diese haben ausschließlich gestalterische und keine inhaltliche Funktion, weshalb sie im Abbildungsverzeichnis nicht angeführt werden.

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Relevante OSM values zum key ‚railway‘	66
Tabelle 2: Relevante OSM values zu key ‚highway‘	68
Tabelle 3: Zuordnung von Güterart, ÖNACE Abteilung und Faktor zur Bahnaffinität	74
Tabelle 4: Entfernung zu Anschlussbahn oder Betriebsstelle mit Lademöglichkeit ausgehend von bestehenden branchenbedingt schienenaffinen Unternehmensstandorten in der Ostregion	93

LITERATURVERZEICHNIS

- Allianz pro Schiene** (2017): *Mehr Vitamine, weniger CO₂ - Coop setzt auf die Schiene*. Allianz pro Schiene. <https://www.allianz-pro-schiene.de/themen/aktuell/verkehrsverlagerung-coop-nachhaltiger-verkehr/>,
zugegriffen am: 17.12.2019.
- Allianz pro Schiene e.V.** (2019): *Definition: Was ist ein Tonnenkilometer?* Allianz pro Schiene. <https://www.allianz-pro-schiene.de/glossar/tonnenkilometer/>, zugegriffen am: 25.10.2019.
- basemap.at** (2020): *basemap.at – Verwaltungsgrundkarte Österreichs*. Stadt Wien und Österreichische Länder. <https://basemap.at/>, zugegriffen am: 11.10.2020.
- Bergwanger, Jörg; Haric, Peter** (2020): *Definition: Unternehmen*. Gabler Wirtschaftslexikon. Das Wissen der Experten. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/unternehmen-48087/version-369159>, zugegriffen am: 31.8.2020.
- BMK** (2020): *Höchstgeschwindigkeiten*. oesterreich.gv.at. https://www.oesterreich.gv.at/themen/freizeit_und_strassenverkehr/kfz/10/Seite.063300.html, zugegriffen am: 14.4.2020.
- BMNT** (2019): *Integrierter nationaler Energie- und Klimaplan für Österreich: Periode 2021-2030*. Wien. https://www.bmnt.gv.at/dam/jcr:29ba927b-d36f-4cd4-8f56-8bec97a48c76/NEKP_final%2018.12.2019.pdf,
zugegriffen am: 19.12.2019.
- BMVI** (2017a): *Drittes Eisenbahnpaket der Europäischen Gemeinschaft*. Forschungs-Informationssystem für Mobilität und Verkehr (FIS). <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/135970/>, zugegriffen am: 21.11.2019.
- BMVI** (2017b): *Erstes Eisenbahnpaket der Europäischen Gemeinschaft und Recast*. Forschungs-Informationssystem für Mobilität und Verkehr (FIS). <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/19618/>, zugegriffen am: 21.11.2019.
- BMVI** (2017c): *Zweites Eisenbahnpaket der Europäischen Gemeinschaft*. Forschungs-Informationssystem für Mobilität und Verkehr (FIS). <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/19630/>, zugegriffen am: 21.11.2019.
- BMVI** (2018a): *Betriebsdurchführung im Einzelwagenverkehr*. Forschungs-Informationssystem für Mobilität und Verkehr (FIS). <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/388925/>, zugegriffen am: 27.4.2020.
- BMVI** (2018b): *Eisenbahnbetriebliche Problemstellungen im Einzelwagenverkehr*. Forschungs-Informationssystem für Mobilität und Verkehr (FIS). <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/388967/>, zugegriffen am: 16.12.2019.

- BMVI (2018c):** *Mögliche Entwicklungsstrategien für den deutschen Einzelwagenverkehr.* Forschungs-Informationssystem für Mobilität und Verkehr (FIS). <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/390450/>, zugegriffen am: 4.2.2020.
- BMVI (2018d):** *Optimierungspotenziale des Einzelwagenverkehrs.* Forschungs-Informationssystem für Mobilität und Verkehr (FIS). <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/388988/>, zugegriffen am: 16.12.2019.
- BMVI (2019a):** *Akteure des Güterverkehrs im Überblick.* Forschungs-Informationssystem für Mobilität und Verkehr (FIS). <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/288483/?clsld0=276654&clsld1=0&clsld2=0&clsld3=0>, zugegriffen am: 12.12.2019.
- BMVI (2019b):** *Bedeutende Einflussfaktoren für die Konkurrenzfähigkeit des Schienengüterverkehrs im intermodalen Wettbewerb.* Forschungs-Informationssystem für Mobilität und Verkehr (FIS). <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/8771/>, zugegriffen am: 12.12.2019.
- BMVI (2019c):** *Die Rollende Landstraße als Produktionskonzept des Kombinierten Verkehrs.* Forschungs-Informationssystem für Mobilität und Verkehr (FIS). <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/309845/?clsld0=0&clsld1=0&clsld2=0&clsld3=0>, zugegriffen am: 13.11.2019.
- BMVI (2019d):** *Lange Güterzüge: Nutzenpotenziale und Umsetzungshemmnisse.* Forschungs-Informationssystem für Mobilität und Verkehr (FIS). <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/436690/>, zugegriffen am: 4.2.2020.
- BMVI (2019e):** *Marktsegmente und Produktkategorien im Schienengüterverkehr.* Forschungs-Informationssystem für Mobilität und Verkehr (FIS). <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/305566/>, zugegriffen am: 13.11.2019.
- BMVI (2019f):** *Maximale Zuglängen im europäischen Schienenverkehr.* Forschungs-Informationssystem für Mobilität und Verkehr (FIS). <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/325137/>, zugegriffen am: 4.2.2020.
- BMVI (2019g):** *Realisierungspotenziale schneller Schienengüterverkehrsangebote.* Forschungs-Informationssystem für Mobilität und Verkehr (FIS). <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/402377/>, zugegriffen am: 12.12.2019.
- BMVI (2019h):** *Umsetzungsbeispiele für Produkte des schnellen Schienengüterverkehrs.* Forschungs-Informationssystem für Mobilität und Verkehr (FIS). <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/401669/>, zugegriffen am: 12.12.2019.
- BMVI (2019i):** *Zukünftige Entwicklung des deutschen und europäischen Einzelwagenverkehrs.* Forschungs-Informationssystem für Mobilität und Verkehr (FIS). <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/390486/>, zugegriffen am: 16.12.2019.

- BMVI** (2020): *Historische Entstehungsgeschichte des deutschen Schienennetzes*. Forschungs-Informations-System für Mobilität und Verkehr (FIS). <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/350049/>, zugegriffen am: 10.10.2020.
- BMVIT** (2012a): *Faktenblatt Gesamtverkehrsplan für Österreich. Anschlussbahnen in Österreich*. https://www.bmvit.gv.at/dam/jcr:3230d03c-93c8-4647-b128-4fe5dd2864a6/fb_anschlbahn_terminals.pdf, zugegriffen am: 25.10.2019.
- BMVIT Hrsg.** (2012b): *Gesamtverkehrsplan für Österreich*. Wien. https://www.bmvit.gv.at/dam/jcr:dfd82842-234b-41c7-a267-0dc7ac76eb6b/gvp_gesamt.pdf, zugegriffen am: 18.11.2019.
- BMVIT** (2012c): *Neue Förderung im Schienengüterverkehr Beihilfeprogramm für die Erbringung von Schienengüterverkehrsleistungen*. Faktenblatt Gesamtverkehrsplan für Österreich. https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:71339b24-6348-4575-9c90-196bb394acd2/fb_foerderung_schienen-gueterverkehr.pdf, zugegriffen am: 18.11.2019.
- BMVIT Hrsg.** (2014): *Kombinierter Güterverkehr: Aufzeigen zukünftiger Potenziale von Forschung und Innovation*. Wien. <https://mobilitaetderzukunft.at/resources/pdf/projektberichte/kv-fti-endbericht.pdf>, zugegriffen am: 17.12.2019.
- BMVIT** (2015): *Hubs in Austria*. <https://www.bmvit.gv.at/dam/jcr:50ef423c-08df-4af2-895f-bbc3e8d790bd/tabelle.pdf>, zugegriffen am: 2.12.2019.
- BMVIT** (2018a): *Förderung von Anschlussbahnen*. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. <https://www.bmvit.gv.at/themen/eisenbahn/foerderungen/anschlussbahnen.html>, zugegriffen am: 18.11.2019.
- BMVIT** (2018b): *Kombinierter Güterverkehr*. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. <https://www.bmvit.gv.at/themen/innovation/foerderungschwerpunkte/kgv.html>, zugegriffen am: 18.11.2019.
- BMVIT** (2018c): *RICHTLINIENBEILAGE Teil Anschlussbahn (ASB). SONDERRICHTLINIEN Staatliche Beihilfe SA.48485 - Österreich*. <https://www.schig.com/wp-content/uploads/2018/01/SRLBEILAGE-Teil-Anschlussbahn-01.2018.pdf>, zugegriffen am: 19.11.2019.
- BMVIT** (2018d): *Verträge 2018*. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. <https://www.bmvit.gv.at/themen/eisenbahn/foerderungen/sgv/vertraege2018.html>, zugegriffen am: 18.11.2019.
- BMVIT** (2019a): *Abgeltungssätze 2020 für den unbegleiteten Kombinierten Verkehr (UKV)*. <https://www.bmvit.gv.at/dam/jcr:84aed42a-1597-4b93-b463-12e2021775fb/7.3%20Beihilfes%C3%A4tze%20UKV%202020.pdf>, zugegriffen am: 18.11.2019.

- BMVIT** (2019b): *Abgeltungssätze 2020 für die Rollende Landstraße (RoLa)*.
<https://www.bmvit.gv.at/dam/jcr:321fc15e-d5c2-4300-9182-19a2e3d37cbd/7.4%20Beihil-fes%C3%A4tze%20RoLa%202020.pdf>, zugegriffen am: 18.11.2019.
- BMVIT** (2019c): *Aufruf zum Förderprogramm „Schienengüterverkehr 2018 - 2022“ für das Jahr 2020*.
https://www.bmvit.gv.at/dam/jcr:307cbf11-5b37-4ac5-a7e6-9085c139f594/0_Auf-ruf%20zum%20F%C3%B6rderprogramm%20Schieneng%C3%BCterverkehr%202020.pdf, zugegriffen am: 18.11.2019.
- BMVIT** (2019d): *Terminalhandbuch*. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.
<https://www.bmvit.gv.at/themen/transport/gueterverkehrslogistik/terminalhandbuch.html>, zugegriffen am: 2.12.2019.
- BMVIT** (2019e): *Verkehrsprognose Österreich 2040+*. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. <https://www.bmvit.gv.at/themen/verkehrsplanung/verkehrsprognose/verkehrsprognose2040.html>, zugegriffen am: 19.12.2019.
- Bodenmann, Balz** (2005): *Modelle zur Standortwahl von Unternehmen*. Arbeitsbereiche Verkehr und Raumplanung. <https://www.research-collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.11850/3427/eth-28871-01.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, zugegriffen am: 27.1.2019.
- Brandt, Michael** (2020): *Exkursion Zentralverschiebebahnhof*. Wien-Kledering. 13.2.2020.
- Bundesbahngesetz**: *Bundesgesetz zur Neuordnung der Rechtsverhältnisse der Österreichischen Bundesbahnen*. BGBl. Nr. 825/1992 idF. BGBl. I Nr. 100/2018. <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10007278>, zugegriffen am: 25.11.2019.
- Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus** (2019): *Das Übereinkommen von Paris*. oesterreich.gv.at. https://www.oesterreich.gv.at/themen/bauen_wohnen_und_umwelt/klimaschutz/1/Seite.1000325.html, zugegriffen am: 28.10.2019.
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur [BMVI]** (2018): *Betriebsdruchführung im Einzelwagenverkehr*. Forschungs-Informations-System für Mobilität und Verkehr (FIS). <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/388925/>, zugegriffen am: 16.12.2019.
- Cerwenka, Peter; Hauger, Georg; Hörl, Bardo; Klamer, Michael** (2004): *Einführung in die Verkehrssystemplanung*. Wien: Österreichischer Kunst- und Kulturverlag.
- Clausen, Uwe; Vastag, Alex; Geiger, Christiane; Vastag, Alex; Ebel, Gerald; Geiger, Christiane** (2013): *Verkehrs- und Transportlogistik*. 2. Aufl. 2013 Aufl. VDI-Buch. Berlin, Heidelberg.: Springer Vieweg.

- DB Energie GmbH Hrsg.** (2020): *Potenzialbeschreibung Wasserstofftransport über das Schienennetz*. Frankfurt am Main. <https://blog.lea-hessen.de/wp-content/uploads/2020/08/Potenzialbeschreibung-Wasserstofftransport-%C3%BCber-das-Schienennetz.pdf>, zugegriffen am: 7.9.2020.
- DB Netz AG** (2019): *railway.tools*. railway.tools. <https://railway.tools/#/de>, zugegriffen am: 17.10.2019.
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.** (2019): *NGT CARGO - Hochgeschwindigkeits-Güterzug*. DLR Verkehr. <https://verkehrsforschung.dlr.de/de/projekte/ngt-cargo>, zugegriffen am: 16.12.2019.
- Documentation QGIS 3.4** (2020): *The graphical modeler*. QGIS. https://docs.qgis.org/3.4/en/docs/user_manual/processing/modeler.html?highlight=processing%20modeler, zugegriffen am: 25.2.2020.
- Dolezal, Rudolf** (2020): *Persönliches Gespräch zum Thema Netzzugang und Schienengüterverkehr*. 16.1.2020.
- Dolinayova, Anna; Loch, Martin; Camaj, Juraj** (2016): *Liberalization of the railway freight market in the context of a sustainable transport system*. Transportation Research Procedia, 14, Seiten 916-925. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.071>, zugegriffen am: 27.11.2019.
- Dörr, Heinz; Hörl, Bardo; Pöchtrager, Siegfried** (2011): *Friendly Supply Chains. Indikatoren-Konzept für die verkehrsträgerübergreifende Bewertung von Transportketten am Beispiel der Supply Chains zu den NST/R-Gütergruppen Wein, Bier, Fruchtsaft und Milchprodukte*. IVS-Schriften. Wien.: Österreichischer Kunst- und Kulturverlag.
- dpa** (2018): So könnte der Güterzug der Zukunft aussehen. *Frankfurter Allgemeine Zeitung*. [online] 9 Feb. <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/ngt-cargo-der-gueterzug-der-zukunft-15440365.html>, zugegriffen am: 16.12.2019.
- DR. THOMAS + PARTNER GmbH & Co. KG** (2019): *Konsolidierung*. Logistik Knowhow. <https://logistikknowhow.com/logipedia/konsolidierung/>, zugegriffen am: 3.12.2019.
- Dudenredaktion** (2019): „Terminal“ auf Duden online. https://www.duden.de/rechtschreibung/Terminal_Empfangsgebäude_Anlage, zugegriffen am: 25.10.2019.
- ECONSULT Betriebsberatungsgesellschaft m.b.H Hrsg.** (2014): *Vorschläge zur Attraktivierung des Anschlussbahnwesens. Zusammenfassende Ergebnisse der StudieAIRA – Adaptive & Innovative Referenzsysteme für Anschlussbahnen*. Wien. http://www.econsult.at/images/Artikel/ECONSULT_Anschlussbahnstudie%202014_screen.pdf, zugegriffen am: 23.7.2020.
- EisbG**: *Bundesgesetz über Eisenbahnen, Schienenfahrzeuge auf Eisenbahnen und den Verkehr auf Eisenbahnen*. BGBl. Nr. 60/1957 idF. BGBl. I Nr. 60/2019. <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10011302>, zugegriffen am: 25.10.2019.

- Europäische Kommission** (2017): *Staatliche Beihilfe SA.48390 – Österreich Verlängerung der Beihilferegelung zur Förderung des Schienengüterverkehrs im Rahmen bestimmter kombinierter Verkehrsdienste im Zeitraum 2018-2022*. https://ec.europa.eu/competition/state_aid/cases/269839/269839_1971627_104_8.pdf, zugegriffen am: 18.11.2019.
- Europäisches Parlament** (2016): *Viertes Eisenbahnpaket: Alles, was Sie darüber wissen müssen*. Europäisches Parlament. <https://www.europarl.europa.eu/news/de/headlines/economy/20160425STO24586/viertes-eisenbahnpaket-alles-was-sie-daruber-wissen-mussen>, zugegriffen am: 25.11.2019.
- European Union** (2018): *Statistik des Güterverkehrs: Quelldaten für die Tabellen und Abbildungen (MS Excel)*. Eurostat Statistics Explained. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/images/d/de/Freight_transport_statistics_YB2016-DE.xlsx, zugegriffen am: 5.11.2019.
- European Union** (2019a): *Freight transport statistics*. Eurostat Statistics Explained. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Freight_transport_statistics, zugegriffen am: 5.11.2019.
- European Union** (2019b): *Freight transport statistics: Source data for tables and graphs*. Eurostat Statistics Explained. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/images/9/9f/Freight_transport_statistics_2019-06.xlsx, zugegriffen am: 5.11.2019.
- Fehringer, Roland** (2018): *green logistics by Austria Glas Recycling*. Die wunderbare Welt des Glasrecyclings. <https://www.glasrecycling.at/green-logistics-by-austria-glas-recycling/>, zugegriffen am: 7.9.2020.
- Fürst, Elmar** (2010): *Die neue Güternomenklatur für die Verkehrsstatistiken: NST 2007*. Statistische Nachrichten 9/2010. http://www.statistik-austria.at/web_de/static/die_neue_guaternomenklatur_fuer_die_verkehrstatistiken_nst_2007_052787.pdf, zugegriffen am: 11.10.2020.
- Giffinger, Rudolf; Kramar, Hans; Suitner, Johannes** (2016): *Graphentheorie | Erreichbarkeiten | Räumliche Interaktionen*. Vorlesung Methoden der Regionalanalyse. Wien.
- Haas, Hans Dieter; Neumair, Simon Martin; Voigt, Kai Ingo** (2018a): *Standort*. Gabler Wirtschaftslexikon. Das Wissen der Experten. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/standort-46412/version-269692>, zugegriffen am: 28.1.2019.
- Haas, Hans Dieter; Neumair, Simon Martin; Voigt, Kai Ingo** (2018b): *Standortfaktoren*. Gabler Wirtschaftslexikon. Das Wissen der Experten. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/standortfaktoren-45787/version-269075>, zugegriffen am: 27.1.2019.
- Hafner, Brigitte** (2018): *Streckenklasse*. Rail Cargo Group Blog. <https://blog.railcargo.com/artikel/eisenbahn-einfach-erklart-interoperabilitaet/eisenbahn-einfach-erklart-streckenklasse.html>, zugegriffen am: 2.3.2020.
- Hafner, Brigitte** (2019): *Wenn die Umwelt wieder durchatmen kann*. Rail Cargo Group Blog. <https://blog.railcargo.com/artikel/rola-umwelt-1.html>, zugegriffen am: 14.11.2019.

- Heinrici, Timon; Rees, Dagmar** (2020): *Dr. Sigrid Nikutta: Mehr Verkehr ins Netz bringen*. Eurailpress.
<https://www.eurailpress.de/nachrichten/personen-positionen/detail/news/dr-sigrid-nikutta-mehr-verkehr-ins-netz-bringen.html>, zugegriffen am: 8.6.2020.
- Heinzle, Thomas** (2015): Liberalisierung des Schienenpersonenfernverkehrs in der EU am Beispiel Österreichs und Tschechiens. *Der öffentliche Sektor*, Jahrgang 41 (2015)(Heft 1), Seiten 47–55.
- Heinzle, Thomas** (2018): *Wettbewerb im Schienenpersonenfernverkehr (SPFV): Entwicklungen in Österreich und Tschechien*.
- Herry Consult** (2016): *Berechnung beihilfefähiger Kosten für den Schienengüterverkehr 2016*.
https://www.bmvit.gv.at/dam/jcr:5aa0e728-903b-4f24-a321-931ba44c04bd/Bericht__Herry_Studie_SGV_Beihilfe_2016_Endbericht_161104.pdf, zugegriffen am: 18.11.2019.
- Herry Consult; Verracon GmbH** (2017): *Potential- und Umfeldanalyse. SEP 019a - Wr. Neustadt (e) - Langewang (a) und Semmeringbasistunnel. Schlussbericht*.
- Hörl, Bardo; Hermann, Nina; Trauner, Anna; Wanjek, Monika; Dörr, Heinz; Romstorfer, Andreas; Zeleny, Nina** (2011): *metro.freight.2020 Transportmittelauswahl für die mittelbetriebliche Wirtschaft – Strategie zur Stärkung und effizienten Nutzung der Schieneninfrastruktur in Ballungsräumen*. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie Abteilung Mobilitäts- und Verkehrstechnologien
<https://www2.ffg.at/verkehr/file.php?id=407>, zugegriffen am: 17.10.2019.
- Industrie- und Handelskammer Nürnberg für Mittelfranken** (2019): *Kombinierter Verkehr*. Industrie- und Handelskammer Nürnberg für Mittelfranken. <https://www.ihk-nuernberg.de/de/Geschaeftsbereiche/Standortpolitik-und-Unternehmensfoerderung/verkehr-logistik/verkehr/verkehrsinfrastruktur-technologie/kombinierter-verkehr>, zugegriffen am: 14.11.2019.
- infra:gis** (2018): *Anschlussstellen zu Anschlussbahnen*. <https://infrastruktur.oebb.at/de/geschaeftpartner/schiennennetz/dokumente-und-daten/anschlussbahnen/dokumente-und-links/liste-anschlussbahnen.pdf>, zugegriffen am: 5.12.2019.
- Innofreight Solutions GmbH** (2020): *News Archive*. Innofreight. <https://www.innofreight.com/news-archive/>, zugegriffen am: 28.4.2020.
- Innova Train AG** (2019): *Referenzen*. innovatrain : easy cargo moving. <http://www.innovatrain.ch/de/innovatrain/referenzen/>, zugegriffen am: 18.12.2019.
- International Union of Railways** (2017): *2016 report on combined transport in europe*. Paris.: International Union of Railways - Railway Technical Publications (ETF)
https://uic.org/IMG/pdf/2016_report_on_combined_transport_in_europe_cles.pdf, zugegriffen am: 18.11.2019.

- Kores Consulting und Projektentwicklung; Brenner-Managementberatung GmbH** (2015): *Modell zur Optimierung der Wirkungen der Beihilfen des Bundes für die Erbringung von Schienengüterverkehrsleistungen im Einzelwagenverkehr (EWW)*. St. Andrä i. L./Wiener Neustadt. <https://www.bahnindustrie.at/download/98/EWW-Foerderung-Schlussbericht-Mai.pdf>, zugegriffen am: 27.4.2020.
- Kulke, Elmar** (2013): *Wirtschaftsgeographie*. 5. Auflage Aufl. Paderborn.: Verlag Ferdinand Schöningh GmbH & Co. KG.
- Loibner, Michael** (2019): Güterverkehr: Weg vom Abstellgleis. *Die Presse*. [online] 18 Juni. <https://www.die-presse.com/5646450/guterverkehr-weg-vom-abstellgleis>, zugegriffen am: 18.12.2019.
- Metz, Kurt** (2017): Verwirrende Vielfalt. *DVZ Deutsche Verkehrs-Zeitung*. [online] <https://www.dvz.de/rubriken/logistik/detail/news/verwirrende-vielfalt.html>, zugegriffen am: 28.4.2020.
- Metzger, Miriam** (2008): *The Credibility of Volunteered Geographic Information*. *GeoJournal*, 72, Seiten 137-148. https://www.researchgate.net/publication/226851393_The_Credibility_of_Volunteered_Geographic_Information, zugegriffen am: 14.4.2020.
- Mikula, Christian** (2018): *Der MOBILER*. Rail Cargo Group Blog. <https://blog.railcargo.com/de/artikel/power-auf-rädern-start-der-wagenseerie/der-mobiler>, zugegriffen am: 28.4.2020.
- ÖBB-Holding AG** (2019): *Das Unternehmen*. ÖBB-Holding. <https://holding.oebb.at/de/das-unternehmen>, zugegriffen am: 10.10.2020.
- ÖBB-Holding AG Hrsg.** (2020): *Den Sendungen auf der Spur*. ÖBB bewegt. Das Magazin für das Team der ÖBB. Wien.
- ÖBB-Infrastruktur AG Hrsg.** (2011): *Zielnetz 2025+*. https://infrastruktur.oebb.at/de/unternehmen/fuer-oesterreich/zukunft-bahn-zielnetz/Zielnetz_2025%2B_Downloads_?datei=Zielnetz+2025+Ergebnisbericht.pdf, zugegriffen am: 3.12.2019.
- ÖBB-Infrastruktur AG** (2018a): *Anschlussbahnen nach Orten gegliedert (Auszug)*. ÖBB Infra. <https://infrastruktur.oebb.at/de/geschaeftpartner/schienennetz/dokumente-und-daten/anschlussbahnen/dokumente-und-links/liste-anschlussbahnen.pdf>, zugegriffen am: 5.12.2019.
- ÖBB-Infrastruktur AG** (2018b): *Schienennetz-Nutzungsbedingungen 2019*. Wien. Schienennetz-Nutzungsbedingungen unter infrastruktur.oebb.at/snnb, zugegriffen am: 11.11.2019.
- ÖBB-Infrastruktur AG** (2019a): *Anschlussbahn-Datenbank (ABDB)*. ÖBB Infra. <https://infrastruktur.oebb.at/de/geschaeftpartner/it-tools/abdb>, zugegriffen am: 5.12.2019.
- ÖBB-Infrastruktur AG** (2019b): *EVU auf dem ÖBB-Netz*. ÖBB Infra. <https://infrastruktur.oebb.at/de/geschaeftpartner/schienennetz/zugang-zum-oebb-netz/evu-auf-dem-oebb-netz>, zugegriffen am: 27.11.2019.

- ÖBB-Infrastruktur AG** (2019c): *Fahrwegkapazitätsbegehren und Fristen*. ÖBB Infra. <https://infrastruktur.oebb.at/de/geschaeftpartner/schienennetz/trassenbestellung-und-fristen>, zugegriffen am: 27.11.2019.
- ÖBB-Infrastruktur AG Hrsg.** (2019d): *Zahlen Daten Fakten*. ÖBB-Infrastruktur. <https://infrastruktur.oebb.at/de/unternehmen/zahlen-daten-fakten/zahlen-daten-fakten-oebb-infrastruktur.pdf>, zugegriffen am: 25.11.2019.
- ÖBB-Infrastruktur AG** (2020): *Güterzentrum Wolfurt. Rund um den Bau*. ÖBB Infra. <https://infrastruktur.oebb.at/de/projekte-fuer-oesterreich/gueterzentren-und-terminals/gueterzentrum-wolfurt/rund-um-den-bau>, zugegriffen am: 5.9.2020.
- ÖBB-Konzern** (2019): *Organisation*. ÖBB-Konzern. <https://konzern.oebb.at/de/ueber-den-konzern/organisation>, zugegriffen am: 25.11.2019.
- ÖBB-Konzern** (2020): *Grüner Güterverkehr*. ÖBB-Konzern. <https://konzern.oebb.at/de/nachhaltigkeit/klima/gruener-gueterverkehr>, zugegriffen am: 7.9.2020.
- OpenStreetMap contributors** (2020): *Copyright and Licence*. openstreetmap.org. <https://www.openstreetmap.org/copyright/en>, zugegriffen am: 12.4.2020.
- OpenStreetMap Wiki contributors** (2018): *Demolished Railway*. OpenStreetMap Wiki. https://wiki.openstreetmap.org/w/index.php?title=Demolished_Railway&oldid=1625129, zugegriffen am: 14.2.2020.
- OpenStreetMap Wiki contributors** (2019a): *About OpenStreetMap*. OpenStreetMap Wiki. https://wiki.openstreetmap.org/w/index.php?title=About_OpenStreetMap&oldid=1929744, zugegriffen am: 14.2.2020.
- OpenStreetMap Wiki contributors** (2019b): *Key:landuse*. OpenStreetMap Wiki. <https://wiki.openstreetmap.org/w/index.php?title=Key:landuse&oldid=1804398>, zugegriffen am: 18.2.2020.
- OpenStreetMap Wiki contributors** (2019c): *Key:railway*. OpenStreetMap Wiki. <https://wiki.openstreetmap.org/w/index.php?title=Key:railway&oldid=1884261>, zugegriffen am: 13.2.2020.
- OpenStreetMap Wiki contributors** (2019d): *OpenRailwayMap*. OpenStreetMap Wiki. <https://wiki.openstreetmap.org/w/index.php?title=OpenRailwayMap&oldid=1905312>, zugegriffen am: 13.2.2020.
- OpenStreetMap Wiki contributors** (2019e): *Tags*. OpenStreetMap Wiki. <https://wiki.openstreetmap.org/w/index.php?title=Tags&oldid=1940307>, zugegriffen am: 13.2.2020.
- OpenStreetMap Wiki contributors** (2020a): *DE:Key:highway*. OpenStreetMap Wiki. <https://wiki.openstreetmap.org/w/index.php?title=DE:Key:highway&oldid=1941094>, zugegriffen am: 10.4.2020.
- OpenStreetMap Wiki contributors** (2020b): *Key:highway*. OpenStreetMap Wiki. <https://wiki.openstreetmap.org/w/index.php?title=Key:highway&oldid=1964792>, zugegriffen am: 10.4.2020.

- Organisation for Economic Co-operation and Development** (2019): *Transport - Freight transport - OECD Data*. theOECD. <http://data.oecd.org/transport/freight-transport.htm>, zugegriffen am: 6.11.2019.
- ÖV DAT - Österreichisches Institut für Verkehrsdateninfrastruktur** (2020): *Die Graphenintegrations-Plattform GIP*. GIP.at. <https://www.gip.gv.at/>, zugegriffen am: 27.3.2020.
- PALFINGER AG** (2020): *Geschichte. Von der Schlosserwerkstatt zum Global Player*. PALFINGER. <https://www.palfinger.ag/de/unternehmen/geschichte>, zugegriffen am: 28.4.2020.
- PJM** (2017): *Intelligenter Güterzug mit SBB Cargo und Rail Cargo Austria*. PJM. <https://pjm.co.at/blog/intelligenter-gueterzug-mit-sbb-cargo/>, zugegriffen am: 18.12.2019.
- PJM** (2019): *Automatische Bremsprobe: Der automatische Prozess schafft enorme Effizienz im Rangierbetrieb*. PJM. <https://pjm.co.at/blog/Showroom/automatische-bremsprobe/>, zugegriffen am: 18.12.2019.
- Poimer, Bernhard** (2019): *Persönliches Gespräch zum Thema Trennung zwischen EIU und EVU*. 12 Dez.
- Raffler, Clemens** (2018): *QNEAT3 - QGIS Network Analysis Toolbox 3*. QNEAT3. <https://root676.github.io/>, zugegriffen am: 11.10.2020.
- Raffler, Clemens** (2020): *QNEAT3 - Ergebnisse außerhalb des Straßennetzes [E-Mail]*.
- Rail Cargo Group** (2019): *MOBILER. Kombiniertes Verkehr innovativ umgesetzt*. https://www.railcargo.com/file_source/railcargo/rcg/Downloads/2019-mobiler-de.pdf, zugegriffen am: 28.4.2020.
- Rail Cargo Operator - Austria GmbH** (2019): *Fahrpläne & Preise*. ROLA. <https://rola.railcargo.com/de/fahrplaene-preise>, zugegriffen am: 2.12.2019.
- RailNetEurope** (2018): *General container for the different RFC areas*. CMS RNE. <https://cms.rne.eu/rail-freight-corridors>, zugegriffen am: 28.11.2019.
- Ramprecht, Philip** (2016): *Entwicklung eines Kostenmodells für den Containertransport auf der Schiene*. Wien <https://resolver.obvsg.at/urn:nbn:at:at-ubtuw:1-1040>, zugegriffen am: 10.10.2019.
- RE Trans** (2017): *Reader zu den inhaltlichen Grundlagen des Schienenverkehrs*. <https://www.rerail.at/files/e1395f52215e45b3b8f12628a28cad21/>, zugegriffen am: 28.4.2020.
- root676** (2018): Building Graph in QGIS for Service Area computing. *Geographic Information Systems Stack Exchange*. <https://gis.stackexchange.com/questions/301815/building-graph-in-qgis-for-service-area-computing>, zugegriffen am: 9.6.2020.
- Rossy, Quentin** (2019a): *Visualist: a spatial analysis plugin for crime analysts*. Visualist. <https://plugins.qgis.org/plugins/visualist/>, zugegriffen am: 10.7.2020.

- Rossy, Quentin** (2019b): *Visualist: a spatial analysis plugin for crime analysts (QGIS-Plugin)*. Ecole des sciences criminelles. <https://plugins.qgis.org/plugins/visualist/>, zugegriffen am: 10.7.2020.
- SBB** (2020): *Glossar*. SBB Statistikportal. <https://reporting.sbb.ch/glossar>, zugegriffen am: 10.10.2020.
- SBB Cargo AG** (2020a): *Swissmovers Partner*. SwissMovers. <http://www.swissmovers.org/partner/>, zugegriffen am: 28.4.2020.
- SBB Cargo AG** (2020b): *Wagentypen-Suche*. SBB Cargo. <https://www.sbbcargo.com/de/kundencenter/tools/wagentypen-suche.html?checkboxes=all&start=1§or=all>, zugegriffen am: 2.3.2020.
- Schenker, Stefanie** (2018): *Rollende Landstraße steht vor dem Aus*. Salzburger Nachrichten (online). <https://www.sn.at/salzburg/wirtschaft/rollende-landstrasse-steht-vor-dem-aus-25705189>, zugegriffen am: 2.12.2019.
- Scheucher, Ronald** (2014): *Wettbewerb im österreichischen Güterverkehrsmarkt: Konstellationen zwischen Straße und Schiene*. Stand: Jänner 2014. Aufl. Verkehr und Infrastruktur. Wien: Kammer fArbeiter uAngestellte fWien. <http://emedien.arbeiterkammer.at/viewer/image/AC11587102/1/>, zugegriffen am: 3.10.2019.
- Schienen-Control GmbH Hrsg.** (2015): *2015 Jahresbericht*. Wien. <https://www.schienecontrol.gv.at/files/1-Homepage-Schienen-Control/1f-Publikationen/Jahresbericht-der-Schienen-Control-2015.pdf>, zugegriffen am: 2.12.2019.
- Schienen-Control GmbH Hrsg.** (2018): *Jahresbericht 2017: Ihr Recht am Zug. Schienen-Control*. Wien. https://www.schienecontrol.gv.at/files/1-Homepage-Schienen-Control/1g-Presse/Pressemappen/Pressemappen2018/SC-Jahresbericht-2017_Web.pdf, zugegriffen am: 7.1.2020.
- Schienen-Control GmbH** (2019a): *Bahnen in Österreich von A-Z*. Schienen-Control. <https://www.schienecontrol.gv.at/de/eisenbahnunternehmen.html>, zugegriffen am: 26.11.2019.
- Schienen-Control GmbH Hrsg.** (2019b): *Jahresbericht 2018: Ihr Recht am Zug. Schienen-Control*. Wien. https://www.schienecontrol.gv.at/files/1-Homepage-Schienen-Control/1g-Presse/Pressemappen/Pressemappen%202019/SC-Jahresbericht-2018_Web.pdf, zugegriffen am: 25.11.2019.
- Schienen-Control GmbH** (2019c): *Liberalisierung braucht Kontrolle*. Schienen-Control. <https://www.schienecontrol.gv.at/de/NetzAnschlussbahnen.html>, zugegriffen am: 20.11.2019.
- Schienen-Control GmbH** (2019d): *Netz und Anschlussbahnen*. Schienen-Control. <https://www.schienecontrol.gv.at/de/NetzAnschlussbahnen.html>, zugegriffen am: 20.11.2019.
- Schienen-Control GmbH Hrsg.** (2020): *Jahresbericht 2019: Ihr Recht am Zug. Schienen-Control*. Wien. https://www.schienecontrol.gv.at/files/1-Homepage-Schienen-Control/1f-Publikationen/SC-Jahresbericht-2019_Web.pdf, zugegriffen am: 1.9.2020.

- Schmidt, Ferdinand** (2016): *Bedeutung des Einzelwagenverkehrs und Zukunftsperspektive*. https://www.schiene-control.gv.at/files/1-Homepage-Schiene-Control/1h-Veranstaltungen/Symposium/Bedeutung%20des%20EWW_Ferdinand%20Schmidt.pdf, zugegriffen am: 22.4.2020.
- Schröder, Ernst Jürgen** (2000): *Entwicklung und Strukturwandel des Güterverkehrs*. Bundesrepublik Deutschland Nationalatlas. Leibnitz-Institut für Länderkunde, S.86–89 http://archiv.nationalatlas.de/wp-content/art_pdf/Band9_86-89_archiv.pdf, zugegriffen am: 25.10.2019.
- Schuster, Roland** (2019): *Die Zukunft des Einzelwagenverkehrs: „Wettbewerb und Regulierung im Schienenverkehrsmarkt/Herausforderungen des Einzelwagenverkehrs“*. <https://www.schienecontrol.gv.at/files/1-Homepage-Schiene-Control/1h-Veranstaltungen/Symposium/Vortrag-2016-Roland-Schuster.pdf>, zugegriffen am: 3.12.2019.
- SmartRail Logistics** (2018): *Pressemitteilung: SmartRail Logistics eröffnet Korridor Dresden - Emden: Fahrzeugteile für das VW-Werk Emden wechseln von der Straße auf die Schiene*. SmartRail Logistics. http://www.innovatrain.ch/fileadmin/Medien/Dokumente/News/Pressemitteilung_SmartRail_Logistics_Verkehrsaufnahme.pdf, zugegriffen am: 17.12.2019.
- Spedition und Logistik, Fachverband** (2017): *Rechtliche Unterscheidung Spediteur - Frächter*. WKO. https://www.wko.at/branchen/transport-verkehr/spedition-logistik/Rechtliche_Unterscheidung_Spediteur_-_Fraechter.html, zugegriffen am: 27.7.2020.
- Statistik Austria** (2019a): *Modal Split – Güterverkehr*. Statistik Austria. http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_umwelt_innovation_mobilitaet/verkehr/modal_split_gueterverkehr/index.html, zugegriffen am: 11.10.2019.
- Statistik Austria** (2019b): *Rohrleitungen*. Statistik Austria. http://statistik.at/web_de/statistiken/energie_umwelt_innovation_mobilitaet/verkehr/rohrleitungen/index.html, zugegriffen am: 12.11.2019.
- Statistik Austria** (2019c): *STATcube - Datenbank: 11 Verkehr (ÖNACE 2003 I; ÖNACE 2008 H)*. STATcube. <https://statcube.at/statistik.at/ext/statcube/jsf/tableView/tableView.xhtml>, zugegriffen am: 31.10.2019.
- Statistik Austria** (2019d): *STATcube - Datenbank: Schienengüterverkehr in Österreich ab 2017*. STATcube. <https://statcube.at/statistik.at/ext/statcube/jsf/tableView/tableView.xhtml>, zugegriffen am: 4.2.2020.
- Statistik Austria** (2019e): *Verkehr*. Statistik Austria. http://statistik.at/web_de/statistiken/energie_umwelt_innovation_mobilitaet/verkehr/index.html, zugegriffen am: 12.11.2019.
- Statistik Austria** (2020): *Downloads - ÖNACE 2008*. Statistik Austria. http://www.statistik.at/KDBWeb/kdb_DownloadsAnzeigen.do?KDBtoken=ignore, zugegriffen am: 20.2.2020.
- Stölzle, Wolfgang; Faganini, Peter Hrsg.** (2010): *Güterverkehr kompakt*. Lehrbuch kompakt. München: Oldenbourg.

- Technischer Innovationskreis Schienengüterverkehr** (2018): *Das System Schiene im Blick: Vom innovativen Güterwagen über den intelligenten Güterzug zum wettbewerbsfähigen Schienengüterverkehrssystem*. Berlin. <https://tu-dresden.de/bu/verkehr/ibv/bsr/ressourcen/dateien/forschung/TIS-Positionspapier.pdf?lang=de>, zugegriffen am: 19.12.2019.
- Thoma, Lothar** (1995): *City-Logistik: Konzeption - Organisation - Implementierung*. Wiesbaden: Gabler Verlag, Deutscher Universitäts-Verlag. https://books.google.at/books?id=VtmbBgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=de&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false, zugegriffen am: 3.12.2019.
- TRAFICO; IVWL Uni Graz; IVT ETH Zürich; Panmobile; Joanneum Research; WIFO** (2009): *VERKEHRSPROGNOSE ÖSTERREICH 2025+ Endbericht: 5 Güterverkehr Ergebnisse*. https://www.bmvit.gv.at/dam/jcr:d8866ab1-d534-4d82-9d95-2e4f74aa4e75/vpoe25_kap5.pdf, zugegriffen am: 31.10.2019.
- Triolog Publishers Verlagsgesellschaft** (2017): *NGT CARGO - Schienengüterverkehr von morgen*. Internationales Verkehrswesen : Das technisch-wissenschaftliche Fachmagazin. <https://www.internationales-verkehrswesen.de/ngt-cargo/>, zugegriffen am: 16.12.2019.
- Umweltbundesamt** (2019a): *Verkehr beeinflusst das Klima*. Umweltbundesamt. https://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/verkehr/auswirkungen_verkehr/verk_treibhausgase/, zugegriffen am: 10.10.2019.
- Umweltbundesamt** (2019b): *Zwölfter Umweltkontrollbericht. Umweltsituation in Österreich*. Wien. <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0684.pdf>, zugegriffen am: 10.11.2019.
- UN-ECE** (2001): *Terminologie des Kombinierten Verkehrs*. New York und Genf. <http://www.uirr.com/de/component/downloads/downloads/17.html>, zugegriffen am: 27.7.2020.
- UniCredit Bank Austria AG Hrsg.** (2018): *Gütertransport und Speditionen*. Branchenberichte. Wien. https://www.bankaustria.at/files/Guetertransport_u_Speditionen.pdf, zugegriffen am: 3.2.2020.
- VCÖ Hrsg.** (2017): *Ausgeblendete Kosten des Verkehrs*. VCÖ-Schriftenreihe „Mobilität mit Zukunft“. Wien. <https://www.vcoe.at/publikationen/vcoe-schriftenreihe-mobilitaet-mit-zukunft/detail/ausgeblendete-kosten-des-verkehrs>, zugegriffen am: 24.1.2020.
- VCÖ** (2019): *VCÖ-Factsheet 2019-03- Wachstum des Gütertransports in EU braucht Bahnausbau - Mobilität mit Zukunft*. VCÖ - Mobilität mit Zukunft. <https://www.vcoe.at/publikationen/vcoe-factsheets/detail/vcoe-factsheet-2019-06-wachstum-des-guetertransports-in-eu-braucht-bahnausbau>, zugegriffen am: 15.10.2019.
- Warnecke, Christiane; Götz, Georg** (2012): *Offener Marktzugang im europäischen Schienenpersonenverkehr: Erfahrungen aus der Wettbewerbsentwicklung*. Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung, Vol. 81, Seiten 111-130. <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/99685/1/vjh.81.1.111.pdf>, zugegriffen am: 21.11.2019.

- Wikipedia** (2018): Meterlast. In: *Wikipedia*. <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Meterlast&oldid=176627402>, zugegriffen am: 22.9.2020.
- Wikipedia** (2019): Traktion (Schienenfahrzeug). In: *Wikipedia*. [https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Traktion_\(Schienenfahrzeug\)&oldid=192849536](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Traktion_(Schienenfahrzeug)&oldid=192849536), zugegriffen am: 25.10.2019.
- Wikipedia** (2020): Geoinformationssystem. In: *Wikipedia*. <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Geoinformationssystem&oldid=201036780>, zugegriffen am: 27.7.2020.
- Wilfinger, Georg** (2020): *Aramis Zugklassen*.
- Winkler, Jacqueline** (2018): *Rollende Landstraße zwischen Salzburg und Triest fährt wieder*. Salzburg 24 online. <https://www.salzburg24.at/news/salzburg/rollende-landstrasse-zwischen-salzburg-und-triest-faehrt-wieder-58434937>, zugegriffen am: 2.12.2019.
- Wirtschaftskammer Österreich** (2020): *ÖNACE - Klassifikation der Wirtschaftstätigkeiten*. WKO. <https://www.wko.at/service/zahlen-daten-fakten/oenace.html>, zugegriffen am: 11.10.2020.
- Wittenbrink, Paul** (2012): *Systemkostenvergleich Straße und Schiene im Güterverkehrsbereich. Eine systematische Betrachtung der Kostenstrukturen*. Güterbahnen, 02/2012, Seiten 14-17. http://www.hwh-transport.eu/fileadmin/hwh/content/downloads/veroeffentlichungen/2012_02_Systemkosten-vgl._Strasse_und_Schiene..pdf, zugegriffen am: 10.12.2019.
- Wochenzeitung Verkehr** (2014): *„S-Bahn“ für den Güterverkehr*. Verkehr. Internationale Wochenzeitung seit 1945. <https://www.verkehr.co.at/singleview/article/s-bahn-fuer-den-gueterverkehr>, zugegriffen am: 18.12.2019.
- Zankl, Erich** (2016): *Netzentwicklungsplan (NEP)*. ÖBB-Infra. Wien.
- Zankl, Erich; Wollfart, Michael** (2016): *Systemadäquanz GV. Richtlinien zur Anwendung der Systemadäquanz*. ÖBB-Infra. Wien.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

