



Abschätzungen der Auswirkungen von Mautanpassungen auf das alpenquerende Straßengüterverkehrsaufkommen im Brennerkorridor

Impressum

PLANUM Fallast & Partner GmbH

Wastiangasse 14

8010 Graz

Telefon: +43 (0) 316 39 33 08

E-Mail: <mailto:office@planum.eu>

Webseite: www.planum.eu

Autor:innen:

DI Dr. Ass. Prof. Kurt Fallast

DI Patrick Stern

Mag.iur. Julian Kundegraber

Tanja Feistritzer

Auftraggeber:

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und
Technologie

Abteilung I/K2

Radetzkystraße 2

1030 Wien

bmk.gv.at

Kurzfassung

In diesem Bericht wird das Routenwahlverhalten im alpenquerenden Straßengüterverkehr näher betrachtet und untersucht, aus welchen Gründen dabei Umwege in Kauf genommen werden. Darauf aufbauend werden mögliche Verlagerungseffekte durch hypothetische Mauterhöhungen im Brennerkorridor auf andere Alpenquerungen bzw. Verkehrsträger (Schiene) untersucht.

Aus der „Erhebung alpenquerender Güterverkehr 2019 Österreich (CAFTA2019)“ werden die Routen über den Brenner inklusive auftretender Umwegfahrten analysiert. Die Entscheidungs- und Einflusskriterien werden für die Routenwahl im alpenquerenden Straßengüterverkehr untersucht, um daraus die Motivation ableiten zu können, wieso sich Umwegfahrten ergeben. Unter Berücksichtigung dieser Einflusskriterien wird die Auswirkung von hypothetischen Mautanpassungen im Brennerkorridor auf das gesamte Straßennetz betrachtet. Besonders die Verlagerungswirkung vom Brennerkorridor auf andere Alpenquerungen steht im Vordergrund, da durch eine hypothetische Mauterhöhung auf dem Brennerkorridor der eventuell kürzere Weg z.B. über den Gotthardtunnel aus wirtschaftlicher Sicht besser angenommen werden könnte. Für die Modellberechnungen werden mehrere Planfälle mit unterschiedlichen Mautsätzen auf entsprechenden Streckenabschnitten durchgeführt und die Veränderungen im Verkehrsfluss auf den einzelnen Alpenquerungen analysiert. Die Verlagerungswirkung auf den Verkehrsträger Schiene wird ebenso untersucht, indem die Kosten des Straßen- und Schienengütertransports für mehrere Verbindungen direkt verglichen werden. Auf Basis dieser Grundlage kann eine vereinfachte Abschätzung getroffen werden, wie viel Verkehr bei einer Kostensteigerung der Straße auf die Schiene verlagert werden könnte.

Die Analyse zeigt, dass 24 % (in Bezug auf zusätzliche Fahrzeit) bzw. 31 % (in Bezug auf zusätzliche Wegstrecke) aller über den Brenner getätigten LKW-Fahrten eine Umwegfahrt darstellen. Die Modellberechnungen zeigen, dass es bei einer hypothetischen Mauterhöhung im Brennerkorridor zu Verkehrsverlagerungen käme, die das Ausmaß dieser Umwegfahrten beeinflussen. Daher kann angenommen werden, dass die streckenbasierten Kosten (inkl. Mautkosten) einen wesentlichen Einfluss auf die Routenwahl haben.

Die Modellberechnungen zeigen gleichzeitig auch, dass das Ausmaß der Verlagerungseffekte ebenso wesentlich von den regulatorischen Rahmenbedingungen (Fahrverbote, Dosiertechnik, etc.) auf den einzelnen Strecken abhängt. So kommt es bei hypothetischen

Mauterhöhungen im Brennerkorridor nur zu moderaten Verkehrsverlagerungen auf Alpenquerungen in der Schweiz, selbst wenn diese die schnellste oder kürzeste Route darstellen würden. Dementsprechend würde sich der Verkehr bei einer Mauterhöhung im Brennerkorridor zu einem wesentlichen Teil auch auf die A 10 Tauern Autobahn verlagern.

Für die Verlagerungswirkung ist darüber hinaus auch bedeutend, wo bzw. auf welchen Streckenabschnitten im Brennerkorridor eine Mauterhöhung stattfinden würde. Eine hypothetische Mauterhöhung im übrigen Brennerkorridor (insbesondere in Deutschland und Italien) hätte eine stärkere (Rück-)Verlagerungswirkung vom Brennerkorridor in die Schweiz zur Folge als eine punktuelle Mauterhöhung auf der österreichischen A 13 Brenner Autobahn.

Die Ergebnisse der Modellberechnungen zeigen jedenfalls, dass bei etwaigen Mautanpassungen die möglichen Auswirkungen auf andere Verkehrskorridore zu beachten sind.

Darüber hinaus scheint es für eine Verlagerung weg von der Straße auf den umweltfreundlicheren Verkehrsträger Schiene essenziell, die Schiene bestmöglich weiter zu fördern bzw. zu attraktivieren.

Inhaltsverzeichnis

1 Aufgabenstellung und Zielsetzung	8
2 Softwareprodukte für Routen- bzw. Tourenzusammenstellung	11
2.1 Begriffsdefinitionen	11
2.1.1 Route.....	11
2.1.2 Tour.....	12
2.2 Überblick Softwareprodukte	12
2.2.1 PTV Map&Guide	13
2.2.2 CarLo inTOUR (Soloplan).....	14
2.2.3 Translogica	14
2.2.4 IMPARGO	14
2.2.5 MapTrip.....	15
2.2.6 OPHEO.....	15
2.2.7 FLS-Transport	15
2.2.8 TransIT (GTS).....	15
2.2.9 ORTEC.....	16
2.3 Entscheidungsparameter und Kennwerte.....	16
2.4 Kosten und Fazit.....	18
3 Umwegfahrten im alpenquerenden Straßengüterverkehr über den Brennerkorridor.20	
3.1 Begriffsdefinitionen	22
3.2 Datengrundlagen	23
3.3 Verwendete Software.....	23
3.4 Datenaufbereitung.....	24
3.4.1 CAFT-Daten	24
3.4.2 Map&Guide.....	24
3.5 Berechnung und Plausibilisierung	27
3.6 Ergebnisse.....	29
3.6.1 Anteile der Umwegfahrten	29
4 Einflussfaktoren bzw. Entscheidungskriterien bei der Routenwahl	37
4.1 Unterschiede in der Routenwahl.....	37
4.1.1 Routenwahl LKW.....	37
4.1.2 Exkurs: Routenwahl von PKW	39
4.1.3 Zwischenfazit	42

4.2 Regulatorische Rahmenbedingungen alpenquerend	44
4.2.1 Österreich	44
4.2.2 Schweiz	52
4.2.3 Deutschland	56
4.2.4 Italien	57
4.2.5 Zwischenfazit	57
5 Mautanpassungen im Brennerkorridor	61
5.1 Verwendete Software	61
5.2 Grundlagen und Netzmodell.....	62
5.2.1 Netzmodell und Nachfrage	62
5.2.2 Wirkungsmodell - Verkehrsumlegung	63
5.2.3 Querschnitte	66
5.3 Planfälle	67
5.3.1 Ohne Dosiersystem AUT	67
5.3.2 Mit Dosiersystem AUT	68
5.3.3 Nacht.....	69
5.4 Berechnungen.....	70
5.4.1 Mautdaten	70
5.5 Ergebnisse	72
5.5.1 Planfall 1 – Ohne Dosiersystem	72
5.5.2 Planfall 2 – Mit Dosiersystem	76
5.5.3 Planfall 3 - Nacht.....	79
5.5.4 Jahresleistung	82
6 Verkehrsverlagerung auf andere Verkehrsträger	88
6.1 Bedeutung der Verkehrsverlagerung	88
6.2 Widerstände und Herausforderungen der Verlagerung	91
6.2.1 Flexibilität.....	91
6.2.2 Geschwindigkeit.....	92
6.2.3 Mangelnde Kapazität	93
6.2.4 Kosten	93
6.3 Maßnahmen zur Förderung.....	94
6.3.1 Infrastruktur.....	94
6.3.2 Anreize für Unternehmen.....	95
6.3.3 Zusammenarbeit zwischen Verkehrsträgern.....	95
6.3.4 Bürokratische Hindernisse	95
6.3.5 Staatliche Förderung.....	95

7 Zusammenfassung.....	100
Tabellenverzeichnis.....	102
Abbildungsverzeichnis.....	105
Literaturverzeichnis	107
Abkürzungen.....	113
Anhang 1: Aufbereitung der CAFT-Daten	114
Filtern der Routen	114
NUTS-Codierung und Import.....	114
Anhang 2: Fehlerquellen und Plausibilisierung.....	119
Fehlercode A.....	119
Fehlercode B.....	120
Fehlercode C.....	121
Fehlercode D.....	121
Fehlercode E.....	122
Anhang 3: Mautanpassung am Brennerkorridor – Umwegfahrten.....	123
Kriterium Fahrzeit.....	123
Kriterium Streckenlänge.....	124
Kriterium Kosten.....	126
Anhang 4: Mautanpassung am Brennerkorridor – Verkehrsumlegung.....	128

1 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Güterverkehrserhebungen der vergangenen Jahre zeigen, dass sich die Situation im alpenquerenden Güterverkehr auf Österreichs Straßen immer mehr zuspitzt. Die jährlich steigende Verkehrsleistung und die damit verbundenen negativen Auswirkungen auf Umwelt und Verkehr stellen eine große Herausforderung dar und erfordern (besonders hinsichtlich den Klimazielen der Europäischen Union) umweltfreundlichere Maßnahmen.

Aufgrund seiner geografischen Lage wird ein großer Anteil des alpenquerenden Güterverkehrs insbesondere auf den Autobahnen über den Brennerkorridor abgewickelt. So passierten laut der „Erhebung alpenquerender Güterverkehr 2019 Österreich“ durch das Bundesministerium für Klimaschutz im Jahr 2019 rund 2,7 Mio. LKW den Brenner, (Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), 2022). Doch dieser enorme Verkehr beschränkt sich nicht nur auf die A 13 Brenner Autobahn, sondern betrifft in beinahe gleichem Ausmaße vor allem auch die vor- bzw. nachgelagerte A 12 Inntal Autobahn sowie weitere hochrangige Verkehrswege in ganz Tirol.

Dieser hohe Anteil des Schwerverkehrs wirkt sich jedoch für die Allgemeinheit, vor allem aber für die Bewohner:innen entlang der betroffenen Strecken, in vielerlei Hinsicht negativ aus. So gelten, abseits eines generellen erhöhten Verkehrsaufkommens, insbesondere die negativen externen Effekte als eine Belastung für die dort lebende Bevölkerung. Zu diesen externen Effekten zählen in erster Linie gesundheits- und umweltschädliche Emissionen in die Luft wie z.B. von klimaschädlichem CO₂ oder Luftschadstoffen, aber auch der Verkehrslärm.

Eine Studie hat bereits nachgewiesen, dass ein Teil des LKW-Verkehrs in Tirol bzw. über den Brenner diese Route aufgrund der Quelle bzw. des Ziels gar nicht wählen sollte, da sie für diese Quell-Ziel-Beziehungen einen Umweg darstellt, (Köll, Bader, & Lechner, 2021). Es zeigte sich jedoch, dass sich diese Umwegverkehre für die Unternehmen trotzdem als wirtschaftlich(er) erwiesen haben. So werden Fahrten, bei denen eine, gegenüber dem kürzesten oder schnellsten Weg, längere Fahrzeit und/oder Fahrtstrecke in Kauf genommen wird, bewusst geplant. Unberücksichtigt bleiben bei dieser Routenwahl jedoch die negativen externen Effekte auf die Bevölkerung sowie die Umwelt.

Um diesem Trend entgegenzusteuern, hat das Land Tirol bereits einige Maßnahmen ergriffen, etwa durch spezifische Fahrverbote oder Dosierungen (Blockabfertigungen).

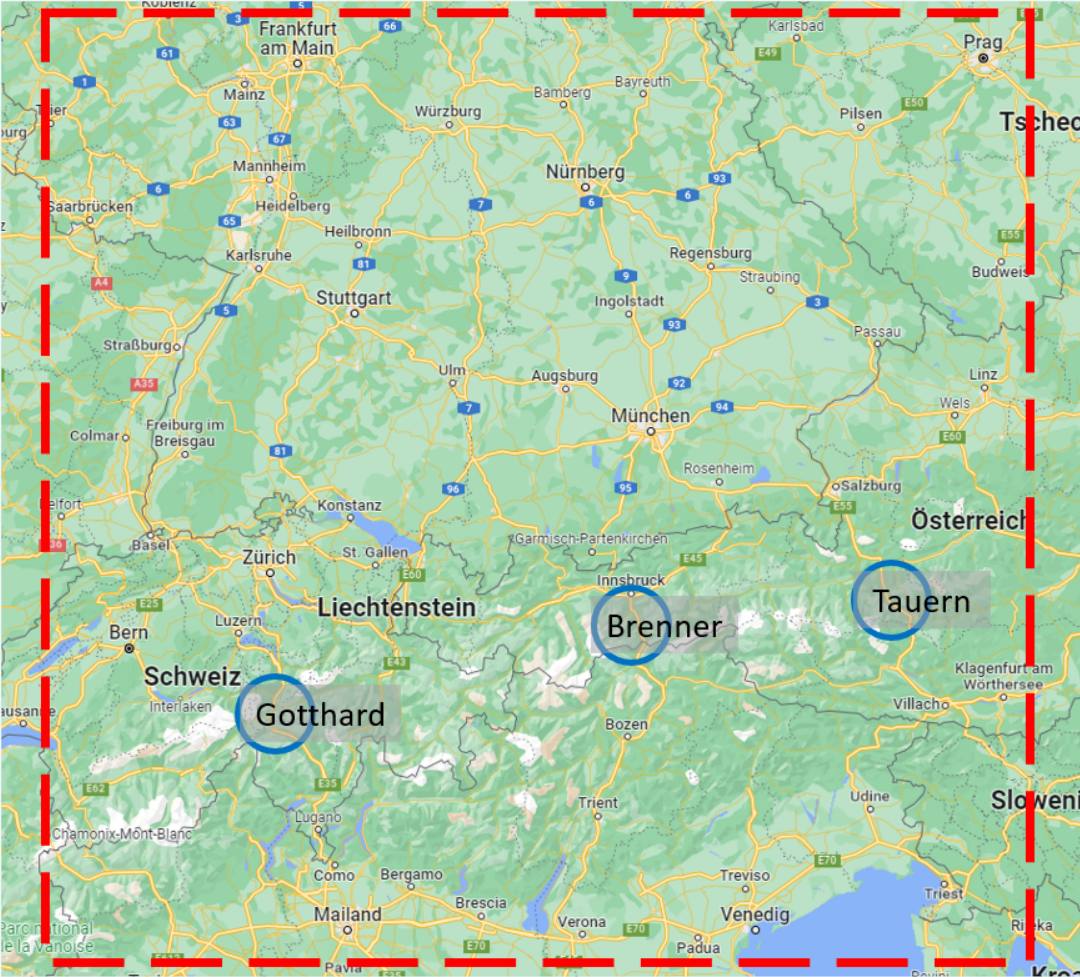
In diesem Bericht sollen daher zunächst, nachdem der Begriff ‚Umweg‘ genauer definiert wurde, genau diese Umwegverkehre über den Brenner ermittelt und dargestellt werden. Es gibt dabei eine Vielzahl an Einflussfaktoren und Entscheidungskriterien für die Wahl der Route bzw. die bewusste Entscheidung für eine Umwegfahrt. Deshalb sind diese in einem nächsten Schritt genauer zu untersuchen, um die wichtigsten Faktoren für eine Routenwahl aufzuzeigen.

Die bestehenden Rahmenbedingungen für den straßenseitigen Güterverkehr werden insbesondere hinsichtlich des Brenners vorgestellt. Aus einer Gesamtschau all dieser Faktoren und Kriterien werden sodann für die Modellrechnung sogenannte Widerstände gebildet, die die Routenwahl beeinflussen. Diese Widerstände werden in weiterer Folge in der Modellberechnung einer hypothetischen Mautanpassung im Brennerkorridor berücksichtigt. Ziel dieses Schrittes ist es, ein notwendiges Ausmaß einer hypothetischen Erhöhung der bestehenden Mautgebühren abzuschätzen, um eine entsprechende Veränderung des Routenwahlverhaltens zu bewirken. Diese Veränderungen sollten das Ausmaß des alpenquerenden Güterverkehrs am Brenner beeinflussen. Dabei wird untersucht, ob es zu räumlichen Verlagerungen auf andere Alpenübergänge, oder aber auch zu Verlagerungen auf andere Verkehrsträger kommen würde. Diese Modellberechnungen stützen sich dabei in unterschiedlichen Szenarien auf jeweils andere Routenwiderstände, wie etwa ein hypothetisches Auslaufen des Dosiersystems in Kufstein. Außerdem werden in diesem Bericht Verlagerungen auf die Schiene untersucht, da eine Verlagerung auf umweltfreundlichere Verkehrssysteme besonders im Hinblick auf die europäischen (Klimaneutralität 2050) bzw. österreichischen Klimaziele (Klimaneutralität 2040) relevant ist.

Darüber hinaus wird ein Screening der gängigsten Softwareprodukte für Routen- bzw. Tourenzusammenstellung und der darin hinterlegten Entscheidungsparameter durchgeführt. So soll untersucht werden, ob sich die relevanten Einflusskriterien bzw. Entscheidungsfaktoren wiederfinden.

Das räumliche Untersuchungsgebiet (siehe nachfolgende Abbildung) erstreckt sich dabei auf einen Großteil der Alpen. So werden sämtliche, für den straßenseitigen Güterverkehr geöffneten, alpenquerenden Übergänge zwischen dem Schweizer Gotthardtunnel im Westen bis hin zum Salzburger Tauerntunnel im Osten betrachtet. Die Modellberechnungen reichen jedoch über diese räumlichen Abgrenzungen hinaus.

Abbildung 1: Untersuchungsraum mit den bedeutendsten Alpenquerungen



2 Softwareprodukte für Routen- bzw. Tourenzusammenstellung

Software für die Planung und Optimierung von Routen und Touren ist im Logistikbereich ein wichtiges Tool, um bei der Disposition Kosten und Zeit einsparen zu können. Für diese Tourenoptimierung gibt es bereits einen großen Markt, wo verschiedene Softwarehersteller:innen unterschiedliche Services anbieten, um Speditionen bestmöglich zu unterstützen. Dabei werden mit verschiedenen Berechnungsmethoden bzw. Algorithmen anhand definierter Kennwerte je nach Bedarf die optimalen Routen ermittelt und vorgeschlagen.

In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, ob einzelne Anbieter:innen bzw. Softwareprodukte (un-)bewusst bestimmte Routenkorridore tendenziell eher berücksichtigen oder andere Korridore wiederum ausschließen. Dabei wird versucht, herauszufinden, ob die Softwareprodukte aufgrund der hinterlegten Parameter ein unterschiedliches Routenwahlverhalten zeigen. Nachfolgend werden daher die am weitesten verbreiteten Softwareprodukte für die Routen- und Tourenplanung sowie die dort hinterlegten Entscheidungsparameter im Logistikbereich untersucht.

2.1 Begriffsdefinitionen

Im Logistikbereich wird zwischen Routen- und Tourenplanung unterschieden, die jeweils unterschiedliche Fragestellungen behandeln.

2.1.1 Route

In diesem Bericht wird eine Route als ein Weg zwischen zwei oder mehreren Punkten mit demselben Verkehrsmittel (hier: LKW) und dem Ziel, die beste Wegführung zu finden, definiert. Die Reihenfolge der einzelnen Stopps ist dabei nicht veränderlich.

Eine Route kann nach Länge, Kosten und Fahrzeit optimiert werden. Speziell auf LKW (Lastkraftwagen) abgestimmte Routenplaner berücksichtigen außerdem fahrzeugspezifische Vorschriften und Restriktionen. Solche Routenplaner haben eine Vielzahl an Informationen (wie z.B. Höhen- und Gewichtsrestriktionen, Fahrverbote, Umweltzonen etc.) hinterlegt und passen die Route dementsprechend an.

2.1.2 Tour

Die Tourenplanung ist hingegen deutlich umfangreicher als die Planung einer Route. Eine Tour besteht aus mehreren Routen, die untereinander koordiniert werden müssen. Die Planung von Touren befasst sich also nicht nur mit der Zuordnung der Aufträge zu den einzelnen Touren, sondern auch mit der Reihenfolge der Stopps innerhalb der Touren. Bei einer Tourenplanung müssen diverse Restriktionen und Kennwerte berücksichtigt werden:

- Fahrzeugausstattung und Fahrzeugtypen
- Lieferzeitfenster und Fixtermine
- Kapazitäten und Verfügbarkeiten
- Ladungsverbote (sortimentrein)
- Vorgaben
- Anforderung und Ausstattung
- Lenk- und Ruhezeiten
- Be- und Entladezeiten

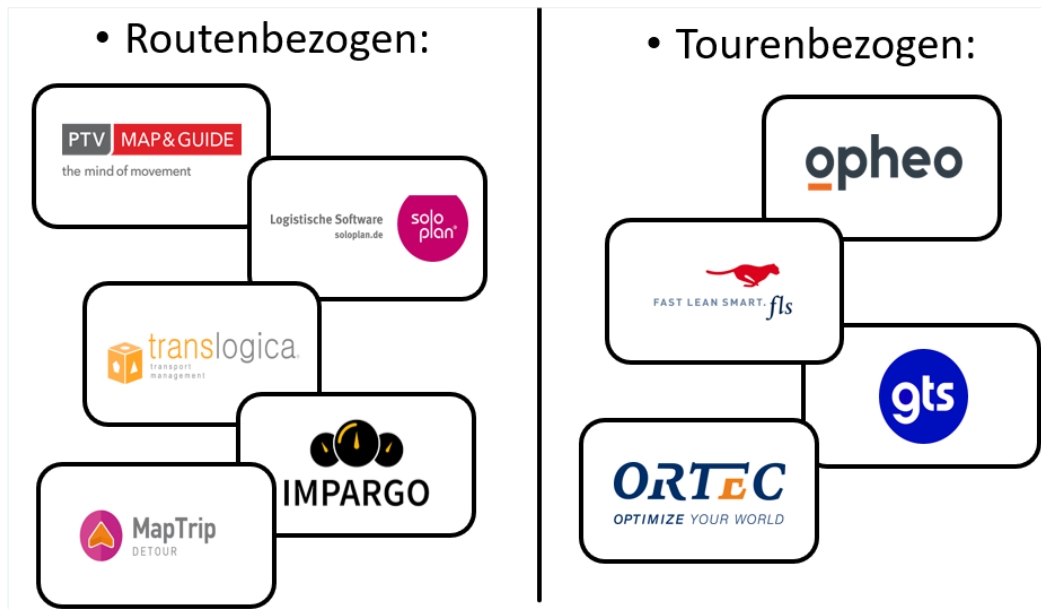
2.2 Überblick Softwareprodukte

Zu den wichtigsten Zielen für Logistikunternehmen zählen eine effiziente und kostengünstige Planung sowie Nutzung des vorhandenen Fuhrparks. Eine zuverlässige, pünktliche und sichere Lieferung der zu transportierenden Güter soll mit einer Optimierung des Mitteleinsatzes gewährleistet werden. Die Einflussfaktoren und Entscheidungskriterien für die tatsächliche Routenwahl werden in einem späteren Kapitel (Kapitel 4) genauer behandelt. In der Tourenplanung sind die unterschiedlichsten Faktoren zu berücksichtigen. Darüber hinaus wird sie aufgrund von täglichen Einschränkungen und einer Vielzahl an neuen Daten immer komplexer, die Kosten für Kraftstoff und Personal verändern sich laufend. Da die Tourenplanung das Kernelement der Außendienstplanung ist, zeigt sich hier das größte Einsparungspotential für Unternehmen. Umso wichtiger ist es, dass die verwendete Software allen Anforderungen entspricht und als Tool in der Routen- und Tourenplanung Einsätze präzise disponiert, um einen Mehrwert für das Unternehmen zu schaffen.

In den folgenden Unterkapiteln werden ausgewählte Softwareprodukte (siehe nachfolgende Abbildung) mit dem Fokus auf Routen- bzw. Tourenplanung und deren Unterschiede vorgestellt und hinterlegte Kennwerte miteinander verglichen. Dabei werden vor allem auf Europa fokussierte Softwareanbieter untersucht. Sämtliche Unternehmen bieten im Ergebnis sehr ähnliche Produkte zur Planung von Routen bzw. Touren an, diese lassen sich jedoch

grob in zwei Gruppen hinsichtlich ihrer Eignung für die Beeinflussung des Routenwahlverhaltens einteilen.

Abbildung 2: Überblick über die untersuchten Softwareprodukte



Die Anwendungen zur Routenplanung von PTV Map&Guide, CarLo inTOUR (SoloPlan), Translogica, IMPARGO und MapTrip ermöglichen eher eine gezielte Ermittlung bzw. Berechnung von relevanten Parametern wie Kosten, Dauer oder Länge der Route. Hierbei werden etwa sämtliche Restriktionen für LKW, aber beispielsweise auch Grenzwartezeiten oder Langzeitbaustellen berücksichtigt. Die zweite Gruppe der eher touren-bezogenen Anbieter:innen OPHEO, FLS-Transport, TRANSIT (GTS) und ORTEC fokussieren sich auf unternehmensinterne, gesamtheitliche Anwendungsbedürfnisse eines Logistik- / Transportunternehmens. Hier können nicht nur Parameter, die außerhalb des Einflusses des Unternehmens liegen, hinterlegt werden, sondern beispielsweise auch Lenker:innenprofile, Arbeitszeiten oder Kund:innenanforderungen.

2.2.1 PTV Map&Guide



Die deutsche PTV Group bietet mit der Routenplanungssoftware „Map&Guide“ für LKW eine individuelle Lösung für verschiedene Einsatzzwecke an. In der Routenplanung können verschiedene Fahrzeugprofile, etwa hinsichtlich den Fahrzeugeigenschaften (Achslast, Breite, Höhe) erstellt werden. Restriktionen wie Mautstraßen, Um-

weltzonen, Gefahrgutdaten, Lenk- und Ruhezeit sowie Verkehrsinformationen und Dauerbaustellen werden berücksichtigt. Die Reihenfolge der Stopps wird dabei unter Berücksichtigung von Öffnungszeiten, individuellen Zeitfenstern sowie festen Start- und Endzeiten berechnet. Auch eine Berechnung der zu erwartenden Transportkosten (Kosten für Fahrzeug, Personal, Strecke), unter anderem durch den integrierten Mautkostenrechner, ist ebenso möglich wie die Ermittlung des CO₂-Austoßes, (PTV Group, 2023).

2.2.2 CarLo inTOUR (Soloplan)



Mit der Speditionssoftware „CarLo inTOUR“ des deutschen Softwareanbieters Soloplan lassen sich mittels Informationen, wie Streckenlänge, Fahrtdauer und Mautkosten (sämtliche europäischen sowie US-amerikanischen Mautstellen sind hinterlegt) Routen und Touren planen, wobei einzelne Wegpunkte in der Tourenplanung individuell definierbar sind. Neben Geschwindigkeitsprofilen für Fahrzeuge können Fahrzeug- (Höhe, Gewicht, Länge, Achszahl) und Streckeneigenschaften (z.B. Brückenhöhen, Tankstellen) gewählt werden. Erfahrungswerte und Prognosen werden dabei unter Einsatz künstlicher Intelligenz erstellt, (Soloplan, 2023).

2.2.3 Translogica



Das österreichische Unternehmen Translogica mit universitärem Background bietet eine Softwarelösung an, bei der die beste Route in Hinblick auf Zeit, Entfernung und Auslastung berechnet wird und in Echtzeit die voraussichtliche Ankunftszeit unter Berücksichtigung von Lenk- und Ruhezeiten oder Verzögerungen durch Staus und Baustellen ermittelt wird. Im Zuge der Routenplanung können auch Maut- oder CO₂-Berechnungen durchgeführt werden, Fahrzeugeigenschaften und Restriktionen sind ebenfalls hinterlegt, (Translogica, 2023).

2.2.4 IMPARGO



Der LKW-Routenplaner des deutschen Unternehmens IMPARGO verwendet für die Distanz- und Fahrzeitberechnung LKW-Fahrprofile sowie aktuelle Widerstände, wobei Echtzeit-Wartezeiten an Grenzübergängen eingesehen und LKW-Restriktionen (inkl. Gefahrgut) oder Mautstraßen umfahren werden können. Die Berechnung der Fahrtkosten mittels integrierten Mautkostenrechner ist für ganz Europa möglich, (IMPARGO, 2023).

2.2.5 MapTrip



“MapTrip“ ist die Software des deutschen Unternehmens infoware und stellt hinterlegte Informationen wie Restriktionen (z.B. Umweltzonen, Durchfahrtsverbote oder Tunnel mit Gefahrgutbeschränkungen) sowie Verkehrsdaten auf Echtzeit- und Statistik-Basis zur Verfügung. Bei diesem Tool, mit dem nur Routen geplant werden können, ist es möglich, Fahrzeugspezifika einzustellen oder die Verfügbarkeit von Rastplätzen abzurufen, (Infoware, 2023).

2.2.6 OPHEO



Die Software des deutschen Unternehmens OPHEO als Teil der SOLVARES Group führt die LKW-Tourenplanung mittels automatisierten Smart Plannings durch, wobei auch hier Restriktionen bei der Berechnung von Fahrzeiten und Entfernungen hinterlegt sind. Der Fokus liegt aber eindeutig auf der gesamtheitlichen Lösung für Logistikmanagement und weniger auf der tatsächlichen (individuellen) Routenplanung, (Opheo, 2023).

2.2.7 FLS-Transport



Die Tourenplanungssoftware des US-amerikanischen Anbieters FLS-Transport, der ebenfalls Teil der SOLVARES Group ist, berücksichtigt sämtliche Restriktionen und disponiert Aufträge und Ressourcen in Echtzeit. So können etwa Kostenersparnisse durch eine Reduzierung von gefahrenen (Leer-)Kilometern oder eine Fahrzeitminimierung durch eine entsprechende adaptive Organisation von Routen erzielt werden, (FLS-Transport, 2023).

2.2.8 TransIT (GTS)



Mit der Software des deutschen Unternehmens GTS TransIT können Touren individuell, unter Verwendung von Algorithmen, automatisch erstellt werden, wobei etwa betriebsinterne Zeitfenster, verschiedene Fahrzeugtypen oder Lenker:innen-Anforderungen wie die Lenkzeitregel hinterlegt werden können, (GTS TransIT, 2023).

2.2.9 ORTEC

ORTEC

OPTIMIZE YOUR WORLD Der niederländische Softwareanbieter ORTEC ermöglicht mittels geografischer Clusterbildung der Lieferaufträge eine zeitlich und örtlich gleichmäßige Verteilung aller Lieferungen. Dabei kann auf unterschiedliche betriebsinterne Anforderungen Rücksicht genommen werden. Die Routenplanung erfolgt unter anderem auf Basis von Restriktionen oder Mautkosten, (ORTEC, 2023).

2.3 Entscheidungsparameter und Kennwerte

Die Kernelemente sämtlicher Softwareprodukte sind die dahinter liegenden Entscheidungsparameter und Algorithmen zur Berechnung der Routen und Touren. Je mehr Kennwerte berücksichtigt werden, desto präziser kann die Planung erfolgen. Da diese Kennwerte zum Teil nicht öffentlich zugänglich bzw. von den Nutzer:innen individuell einstellbar sind, kann hier kaum Auskunft über das Ausmaß der hinterlegten Parameter gegeben werden, sondern nur, welche davon in der Software verwendbar sind. Dafür werden Testversionen der verschiedenen Softwarehersteller angefordert und geprüft. Bei jenen Anbieter:innen, bei denen keine Testversion zur Verfügung steht, werden die entsprechenden Informationen angefragt bzw. aus den Softwarebeschreibungen herausgefiltert.

Nachfolgend werden die einzelnen Softwareprodukte einander gegenübergestellt sowie ihre, sofern feststellbar, Unterschiede dargelegt. Alle untersuchten Anbieter:innen haben jedoch die erforderlichen Entscheidungsparameter zur Berechnung von Routen und Touren hinterlegt. Die einzelnen Tools unterscheiden sich dabei vor allem in folgenden Punkten:

- Flexibilität (Eingabe von Daten)
 - Individueller Ausschluss bestimmter Strecken (z.B. kostenpflichtige Mautstrecken) oder sogar Länder
 - Eingabe von Fahrzeugdaten, Kostenprofilen, Mautdaten, etc.
- Grafische Oberfläche und Darstellung
 - Darstellung der Routen
 - Darstellung von Kartenobjekten
- Ergebnisauswertung
 - Auswertung von Alternativrouten
 - Kostenaufteilungen in Strecke, Zeit, Maut, Gehalt

Bei „Map&Guide“ liegt der Fokus eindeutig auf der Routenplanung. So ist es möglich, eine Vielzahl an relevanten Kriterien für die Routenwahl bereits im Vorfeld einzustellen und dadurch auch Vergleiche hinsichtlich der unterschiedlichen Parameter, aber auch Routen anzustellen.

Das Softwareprodukt „CarLo inTOUR“ ist „Map&Guide“ im Ergebnis sehr ähnlich, da auch hier eine individuelle Abfrage bzw. Planung hinsichtlich verschiedener Parameter möglich ist. Darüber hinaus ist jedoch auch vor allem hinsichtlich der Ermittlung der Routendauer bzw. Ankunftszeit eine verlässlichere Aussage durchführbar. Dies geschieht durch den Einsatz von künstlicher Intelligenz vor allem auf Basis der historischen Erfahrungswerte für die (Dauer einer) Route.

Aufgrund der Tatsache, dass Translogica für die Bereitstellung seiner Funktionen laut eigenen Angaben auf die Funktionalität von „Map&Guide“ zurückgreift, ist auch hier eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Produkt von PTV vorliegend. Diese Routenplanungssoftware legt auch verstärkt Wert auf die Einbindung einer automatisierten Dokumentverwaltung und ist daher eher nicht nur auf die reine Routenplanung ausgerichtet.

Auch mit dem Softwareprodukt von IMPARGO kann im Vorhinein bereits die bestmögliche Route individuell ermittelt werden, je nachdem wie stark die unterschiedlichen Parameter zur Beeinflussung der Routenwahl gewichtet werden. Wie bei „Map&Guide“ können auch hier etwa Grenzwartezeiten eingesehen oder Mautkosten für ganz Europa ermittelt werden.

Im Gegensatz zu den vorigen Softwareanbieter:innen sind bei „MapTrip“ nicht alle relevanten Parameter wie etwa vor allem sämtliche Kosten der Route hinterlegt. Bei dieser Software ist der Fokus eher auf die Navigation während der Route zu erkennen.

Die Touren- bzw. Routenplanungsprodukte der übrigen Anbieter:innen weisen im Gegensatz dazu einen stärkeren Hang zu einer Lösung im Sinne eines gesamtheitlichen Transport- und Logistikmanagementsystems auf. So sind die Anbieter:innen OPHEO, FLS-Transport, GTS und ORTEC eher für das Erstellen von Touren wie etwa im Bereich der Paketdienstleistung geeignet und fokussieren sich demnach auf (automatisierte) Distributionszwecke. Dies äußert sich vor allem in einer stärkeren Einbindung unternehmensinterner Spezifika wie etwa unterschiedliche Personalcharakteristika (Schichtzeiten, Qualifikationen) oder Anforderungen der Kundschaft. Fahrzeugbezogene Parameter dieser Produkte beziehen sich zwar auch auf Restriktionen wie beispielsweise Höhenlimits bestimmter Streckenabschnitte, es wird jedoch auch etwa auf die (noch verfügbaren) Laderaumkapazitäten geachtet. Diese Produkte verfügen eher über benutzer:innenfreundliche Funktionen, die Vorteile während der

Fahrt mit sich bringen, jedoch weniger im Vorhinein die konkrete Routenwahl beeinflussen, wie etwa die Echtzeit-Mitteilung des Ausfalls bestimmter Zwangspunkte entlang der Tour.

Nachfolgende Entscheidungsparameter sind bei sämtlichen Anbieter:innen hinterlegt:

- Fahrzeugprofil (Länge, Höhe, Breite)
- Gewicht
- Achslast
- Restriktionen (z.B. Umweltzonen, Brücken, Tunnel, Fahrverbote)
- Zeitberechnung (z.B. Ankunftszeit, Staus, Grenzwarthezeiten, Ruhepausen)
- Maut
- Gefahrgutdaten

Eine Berechnung der (CO₂-)Emissionen ist bei allen Produkten, mit Ausnahme von „CarLo inTOUR“ und der Software von IMPARGO, möglich.

2.4 Kosten und Fazit

Zusammenfassend lassen sich nach einem Screening der derzeit am Markt verfügbaren Softwareprodukte sowie der hinterlegten Parameter für die Routen- bzw. Tourenplanung keine wesentlichen Unterschiede erkennen. Es konnten keine Indizien dafür gefunden werden, dass ein Planungstool einen bestimmten Routenkorridor beispielsweise von vorherein ausschließt oder eher geneigt ist, sämtliche Routen über einen bestimmten Korridor vorzuschlagen. Das liegt unter anderem an der Individualität der einzustellenden Parameter, wodurch unternehmensspezifische Anforderungen unterschiedlich gewichtet werden können. Auch die Bevorzugung bestimmter Transitländer aufgrund speziell hinterlegter Parameter konnte nicht nachgewiesen werden.

Über die konkreten Kosten der Softwareprodukte der jeweiligen Anbieter:innen lassen sich aus zwei Gründen kaum verlässliche Aussagen treffen. So ist zunächst allen Software-Anbieter:innen gemein, dass sich die angebotenen Produkte zumindest leicht individuell anpassen lassen bzw. einzelne Pakete nach Bedarf gekauft oder weggelassen werden können. Somit ist es nicht möglich, einen Fixpreis zu ermitteln, da sich sämtliche Kosten nur innerhalb von bestimmten Spannweiten bewegen. Zum anderen war keiner der Anbieter:innen auf Anfrage dazu bereit, die Kosten ihrer Produkte ohne tatsächlichem Kaufinteresse bzw. Verkaufsgespräch preiszugeben, wodurch nachfolgend lediglich jene Kosten angeführt werden können, die auf den jeweiligen Websites der Anbieter:innen öffentlich einsehbar sind.

- PTV „Map & Guide“: ab € 49 (netto) pro Monat und Nutzer:in
- IMPARGO: ab € 24,90 bzw. € 119,90 pro Monat und Nutzer:in
- MapTrip: ab € 99,99 jährlich

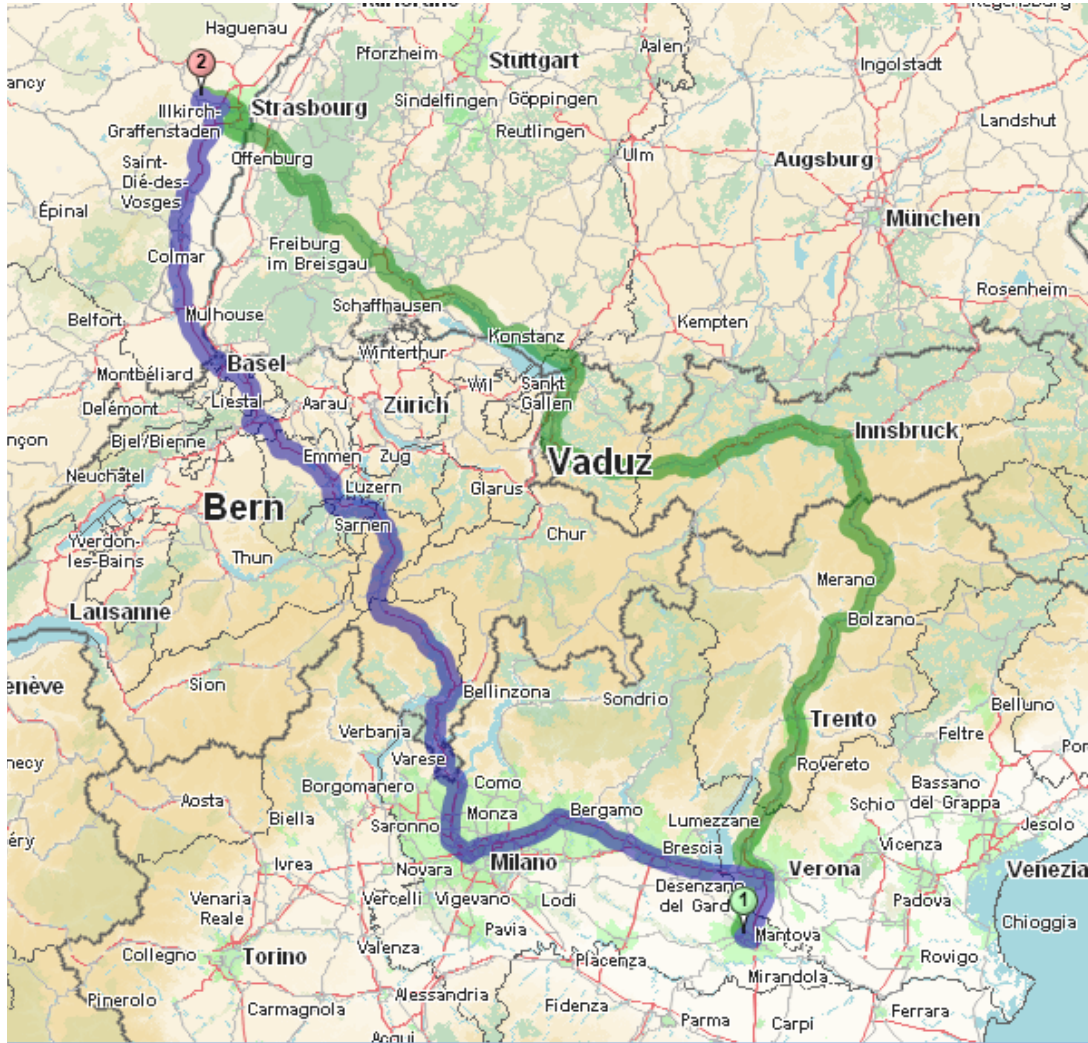
Sämtliche Preise variieren jedoch stark in Abhängigkeit von der Anzahl der Nutzer:innen bzw. benötigten Lizenzen, sowie von den gewählten Zusatzfunktionen, deren Detailkosten nicht zu erfahren waren. Die angeführten Kosten sind somit lediglich als eine erste Orientierung zu verstehen. Es zeigt sich jedoch bereits anhand dieser drei Preisdarstellungen, dass bei den Softwareprodukten auch hinsichtlich der Kosten keine wesentlichen Unterschiede festgemacht werden können. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die Kosten allein kein relevantes Entscheidungskriterium für die Wahl der Software darstellen.

3 Umwegfahrten im alpenquerenden Straßengüterverkehr über den Brennerkorridor

Aufgrund von unterschiedlichen Parametern (Restriktionen, Kosten, Einflussfaktoren) in der Tourenplanung (z.B. Transportkette, Lenk- und Ruhezeiten, Wartezeiten, Topografie, etc.) werden im alpenquerenden Straßengüterverkehr teilweise Umwege in Kauf genommen. Diese Umwegfahrten führen sehr oft über den Brennerkorridor, da dieser nicht nur sehr zentral liegt, sondern aufgrund der Restriktionen und Kosten in der Schweiz oftmals auch die kostengünstigste Alternative darstellt und eine vergleichsweise sichere Reisezeitplanung gewährleistet.

Als Beispiel wird eine in den Datengrundlagen (siehe nachfolgende Abbildung) erfasste LKW-Fahrt dargestellt. Erhoben wurde diese Fahrt auf der A 13 Brenner Autobahn. Diese Fahrt startete in Italien (Mantova) und endete in Frankreich (Strasbourg). In Blau abgebildet ist der Bestweg, in Grün die Alternative und laut den Grundlagendaten auch die gewählte Route der fahrzeugführenden Person. Trotz der rund 15 % längeren Strecke und 30 % längeren Fahrzeit wurde die Route über den Brennerkorridor gewählt. Es ist anzunehmen, dass auch nicht unmittelbar quantifizierbare Einflussgrößen, wie zum Beispiel Zwischenlager, Unternehmenszweigstellen und sonstige unternehmensinterne Entscheidungen die Routenwahl beeinflussen.

Abbildung 3: Bestweg vs. gewählter Weg



Quelle: (PTV Group, 2023)

In diesem Kapitel werden mit Hilfe der zur Verfügung stehenden Datengrundlage die Umwegfahrten über den Brennerkorridor anhand von definierten Grenzwerten für **Streckenlänge, Fahrzeit** und **Kosten** ermittelt und dargestellt. Dafür werden zwei Berechnungen durchgeführt:

- Bestweg von der Quelle zum Ziel
- Tatsächlich gefahrene Route über die in der Erhebung angegebenen Grenzübergänge

3.1 Begriffsdefinitionen

Für eine Relation vom Start zum Ziel können mehrere Routen mit unterschiedlichen Wegelängen, Reisezeiten oder Kosten in Frage kommen. Je nachdem, welche Route gewählt wird, handelt es sich entweder um einen **Bestweg**, Mehrweg oder um einen **Umweg**. Die Definition einer Umwegfahrt hängt weiters vom gewählten Umwegkriterium und dessen Grenzwert ab. Es liegt beispielsweise ein Umweg vor, wenn es mindestens eine um den Grenzwert kürzere Alternativroute gibt. Im Vergleich dazu handelt es sich um einen Bestweg, wenn die gewählte Route kürzer bzw. schneller als jede Alternativroute ist. Ein Mehrweg liegt dann vor, wenn die gewählte Route zwar nicht die kürzeste bzw. schnellste ist, aber der Grenzwert für das Kriterium einer Umwegfahrt nicht erreicht wird.

Zur Beurteilung der gewählten Routen werden die drei gängigsten Kenngrößen (Fahrzeit, Streckenlänge und Kosten) betrachtet. Ein besonderer Stellenwert kommt der Wahl der Grenzwerte zu, da die Ergebnisse stark davon abhängig sind. Durch die teils sehr unterschiedlichen Wegelängen der einzelnen Routen in der Datengrundlage, wird für die Definition einer Umwegfahrt sowohl die absolute als auch die relative Abweichung zum Bestweg herangezogen. So wird vermieden, dass kleine Abweichungen bei sehr kurzen oder langen Routen bereits als Umwegfahrt ausgewiesen werden. Die Wahl der Grenzwerte erfolgt aufgrund von Erfahrungswerten aus durchgeführten Untersuchungen (Köll, Bader, & Lechner, 2021) und Abstimmungen mit dem Auftraggeber und wurden wie in der Tabelle 1 definiert:

Tabelle 1: Grenzwerte für die jeweiligen Kriterien

Kriterium	Grenzwert absolut	Grenzwert relativ
Streckenlänge	60 km	10 %
Fahrzeit	1 h	10 %
Kosten	€ 120	10 %

Der Grenzwert für die Streckenlänge wird durch eine Kombination von 60 km und 10 % festgelegt. Der Grenzwert von 60 km wird in Österreich häufig als Grenzwert verwendet. Der Grenzwert für die Fahrzeit wird durch eine Kombination von 1 h und 10 % festgelegt. Eine Stunde resultiert aus der Annahme, dass die mittlere Geschwindigkeit (abzüglich Anlieferungszeiten, Grenzwarthezeiten etc.) etwa bei 60 km/h liegt und sich der Grenzwert daher an den der Streckenlänge annähert. Die Kosten setzen sich zusammen aus Maut-, Strecken- und Zeitkosten und werden in der Ergebnisdarstellung sowohl differenziert als auch gesamtheitlich betrachtet.

Um den Einfluss der Grenzwerte auf den berechneten Anteil an Umwegfahrten zu verdeutlichen, wurde im Anhang für die drei Kenngrößen jeweils ein Ergebnisblatt mit einer Spannweite von Grenzwerten angehängt. Durch diese wird ersichtlich, dass ein sehr niedriger oder hoher gewählter Schwellenwert den Anteil an Umwegfahrten deutlich erhöht bzw. senkt. Weiters wird die Besonderheit der Kombination von absoluten und relativen Grenzwerten hervorgehoben, da bei einzelner Betrachtung die Routen zum Teil anders kategorisiert werden.

3.2 Datengrundlagen

Als Datengrundlage stehen die Datensätze aus der Güterverkehrserhebung CAFT (Cross Alpine Freight Transport) (Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), 2021) von Österreich aus dem Jahr 2019 zur Verfügung. Bei dieser Erhebung wurden im Zeitraum von Februar 2019 bis März 2020 insgesamt 24.867 Interviews an zwölf unterschiedlichen Querschnitten aufgezeichnet. Die Befragungsinhalte waren unter anderem der Be- und Entladungsort, Ein- und Ausreisegrenzübergang und das Ladungsgewicht. Neben der Befragung fand eine begleitende Querschnittszählung des LKW-Aufkommens an drei Landesstraßen B statt. Da die erhobenen LKW nur eine Stichprobe aus einer Gesamtheit sind, die nicht bekannt ist, werden die Daten je nach Klassifizierung (Achszahl, Nationalität, Erhebungszeitraum etc.) mit differenzierten Hochrechnungsfaktoren auf die Jahresleistung hochgerechnet, um eine Aussage über das tatsächliche LKW-Aufkommen pro Jahr treffen zu können.

Neben den österreichischen Erhebungen werden ebenso die Daten der Schweizer LKW-Erhebung im Jahr 2019 (CAFT19 Schweiz) gesichtet, um auf eventuelle Umwegfahrten schließen zu können. In den Schweizer CAFT-Daten ist u.a. ersichtlich, dass bei den meisten Routen durch die Schweiz entweder der Quell- oder Zielort direkt in der Schweiz liegt (Quell- und Zielverkehr in Bezug auf die Schweiz) oder deren Quell- und Zielorte einen entsprechend großen Abstand zum nächstgelegenen Korridor (Brennerkorridor) haben.

3.3 Verwendete Software

Für die Untersuchung der Umwegfahrten wird die Routenplanungssoftware „Map&Guide“ der Firma PTV verwendet. Mit diesem Tool werden bei der Routenplanung alle in Kapitel 2.3 vorgestellten Parameter berücksichtigt. Auch der für diese Untersuchung notwendige Vergleich eines Bestweges mit einer alternativen Route in Bezug auf Kosten, Fahrzeit und Fahrtweite ist möglich.

3.4 Datenaufbereitung

Bevor die Berechnung durchgeführt werden kann, müssen sowohl die Datengrundlagen aus der CAFT-Erhebung als auch die Einflussparameter in der Software aufbereitet bzw. an den Zeitraum angepasst werden. Die Parameter in der Software werden entsprechend mit den Daten des Erhebungsjahres gespeist.

3.4.1 CAFT-Daten

Aus den ursprünglich 24.867 durchgeführten Interviews werden alle für diesen Bericht nicht relevanten Routen gefiltert. So bleiben für die anschließende Berechnung 5.560 Routen, die über die A 13 Brenner Autobahn führen, übrig. Eine detaillierte Beschreibung über die Aufbereitung dieser Daten für den Import in die Software befindet sich im Anhang (Anhang 1).

3.4.2 Map&Guide

Zusätzlich zur Datengrundlage müssen auch die Einstellungen in der verwendeten Software vor der detaillierten Analyse angepasst werden.

In der Software gibt es mehrere vordefinierte Fahrzeuge, die verwendet werden können. Jedem Fahrzeug sind verschiedene veränderbare Parameter zugeordnet. Um mit der Datengrundlage konsistent zu bleiben, wird ein eigenes Fahrzeug definiert und mit den Daten von 2019 adaptiert. Als Grundlage wird ein Referenzfahrzeug von „Map&Guide“ mit einem höchstzulässigen Gesamtgewicht von 40 Tonnen und der EURO-Emissionsklasse VI herangezogen. Die nachfolgend aufgeführten Einstellungen wurden angepasst.

3.4.2.1 Umweltzonen

Umweltzonen werden bei der Routenplanung berücksichtigt. In Tirol auf der A 12 Inntal Autobahn gibt es zum Beispiel eine Umweltzone, die seit dem Jahr 2016 aktiv ist und durch die je nach Betrachtungszeitraum ein Fahrverbot für bestimmte Euroklassen verordnet ist.

3.4.2.2 LKW-Restriktionen

Die LKW-Restriktionen beeinflussen die Planung der Route. Es werden neben technischen Daten des Fahrzeuges (Höhe, Breite, Gewicht, Länge, Achslast) ebenso in der Karte hinterlegte Restriktionen (Streckensperrungen, Gewichts- und Achslastbeschränkungen, Durchfahrts-/höhe/-breite, Fahrzeuglänge oder Durchfahrtsverbote) berücksichtigt.

3.4.2.3 Streckentypen

Im Netz gibt es unterschiedliche Streckentypen (Autobahn bzw. Schnellstraße, Landesstraße, Wohnstraße etc.). Mit variablen Widerständen kann festgelegt werden, welche Streckentypen bei der Routenplanung bevorzugt werden. Um sicherzustellen, dass die modellierten Fahrten aus Kostengründen nicht auf eventuell mautfreie Parallelstraßen (z.B.: Landesstraßen) wechseln, werden die Widerstände so gewählt, dass eher höherrangige Strecken (Autobahnen bzw. Schnellstraßen) benützt werden.

3.4.2.4 Streckenbasierte Kosten

Die streckenbasierten Kosten setzen sich zusammen aus dem Kraftstoffverbrauch [Liter/100 km], dem Kraftstoffpreis [Euro/Liter] und den Fahrzeugkosten [Euro/km].

3.4.2.4.1 Kraftstoffverbrauch

Laut den Emissionsfaktoren des Umweltbundesamts haben schwere Nutzfahrzeuge für eine durchschnittliche Verkehrssituation (gemittelt aus Autobahn, Außerorts, Innerorts, Straßenlängsneigung, Verkehrsfluss, etc.) folgenden Treibstoffverbrauch, (Umweltbundesamt, 2023):

- LKW SNF (> 18 t): 30,8 l/100 km
- Sattelzüge (40 t): 33,7 l/100 km

Der Großteil der erhobenen LKW in den CAFT-Daten hat ein höchst zulässiges Gesamtgewicht von 40 Tonnen, daher wird als Ergebnis der Analyse ein Wert von **33,0 l/100 km** für die Berechnung als plausibel definiert.

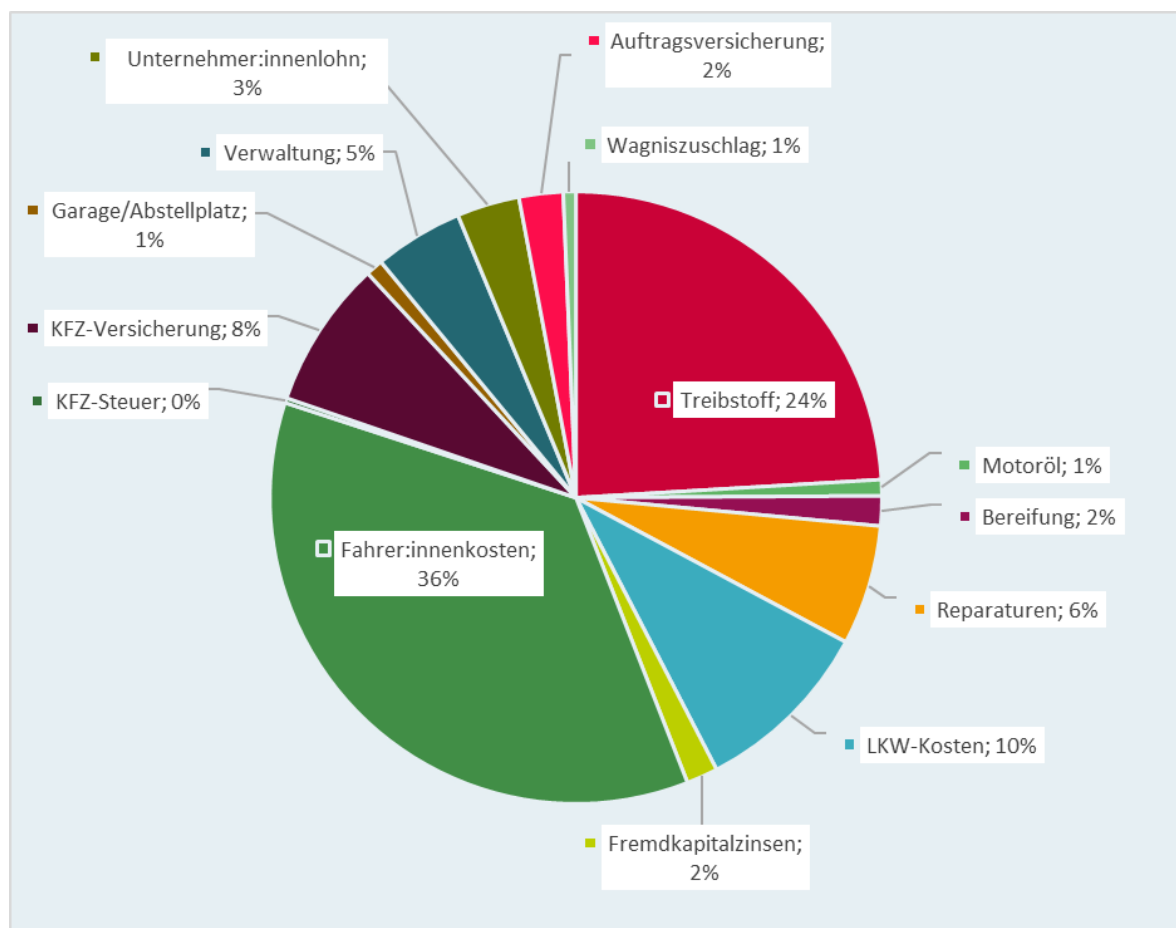
3.4.2.4.2 Kraftstoffpreis

Der durchschnittliche Preis für einen Liter Diesel lag in Österreich laut Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (BMWFV) in den Jahren 2003 bis 2022 bei € 1,15, (Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung, 2022). Um eine gewisse Konsistenz mit den erhobenen Güterverkehrsdaten (Erhebungszeitraum März 2019 bis März 2020) zu gewährleisten, werden die Durchschnittswerte der von der EU-Kommission repräsentativ erhobenen Preise in diesen Monaten herangezogen, (Europäische Kommission, 2023). Der Mittelwert aus diesem Zeitraum liegt bei **€ 1,20**. Dieser Wert wird bei den streckenbasierten Kosten hinterlegt. Das ergibt Kraftstoffkosten von **0,396 €/km**.

3.4.2.4.3 Fahrzeugkosten

Die Fahrzeugkosten setzen sich aus fixen (z.B. Steuer, Versicherung) und aus variablen (z.B. Kraftstoff, Reifen, Reparatur) Kosten zusammen, wobei die variablen Kosten von der jährlichen km-Leistung und der Nutzungsdauer abhängig sind. Über den Transportkostenindex der Wirtschaftskammer Österreich können die Anteile der Kostenarten an den Gesamtkosten abgerufen werden, (Wirtschaftskammer Österreich, 2023). Der Großteil dieser Kosten (circa 60 %) ergibt sich aus den Treibstoff- und Lohnkosten (siehe nachfolgende Abbildung). Da die Fahrzeugkosten pro km nur die variablen Kosten betreffen (Fixkosten sind streckenunabhängig), werden nur diese bei den streckenbasierten Kosten berücksichtigt. Bei Annahme einer durchschnittlichen jährlichen km-Leistung von 120.000 km sind dies **0,134 €/km**, ((Univ.-Prof. Dr. Knut Haase, 2013/2014), (Moser, Fachgruppe Güterbeförderungsgewerbe, & Wirtschaftskammer Vorarlberg, 2012)).

Abbildung 4: Transportkosten aufgeteilt auf die jeweiligen Kostenarten



Quelle: (Wirtschaftskammer Österreich, 2023)

Summiert man die Kostensätze, ergibt sich ein Gesamtkostensatz von **0,530 €/km** für die streckenbasierten Kosten (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Zusammenfassung der streckenbasierten Kosten

Kostenart	Kostenbetrag
Kraftstoffkosten pro km	€ 0,396
Fahrzeugkosten pro km	€ 0,134
Wegkosten pro km	€ 0,530

3.4.2.5 Zeitbasierte Kosten

Zeitbasierte Kosten werden als die Opportunitätskosten der Zeit bezeichnet, die Reisende mit der Reise verbringen. Für die zeitbasierten Kosten von PKW gibt es in der Literatur sehr viele Angaben, bzw. können diese Kosten über Modellschätzungen berechnet werden. Für den LKW-Verkehr gibt es in dem Bereich sehr wenige Literaturwerte. Grundsätzlich wird aber für den Güterverkehr etwa der doppelte Wert des Personenverkehrs angenommen. Für den LKW-Verkehr wird dementsprechend ein Kostensatz von **32,66 €/h** angesetzt, ((Wardman, Chintakayala, & De Jong, 2016), (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), 2015), (PTV Group, 2022)).

3.5 Berechnung und Plausibilisierung

Nachdem alle notwendigen Einstellungen getroffen und die Daten entsprechend aufbereitet sind, können die Berechnungen zur Ermittlung der Umwegfahrten durchgeführt werden. Die Auswertungen erfolgen auf Basis von Fahrzeit, Streckenlänge und Kosten, wobei sich die Kosten aus Maut-, Strecken- und Zeitkosten zusammensetzen.

Für die Ermittlung des Anteils an Umwegfahrten werden die beiden Berechnungsansätze, wie eingangs im Kapitel 3 beschrieben (Bestweg einerseits und tatsächlich gefahrene Route andererseits), miteinander verglichen. Zuvor werden die Ergebnisse jedoch noch auf Plausibilität überprüft. Beim Vergleich gibt es einige Routen, die unplausible Werte aufwiesen. Anhand dieser unplausiblen Werte ergeben sich in Summe 297 Routen, die in verschiedene Fehlerquellen geclustert werden. Diese werden im Detail überprüft und bei Bedarf entwe-

der gefiltert oder neu berechnet. In Tabelle 3 sind die Fehlercodes mit der endgültigen Anzahl an gefilterten Routen dargestellt. Eine detaillierte Beschreibung mit entsprechenden Beispielen der einzelnen Fehlerquellen ist dem Anhang beigefügt (Anhang 2).

Tabelle 3: Zusammengefasste Fehlerquellen nach der Berechnung

Fehlerquelle	Fehlercode	Beschreibung	Anzahl der Routen	Gefiltert
CAFT-Daten	A	Falsche Richtung oder vertauschte Grenzübergänge	44	0
CAFT-Daten	B	Unplausible Relationen bzw. Grenzübergänge	18	11
Software Map&Guide	C	Gewichtsrestriktion	3	1
Software Map&Guide	D	Restriktion: Anlieger frei	207	0
Ergebnisvergleich	E	Sehr hohe Abweichungen im Ergebnisvergleich	25	16
Gesamt			297	28

Der Datensatz für die Berechnung und Analyse der Umwegfahrten enthält nach Ausscheidung der Fehlerquellen noch 5.532 Routen, die in den Ergebnissen dieses Berichts berücksichtigt wurden.

3.6 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Routenberechnungen dargestellt.

3.6.1 Anteile der Umwegfahrten

Die Anteile der Umwegfahrten werden für mehrere Grenzwerte (absolut und relativ) berechnet (Definition einer Umwegfahrt siehe Kapitel 3.1), zur besseren Übersicht werden im Bericht nur die zuvor definierten Grenzwerte betrachtet. Die gesamte Darstellung der Anteile an Umwegfahrten kann dem Anhang entnommen werden.

3.6.1.1 Fahrzeit

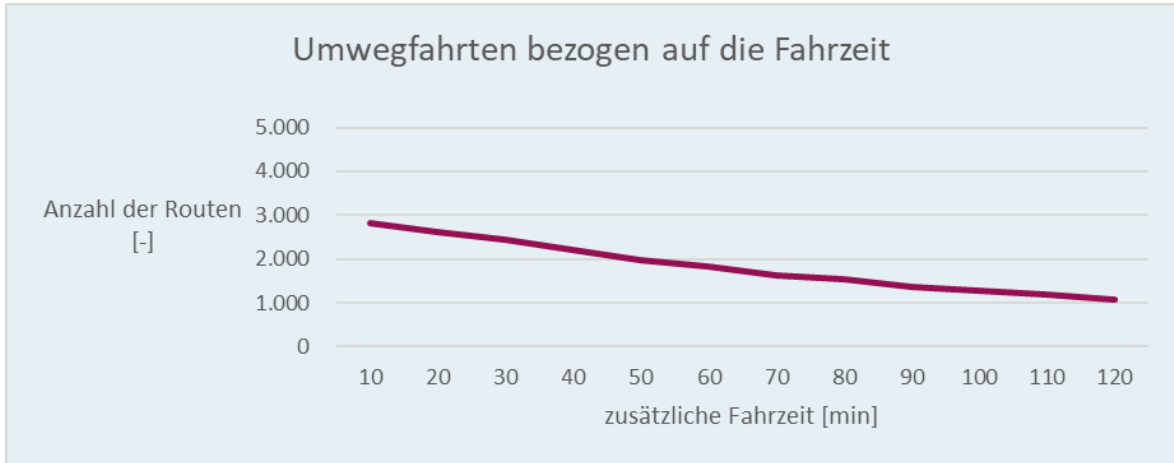
Die Anteile aller Umwegfahrten bezogen auf den Kennwert der Fahrzeit sind in der Tabelle 4 dargestellt. Von den 5.532 betrachteten Routen fallen laut Definition 1.349 (24 %) in die Kategorie der Umwegfahrten. Um die Jahresleistung zu berechnen, werden die entsprechenden Relationen mit den Hochrechnungsfaktoren (hinterlegt in den CAFT-Daten) multipliziert. Demnach ergeben sich 731.085 LKW-Fahrten für das Jahr 2019, das entspricht etwa einem Viertel aller LKW-Fahrten über den Brenner, die einen Umweg in Kauf nehmen. Durch diese Umwegfahrten entsteht ein zusätzlicher zeitlicher Aufwand von über zwei Mio. Stunden pro Jahr. Es ist anzumerken, dass die Hochrechnungsfaktoren auf alle ermittelten Umwegfahrten angewendet wurden. In der Realität verhält sich nicht jede:r LKW-Fahrer:in gleich bzw. hängt die gewählte Route von mehreren Faktoren ab, wodurch die dargestellten Jahresleistungen als genäherte Richtwerte zu sehen sind.

Tabelle 4: Anzahl bzw. Anteile der Umwegfahrten, Kriterium Fahrzeit (n=5.532)

	absolut	relativ
Grenzwerte	60 min	10 %
Umwegfahrten	1.349 Fahrten	24 %
Jahresleistung	731.085 LKW/Jahr	25 %
Zusätzliche Zeit	2.223.135 h/Jahr	

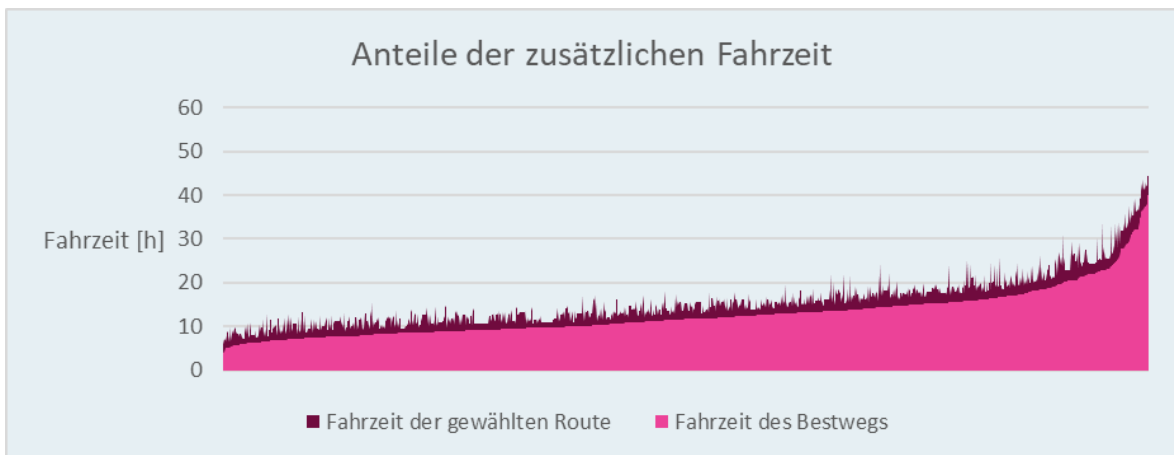
In der nachfolgenden Abbildung ist die Anzahl an Umwegfahrten anhand verschiedener, absoluter Grenzwerte dargestellt. Es ist deutlich zu erkennen, dass die Menge der Umwegfahrten abnimmt, je höher der Grenzwert der zusätzlichen Fahrzeit ist.

Abbildung 5: Anzahl der Umwegfahrten, die zusätzliche Fahrzeiten verursachen



Die nachfolgende Abbildung zeigt für die zuvor ermittelten 1.349 Umwegfahrten den Anteil der zusätzlich aufgewendeten Fahrzeit der gewählten Alternativroute im Vergleich zum Bestweg. Der Anteil der zusätzlichen Fahrzeit (dunkler eingezeichnet) an der Gesamtfahrzeit nimmt bei längeren Routen ab. Bei Fahrten mit einer Gesamtfahrzeit von unter 10 h liegt der durchschnittliche Anteil der zusätzlichen Fahrzeit durch den gewählten Umweg bei 24 %, zwischen 10 – 20 h bei 18 %, zwischen 20 – 30 h bei 14 % und bei Fahrten länger als 30 h bei 12 %.

Abbildung 6: Anteile der zusätzlichen Fahrzeit an der gesamten Fahrzeit



3.6.1.2 Streckenlänge

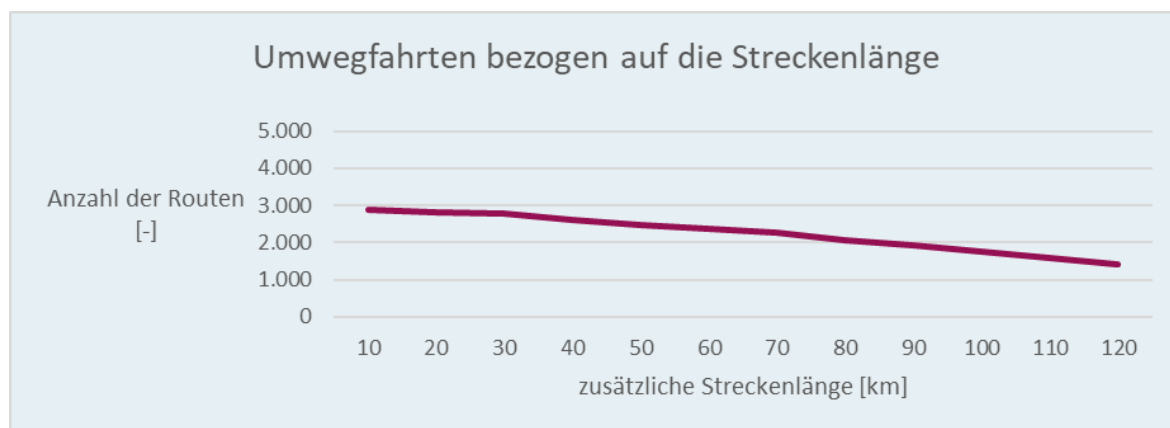
Die Anteile aller Umwegfahrten bezogen auf den Kennwert der Streckenlänge sind in Tabelle 5 dargestellt. Von den 5.532 betrachteten Routen fallen laut Definition 1.728 (31 %) in die Kategorie der Umwegfahrten. Für die Jahresleistung ergeben sich 918.838 LKW-Fahrten für das Jahr 2019, die einen Umweg über den Brenner in Kauf nehmen. Durch diese Umwegfahrten entsteht ein zusätzlich wegbasierter Aufwand von etwa 200 Mio. LKW-Kilometern pro Jahr.

Tabelle 5: Anzahl bzw. Anteile der Umwegfahrten, Kriterium Streckenlänge (n=5.532)

	absolut	relativ
Grenzwerte	60 km	10 %
Umwegfahrten	1.728 Fahrten	31 %
Jahresleistung	918.838 LKW/Jahr	31 %
Zusätzliche Strecke	195.755.178 km/Jahr	

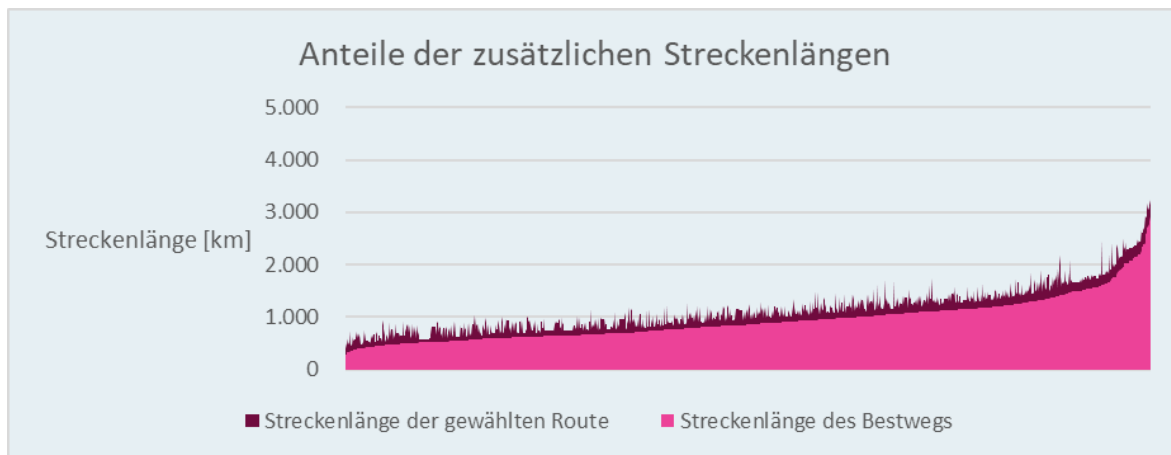
In der nachfolgenden Abbildung ist die Anzahl an Umwegfahrten anhand verschiedener, absoluter Grenzwerte dargestellt. Es ist deutlich zu erkennen, dass die Anzahl der Umwegfahrten abnimmt, je höher der Grenzwert der zusätzlichen Streckenlänge ist.

Abbildung 7: Anzahl der Umwegfahrten, die zusätzliche Streckenlängen verursachen



Die nachfolgende Abbildung zeigt für die zuvor berechneten 1.349 Umwegfahrten den Anteil der zusätzlich zurückgelegten Streckenlängen der gewählten Alternativroute im Vergleich zum Bestweg. Ähnlich wie bei der Fahrzeit ist der relative Anteil bei den kürzeren Strecken am höchsten. Bei Fahrten mit einer Gesamtdistanz von unter 500 km liegt der durchschnittliche Anteil der zusätzlichen Streckenlänge durch den gewählten Umweg bei 30 %, zwischen 500 – 1000 km bei 20 %, zwischen 1000 – 1500 km bei 16 % und bei Fahrten weiter als 1500 km bei 12 %.

Abbildung 8: Anteile der zusätzlichen Streckenlänge an der gesamten Streckenlänge



3.6.1.3 Gesamtkosten

Die Anteile aller Umwegfahrten bezogen auf den Kennwert der Kosten sind in Tabelle 6 dargestellt. Die Kosten sind dabei unterteilt in Mautkosten, Streckenkosten und Zeitkosten (siehe strecken- und zeitbasierte Kosten im Kapitel 3.4.2), die aufsummiert die Gesamtkosten ergeben.

Von den 5.532 betrachteten Routen fallen laut Definition bei den Mautkosten 120 (2 %), bei den Streckenkosten 632 (11 %), bei den Zeitkosten 344 (6 %) und bei den Gesamtkosten 693 (13 %) in die Kategorie der Umwegfahrten. Würde man der Logik folgen, dass die Brennerroute aufgrund geringerer Kosten gewählt wird, dürften zumindest in Bezug auf die Mautkosten keine Umwegfahrten vorkommen. Die dennoch auftretenden Umwegfahrten resultieren daraus, dass in den Datengrundlagen auch Fahrten enthalten sind, die zum Beispiel einen Zwischenstopp in Österreich oder in der Nähe des Korridors haben, wodurch sich bei Betrachtung des Quell- und Zielortes die teurere Route ergibt. Weiters sind in der

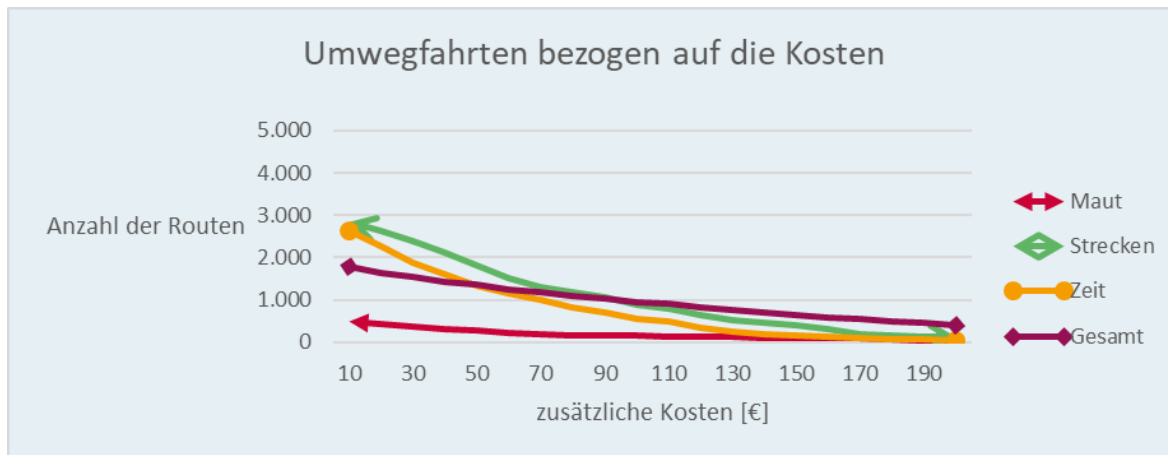
Software die Spritpreise nicht differenziert je Land, sondern einheitlich, als ein durchschnittlicher Kostensatz, hinterlegt. Länderspezifische Unterschiede in den Spritpreisen haben in dieser Berechnung keinen Einfluss.

Tabelle 6: Anzahl bzw. Anteile der Umwegfahrten, Kriterium Kosten (n=5.532)

Kosten	absolut	relativ
Grenzwerte	€ 120	10 %
Mautkosten	120 Fahrten	2 %
Streckenkosten	632 Fahrten	11 %
Zeitkosten	344 Fahrten	6 %
Gesamtkosten	693 Fahrten	13 %

In der nachfolgenden Abbildung ist die Anzahl an Umwegfahrten anhand verschiedener Grenzwerte dargestellt. Die Kurve und damit die Anzahl an Umwegfahrten liegt bei den Mautkosten im direkten Vergleich mit den anderen Kostenarten besonders bei den niedrigen Grenzwerten deutlich darunter.

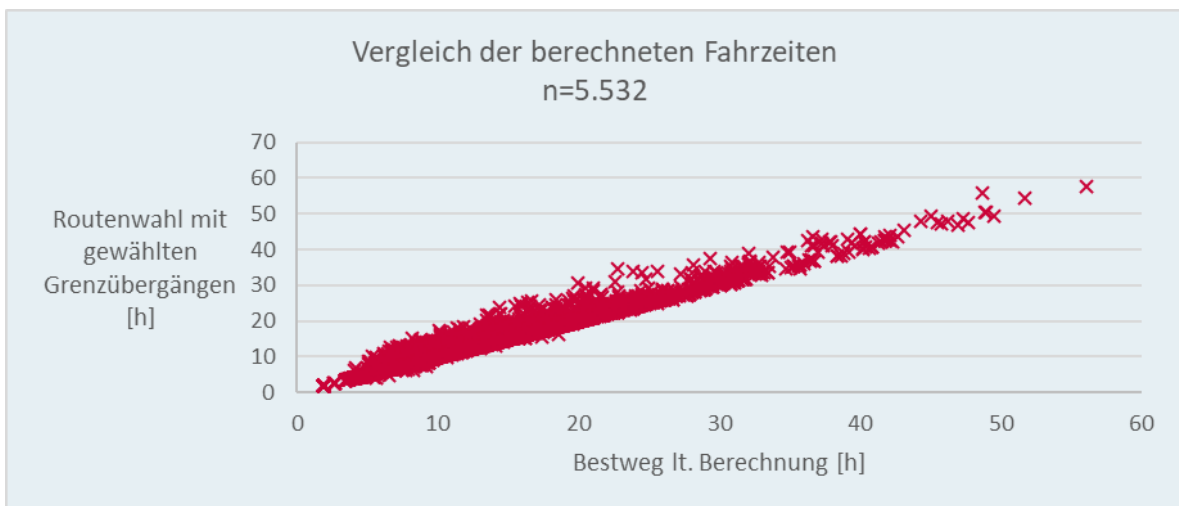
Abbildung 9: Anzahl der Umwegfahrten, die zusätzliche Kosten verursachen



3.6.1.4 Korrelationsanalyse

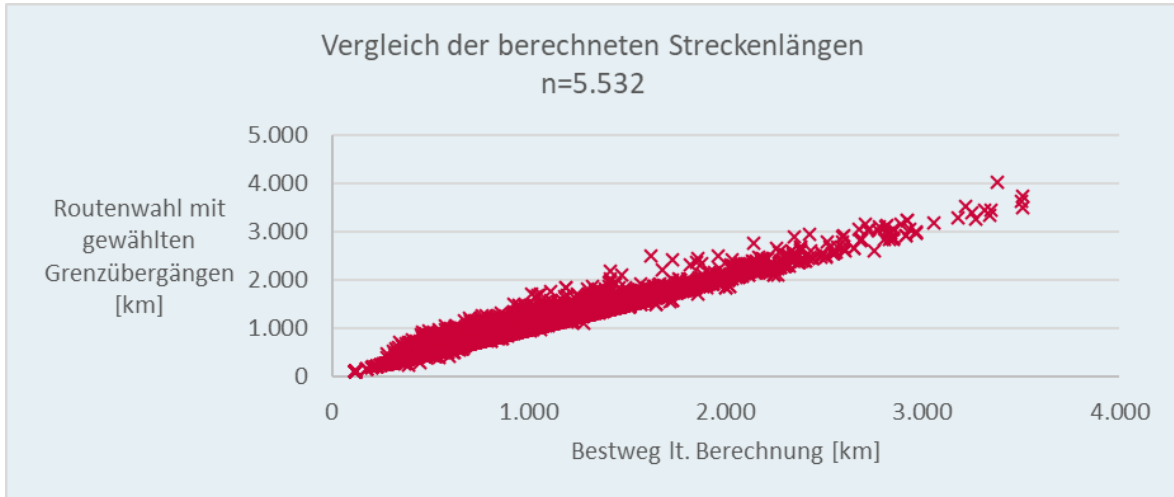
Als weiterer Arbeitsschritt wird eine Korrelationsanalyse durchgeführt. Mit einer Korrelationsanalyse kann der Zusammenhang von zwei Variablen geprüft werden. Im vorliegenden Bericht wird mit Hilfe dieser statistischen Auswertung überprüft, inwieweit sich die Bestwege mit den tatsächlich gewählten Routen in Bezug auf Fahrzeit, Streckenlänge und Kosten, überschneiden. Idealerweise würde es sich beim Bestweg und bei der gewählten Route um dieselbe Routenführung handeln und diese würden somit idente Kenngrößen (Zeit, Distanz, Kosten) aufweisen. Wäre dies für alle untersuchten Routen der Fall, würden die Punkte in den nachfolgenden vier Abbildungen genau auf einer Diagonalen liegen. Die zuvor dargestellten Ergebnisse zeigen jedoch, dass die gewählten alternativen Routen sehr oft längere Fahrzeiten oder Streckenlängen im Vergleich zum Bestweg aufweisen. In diesen Fällen liegen die Punkte nicht auf dieser Diagonale.

Abbildung 10: Korrelationsanalyse, Kriterium Fahrzeit



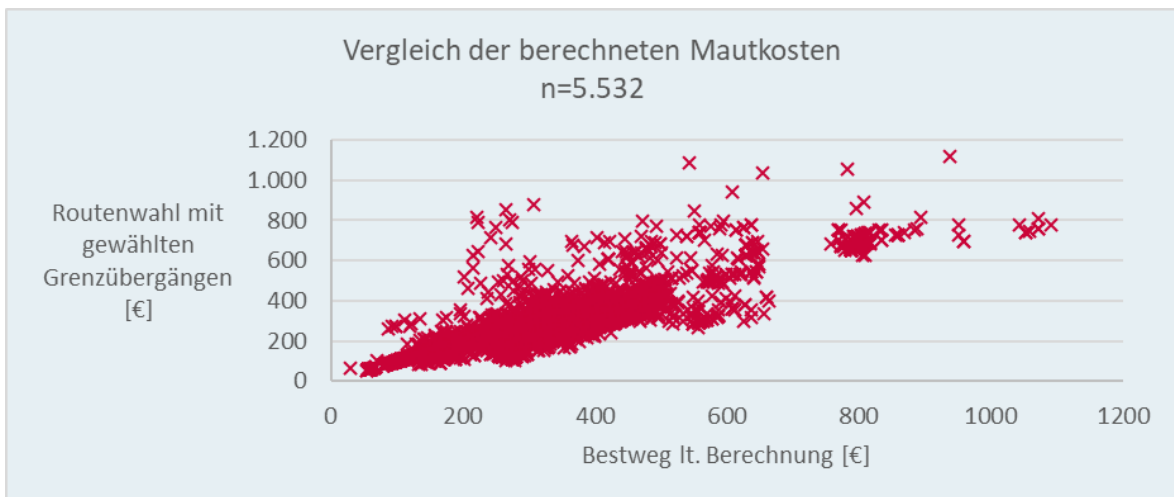
Bei der Fahrzeit (vorherige Abbildung) und der Streckenlänge (nachfolgende Abbildung) ergibt sich ein ähnliches Bild. Die Routen liegen entweder genau auf der Diagonale (die gewählte Route in den Datengrundlagen ist gleichzeitig der Bestweg) oder darüber. Bei jenen Routen, deren Punkt über der Diagonalen liegt, weist die tatsächliche gefahrene Route eine größere Streckenlänge bzw. längere Fahrzeit als jene des entsprechenden Bestwegs auf.

Abbildung 11: Korrelationsanalyse, Kriterium Streckenlänge



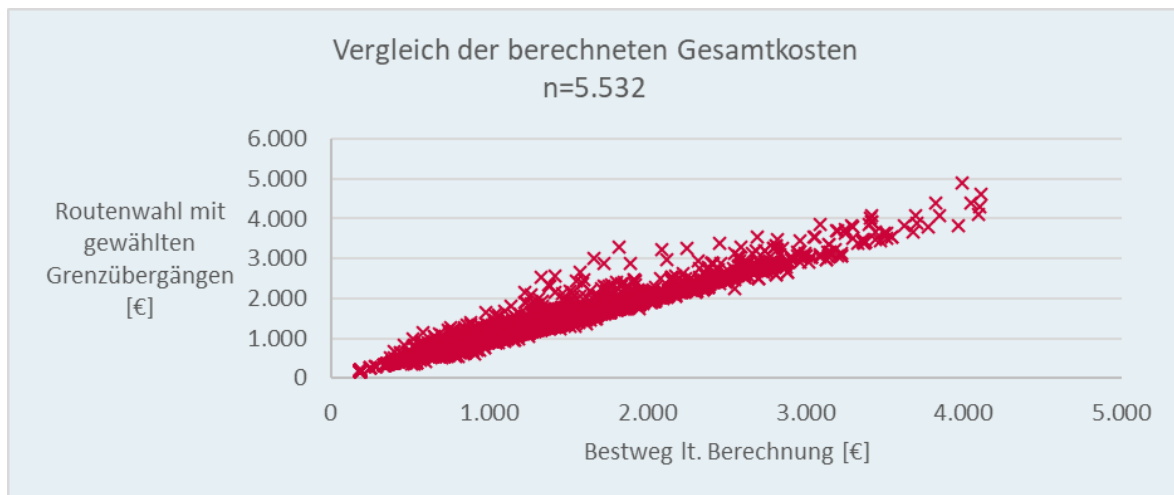
Anders verhält es sich bei den Mautkosten (siehe nachfolgende Abbildung). Die Kosten für die tatsächlich gefahrene Strecke sind in Bezug auf die Mautkosten meist geringer als für den berechneten Bestweg. Daraus lässt sich schließen, dass dies mitunter ein Grund sein kann, warum zeit- und distanzabhängige Umwege über den Brenner in Kauf genommen werden. Aufgrund der geringeren Mautkosten auf der gewählten Alternativstrecke liegen viele der untersuchten Routen unter der Diagonalen.

Abbildung 12: Korrelationsanalyse, Kriterium Mautkosten



Bei den Gesamtkosten (siehe nachfolgende Abbildung) wiederum gleichen sich die Unterschiede zwischen Bestweg und gewähltem Weg wieder etwas aus, da durch die längere Strecke bzw. Fahrzeit die strecken- und zeitbasierten Kosten im Verhältnis zu den Mautkosten etwas zunehmen. Daraus resultierend kann man schließen, dass das Routenwahlverhalten nicht nur von den Kosten bestimmt wird, sondern von mehreren weiteren Faktoren abhängig ist.

Abbildung 13: Korrelationsanalyse, Kriterium Gesamtkosten



Die konkreten Entscheidungs- und Einflussfaktoren und deren Wichtigkeit für die Routenwahl im alpenquerenden Straßengüterverkehr werden im Zuge des folgenden Kapitels 4 erläutert und detailliert betrachtet.

4 Einflussfaktoren bzw. Entscheidungskriterien bei der Routenwahl

Wie in den vergangenen Kapiteln bereits erörtert wurde, hängt das Routenwahlverhalten von mehreren Faktoren ab. Welche diese im Speziellen sind und welchen Einfluss diese auf die Routenwahl (besonders hinsichtlich des alpenquerenden Straßengüterverkehr am Brennerkorridor) haben, wird in diesem Kapitel zusammengefasst.

4.1 Unterschiede in der Routenwahl

4.1.1 Routenwahl LKW

Studien zeigen, dass für die Routenwahl vor allem jene Faktoren relevant sind, die sich schon vor Fahrtantritt mit Sicherheit bemessen und bewerten lassen. Diese Einflussfaktoren können dabei vor allem von außen auf das routenplanende Frachtunternehmen einwirken. Des Weiteren sind auch bestimmte innerbetriebliche sowie Entscheidungskriterien, die von den Lenker:innen individuell berücksichtigt werden, maßgebend dafür, welche Route letztlich gewählt wird.

Die Studie „TRACE – Zur Modellierung der Routenwahl des Straßengüterverkehrs in Österreich“ aus 2016 (Hauger & al., 2016) hat dabei eine sehr treffende, systematische Einteilung aller vorhandenen externen und internen Faktoren bzw. Kriterien vorgenommen, welche nachfolgend zusammengefasst dargestellt werden.

- **Externe Einflussfaktoren**
 - Infrastrukturbezogen
 - Straßenbenützungskosten
 - Straßengeometrie (Topographie) und bauliche Ausstattung (Abstimmung auf Fahrzeugspezifika)
 - Baustellen und planmäßige Straßensperren
 - Geschwindigkeitsbegrenzungen
 - Verfügbarkeit kommerzieller Einrichtungen (Rastplätze, Tankstellen)
 - Ordnungspolitisch

- Gesetzliche Rahmenbedingungen
- Nutzungsbezogen
 - Verfügbarkeit von Verkehrsinformationen (historisch und in Echtzeit)
 - Verkehrsaufkommen
 - Gewährleistung der Verkehrssicherheit (Vermeidung gefährlicher Wendemanöver etc.)
 - Meteorologische Gegebenheiten
- Fahrzeugbezogen
 - Treibstoff
 - Fahrzeuggewicht, Fahrzeugabmessungen (Höhe/Länge/Breite)
 - Ladungsspezifika
- Externe Akteur:innen
- **Interne Entscheidungskriterien**
 - Betrieblich
 - Lage von Zwangspunkten / Switching Points
 - Schnellste Route
 - Kürzeste Route
 - Kostengünstigste Route
 - Praktikabelste Route
 - Nachhaltigste (umweltfreundlichste) Route
 - Vermeidung mautpflichtiger Straßen
 - Bevorzugung Linkswendemanöver für mehr Verkehrssicherheit
 - Verlässlichkeit Reisezeit / Ankunftszeit
 - Sicherheit (Personen, Waren, Verkehr)
 - Geringes Verkehrsaufkommen
 - Betriebliche Beförderungs-/Beschäftigungsbedingungen
 - Kund:innenanforderungen
 - Lenker:in individuell
 - Wahl Straßennetz-Hierarchie (A+S¹ bevorzugt)
 - Persönliche Präferenzen der Lenker:innen (Landschaft, Einkaufsmöglichkeiten)
 - Erfahrungswerte

Frachtunternehmen bewerten den Kostenfaktor als Hauptkriterium, denn die betriebswirtschaftliche Attraktivität einer Route ist in erster Linie maßgebend für ihre Wahl. Die Kosten setzen sich dabei jedoch aus einer Vielzahl von verschiedenen Kostenfaktoren zusammen,

¹ Autobahnen und Schnellstraßen

die aufgrund der Straßengeometrie teilweise streckenimmanent sind. Dazu zählen beispielsweise Treibstoffkosten oder bestimmte Fahrzeugbetriebskosten. Auf der anderen Seite bestehen fahrzeitabhängige Kosten, die in erster Linie durch die Personalkosten und den Value of Time (VOT)² der LKW-Fahrt gebildet werden. Von der Fahrzeit weiters abhängige Kosten sind beispielsweise die Verlässlichkeit bzw. die Pünktlichkeit. Diese werden vor allem von unvorhergesehenen Verkehrseignissen wie Staus aufgrund von Baustellen, Grenzwarzeiten oder auch meteorologischen Ereignissen beeinflusst. Ein hoher Grad an Vorhersehbarkeit dieser Ereignisse sowie die Verfügbarkeit von Echtzeitinformationen steigern die Attraktivität einer Route. Der Value of Time eines LKW wird in diesem Bericht mit € 32,66 pro Fahrzeugstunde angesetzt (siehe Kapitel 3.4.2), ((Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr, 2010), (Beschomer & Nagl, 2006), (Bolis & Maggi, 1999), (Knorring, He, & Kornhauser, 2022)).

Eine weitere mögliche Unterscheidung der Kosten aus betriebswirtschaftlicher Sicht richtet sich nach dem Grad der Beeinflussbarkeit durch das Unternehmen. So sind variable Kosten (im weiteren Sinne) all jene, die fahrleistungsabhängig anfallen und durch die Routenwahl vom Frachtunternehmen beeinflusst werden können. Dazu gehören beispielsweise Maut- und Treibstoffkosten oder Abnutzungen der Fahrzeuge und damit im Zusammenhang stehende Reparatur-/Wartungskosten. Dem gegenüber stehen fixe Kosten, die dem Frachtunternehmen jedenfalls entstehen, ungeachtet der Routenwahl. Hierzu zählen vor allem Personalkosten, aber auch Steuer und Versicherung des Fahrzeuges.

4.1.2 Exkurs: Routenwahl von PKW

Für PKW-Fahrten gelten zwar grundsätzlich andere Voraussetzungen, Studien zeichnen jedoch im Ergebnis hinsichtlich der maßgebenden Einflussfaktoren bzw. Entscheidungskriterien für die Routenwahl ein sehr ähnliches Bild. So zeigt sich, dass grundsätzlich immer die kürzeste Route gewählt, jedoch ab einer gewissen Distanz auch noch vermehrt auf die Reisekosten und die Reisezeit geachtet wird, (Kottayil, Tsoleridis, Rossa, Connors, & Fox, 2020). PKW-Lenker:innen versuchen folglich stets so schnell wie möglich die Strecke zu bewältigen, wobei dies meist unter Einsatz von so geringen Kosten wie möglich erfolgt. Zu diesen Kosten zählen jedoch nicht nur direkte, sondern wiederum auch indirekte, sog. „Reisezeitkosten“

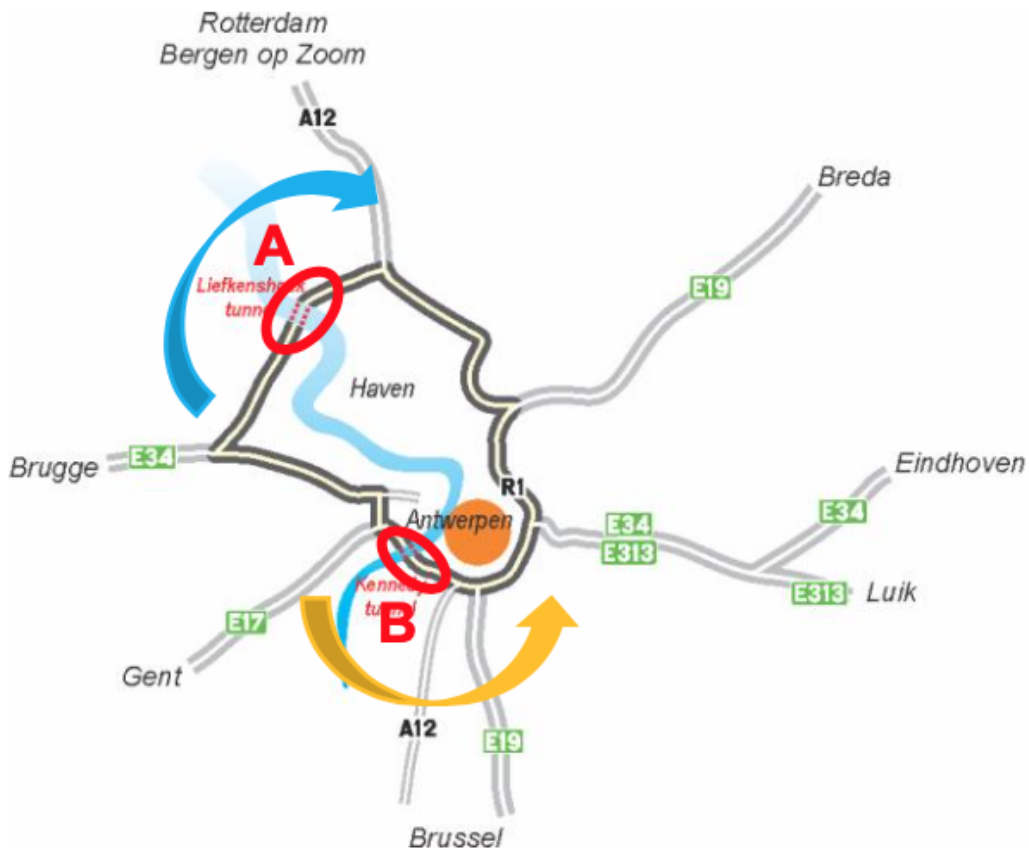
² Der Value of Time verkörpert den Zeitaufwand einer Person während ihrer Reise. Bei diesem monetären Wert wird davon ausgegangen, dass die Person den jeweiligen Betrag (hier: € 32,66) zu zahlen bereit wäre, um sich die Reisezeit zu sparen. Die Höhe dieser sogenannten Opportunitätskosten hängt dabei etwa von der Zuverlässigkeit der Reise(-zeit) oder dem Reisekomfort ab.

als monetäre Bewertungsgröße des Zeitaufwandes. Für PKW wird dabei ein Value of Time von € 16,33 pro Fahrzeugstunde angenommen, (Bundesanstalt für Straßenwesen, 2006).

Zu einem ähnlichen Ergebnis hinsichtlich des Routenwahlverhaltens kam auch die „SOCRA-TES 2.0“ Studie im belgischen Antwerpen. Dabei wurde versucht, anhand einer temporären Aussetzung der Tunnelmaut für den nördlicheren der beiden Stadttunnels („Liefskenshoektunnel“), die Routen des Individualverkehrs entsprechend zu verlagern (siehe nachfolgende Abbildung). Dies war notwendig geworden, da der andere Stadttunnel („Kennedytunnel“) im Süden der Stadt zwar durchgehend kostenfrei benützlich, jedoch viermal so hoch ausgelastet ist. Dieser weist einen durchschnittlichen, täglichen Verkehr (DTV)³ von 160.000 Fahrzeugen im Vergleich zu lediglich 40.000 Fahrzeugen im Liefskenshoektunnel auf. Es zeigt sich, dass es für Fahrten, beispielsweise von Gent nach Breda, hinsichtlich Reisezeit sowie Reiseweite völlig unerheblich ist, welchen der beiden Tunnel man benutzt. Dass der Verkehr jedoch trotzdem sehr ungleich verteilt ist, unterstreicht die zuvor getroffenen Feststellungen hinsichtlich der Entscheidungskriterien und Einflussfaktoren im PKW-Verkehr folgendermaßen: Externe Einflussfaktoren, wie vor allem das Verkehrsaufkommen, wirken sich deutlich schwächer auf das Routenwahlverhalten von PKW-Lenker:innen aus als die internen Entscheidungskriterien wie Reisezeit, -weite oder -kosten (siehe Kapitel 4.1.1).

³ Durchschnittlicher täglicher Verkehr

Abbildung 14: Autobahnnetzwerk von Antwerpen



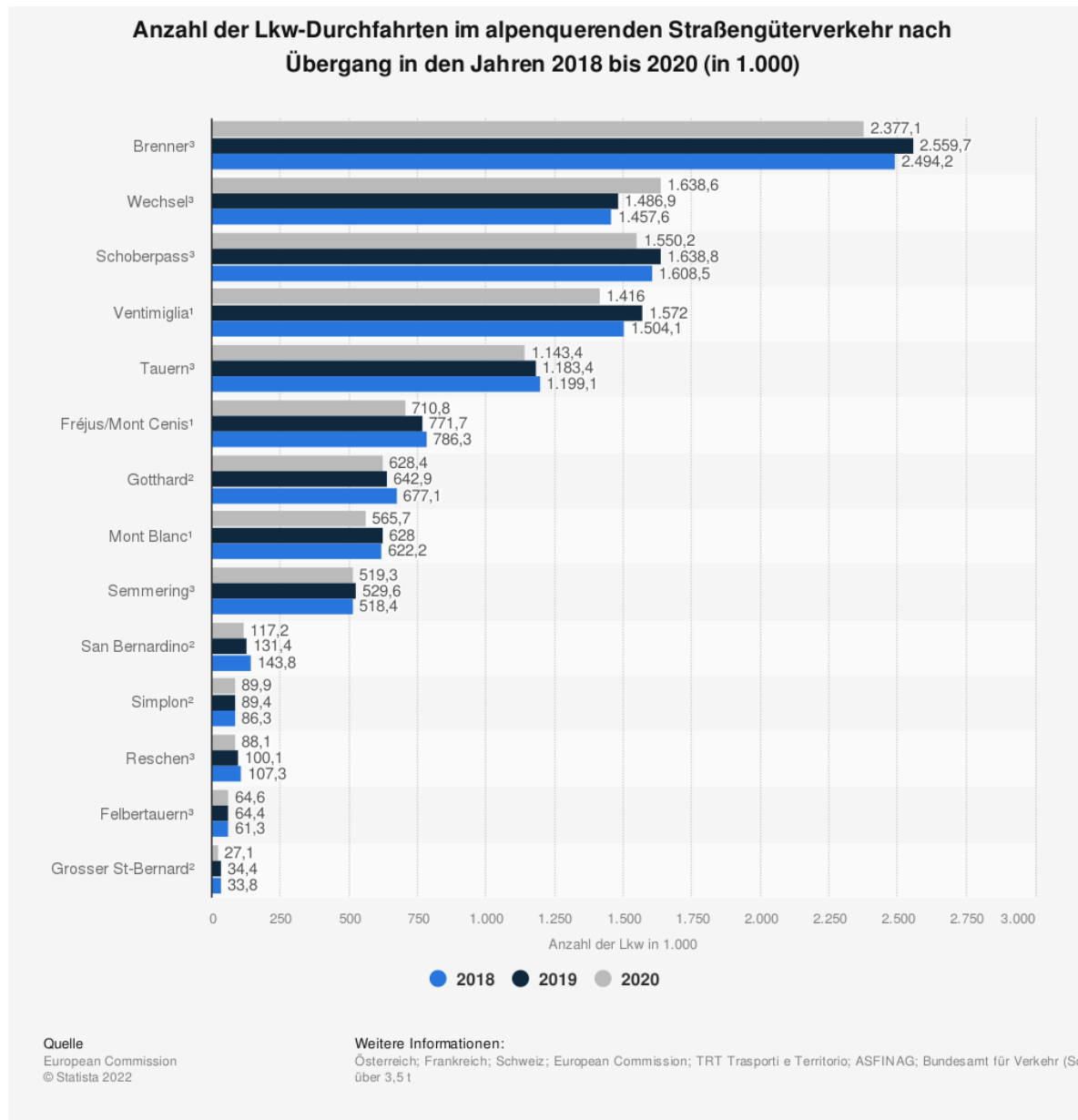
Quelle: (SOCRATES 2.0, 2021)

Um dieser ungleichen Auslastung entgegenzuwirken, setzt die flämische Verkehrszentrale immer dann die Maut am nördlichen Tunnel aus, wenn die Ringautobahn im Süden der Stadt überlastet ist. Ziel der Studie war es, durch rechtzeitige automatische Information auf den Navigationsgeräten der PKW im Bereich des Kennedytunnels den Verkehr zu verlagern. Dies geschah in Verbindung mit einem Hinweis auf die temporäre Reduzierung bzw. Aussetzung der Maut. Das Ergebnis der Studie zeigte, dass die Mehrheit der an dieser Studie teilnehmenden Personen die alternative Route bei kostenfreier Benützung des Liefkenshoek-tunnel wählte, wenn es für sie keinen Umweg darstellte. Es stellte sich jedoch weiters heraus, dass auch ein beachtlicher Teil die alternative Route wählte, obwohl diese für sie einen Umweg bedeutete. Daher konnten hier als hauptsächliche Entscheidungskriterien für die alternative Routenwahl Stauvermeidung und dadurch bedingte Reduktionen der Reisezeit ausgemacht werden, weil der gewichtige Faktor „Mautkosten“ wegfiel, (SOCRATES 2.0, 2021).

4.1.3 Zwischenfazit

Umgelegt auf die Einflussfaktoren und Entscheidungskriterien der Routenwahl im alpenquerenden Straßengüterverkehr bedeutet dies, dass auch hier eine Hauptmotivation die (Minimierung der) Kosten darstellen sollte. Zu diesen Kosten gehören vor allem die variablen, streckenabhängigen Kosten wie etwa auch die Mautkosten. Routen, die entlang der Nord-Süd-Achse über die Alpen verlaufen, weisen über die Schweiz meist wesentlich kürzere Streckenlängen auf, tatsächlich werden jedoch sehr oft Umwege über Österreich in Kauf genommen. Die Distanz wird erst bei annähernd gleichen Kosten bzw. Fahrzeit auf sekundärer Ebene relevant (siehe Kapitel 3.6). Dies lässt sich beispielsweise daran festmachen, dass zwar generell Österreich der Schweiz als Transitland des Nord-Süd-Korridors zunächst vorgezogen wird. Innerhalb Österreichs wird jedoch der Brenner etwa dem Tauernpass vorgezogen, da der Brenner trotzdem noch einen geringeren Umweg darstellt. Somit ist in einem zweiten Schritt tiefergehend auf die beiden zentralen Entscheidungsfaktoren Kosten bzw. Zeit einzugehen und zu untersuchen, wie sie sich konkret äußern.

Abbildung 15: Anzahl der LKW-Durchfahrten im alpenquerenden Straßengüterverkehr nach Übergang in den Jahren 2018 bis 2020



Quelle: (Europäische Kommission, 2022)

4.2 Regulatorische Rahmenbedingungen alpenquerend

4.2.1 Österreich

4.2.1.1 Maut

In Österreich gibt es für Kraftfahrzeuge mit einem höchstzulässigen Gesamtgewicht von über 3,5 Tonnen auf Autobahnen und Schnellstraßen eine fahrleistungsabhängige Maut, die sogenannte „GO-Maut“. Der jeweilige Tarif ergibt sich dabei aus mehreren Faktoren. Zunächst werden die Fahrzeuge in Abhängigkeit ihrer Achsenanzahl (2/3/4+ Achsen) in drei Kategorien unterteilt. Weiters unterscheidet sich die Höhe des Tarifes nach der Tageszeit, wobei der Nachttarif zwischen 22:00 und 05:00 Uhr gilt. Die Preise am Basisnetz variieren dabei zwischen 0,0515 €/km für ein zweiachsiges Fahrzeug der Antriebsart E/H2 (reiner Elektroantrieb bzw. Wasserstoff-Brennstoffzellenantrieb) am Tag und 0,49637 €/km für ein vier- oder mehrachsiges Fahrzeug der EURO-Emissionsklasse 0 bis III in der Nacht (22:00 – 05:00 Uhr) und gelten, mit Ausnahme von Streckenabschnitten, auf denen höhere Streckenmauttarife gelten, österreichweit einheitlich. Zuschläge für Schadstoff- und Lärmimmissionen, um einen Teil der durch den Schwerverkehr entstehenden externen Kosten zu decken, sind inkludiert. Auf der A 13 sowie auf Streckenabschnitten der A 9, A 10, A 11, S 16 und A 12 gelten abweichend davon eigene höhere Tarife für die fahrleistungsabhängige Maut.

Tabelle 7: Mauttarife 2023 am Basisnetz (Tarife in EUR pro Kilometer, exkl. 20 % USt., inkl. der Tarife für Luftverschmutzung und Lärmbelastung für Kfz über 3,5t hzG)

EURO-Emissionsklasse bzw. Antriebsart	Kategorie 2 (2 Achsen)		Kategorie 3 (3 Achsen)		Kategorie 4 (4 und mehr Achsen)	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Antriebsart E/H2	0,05150	0,05190	0,07273	0,07365	0,10871	0,10987
EURO VI	0,21120	0,21160	0,29631	0,29723	0,44033	0,44149
EURO V und EEV	0,21800	0,21840	0,30583	0,30675	0,45121	0,45237
EURO IV	0,22490	0,22530	0,31549	0,31641	0,46225	0,46341
EURO 0 bis III	0,24550	0,24590	0,34433	0,34525	0,49521	0,49637

Quelle: (ASFiNAG, 2023)

Tabelle 8: Mauttarife 2023 für die A 13 Brenner Autobahn von Innsbruck-Amras bis Staatsgrenze Brenner (35 km, Tarife in EUR, exkl. 20 % USt.)

EURO-Emissionsklasse bzw. Antriebsart	Kategorie 2 (2 Achsen)		Kategorie 3 (3 Achsen)		Kategorie 4 (4 und mehr Achsen)	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Antriebsart E/H2	5,80	5,80	8,15	8,15	12,22	24,44
EURO VI	23,30	23,30	32,60	32,60	48,90	97,80
EURO V und EEV	23,30	23,30	32,60	32,60	48,90	97,80
EURO IV	23,30	23,30	32,60	32,60	48,90	97,80
EURO 0 bis III	23,30	23,30	32,60	32,60	48,90	97,80

Quelle: (ASFiNAG, 2023)

Tabelle 9: Mauttarife 2023 für die A 13 Brenner Autobahn von Innsbruck-Wilten bis Staatsgrenze Brenner (34 km, Tarife in EUR, exkl. 20 % USt.)

EURO-Emissionsklasse bzw. Antriebsart	Kategorie 2 (2 Achsen)		Kategorie 3 (3 Achsen)		Kategorie 4 (4 und mehr Achsen)	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Antriebsart E/H2	5,62	5,62	7,90	7,90	11,84	23,68
EURO VI	22,58	22,58	31,60	31,60	47,39	94,78
EURO V und EEV	22,58	22,58	31,60	31,60	47,39	94,78
EURO IV	22,58	22,58	31,60	31,60	47,39	94,78
EURO 0 bis III	22,58	22,58	31,60	31,60	47,39	94,78

Quelle: (ASFiNAG, 2023)

4.2.1.2 Dosiersystem Kufstein/Kiefersfelden

Seit 2018 besteht in Kufstein an der Grenze zu Deutschland ein Dosiersystem für LKW, um eine Verkehrsberuhigung auf der A 12 Inntal Autobahn bzw. in weiterer Folge auch auf der A 13 Brenner Autobahn, zu erwirken. Dabei kommt es gemäß eines im Vorfeld ermittelten und veröffentlichten Halbjahreskalenders an bestimmten Tagen am Grenzübergang Kufstein/Kiefersfelden in Fahrtrichtung Süden zu einer Blockabfertigung für LKW. Dies geschieht immer dann, wenn die Kapazitätsgrenze auf der A 12 Inntal Autobahn in Höhe von maximal 300 LKW pro Stunde in Fahrtrichtung Süden erreicht wird. Im Jahr 2022 wurden so an insgesamt 38 Wochentagen Blockabfertigungen ab 05:00 Uhr durchgeführt. Die Dauer der Blockabfertigungen ist nicht immer einheitlich, da der Bedarf stark vom Verkehrsaufkommen abhängig ist, zumeist endet das Dosiersystem jedoch am späteren Vormittag. Für das 1. Halbjahr 2023 sind 24, im 2. Halbjahr 17 Blockabfertigungstage geplant. Nächtliche Dosierungen zwischen 22:00 und 05:00 Uhr sind dabei laut Auskunft des Landes Tirol nicht angedacht bzw. haben bis dato nicht stattgefunden, da hier grundsätzlich auch ein Nachtfahrverbot für LKW besteht (siehe den nachfolgenden Absatz „Restriktionen“), (Land Tirol, 2023).

Abbildung 16: Dosiersystem Kufstein-Nord



Quelle: (Land Tirol, 2023)

Das Dosiersystem Kufstein/Kiefersfelden wirkt sich auch auf den Verkehr auf der A 13 Brenner Autobahn aus, ein ähnliches Dosiersystem gibt es dort aktuell jedoch nicht. Vor kurzem wurde hierzu in einer Südtiroler Machbarkeitsstudie (Wagner, 2022) überprüft, inwieweit ein Dosiersystem auch am Brenner, ähnlich wie am Gotthard, umsetzbar wäre. Dabei wurden Verkehrs- und Rechtsexpert:innen über die Machbarkeit einer Umsetzung befragt. Das Ergebnis lautete, dass ein länderübergreifendes Slot-System sowohl (unions-)rechtlich konform wäre als auch effizient in seiner Wirkung. Dabei müssten zunächst Frächter:innen im Vorhinein eine Fahrt innerhalb eines bestimmten Zeitraumes über den Brenner buchen. Ist die maximale Leistungsfähigkeit pro Tag erreicht, kann keine Durchfahrt mehr gebucht werden.

4.2.1.3 Restriktionen

In Österreich herrscht bundesweit ein allgemeines Nacht-, Wochenend- und Feiertagsfahrverbot für LKW mit Anhängern, wenn das höchstzulässige Gesamtgewicht des LKW oder des Anhängers mehr als 3,5 Tonnen beträgt. Außerdem betroffen sind davon LKW, Sattelkraftfahrzeuge und selbstfahrende Arbeitsmaschinen mit einem höchstzulässigen Gesamtgewicht von mehr als 7,5 Tonnen. Diese Fahrzeuge dürfen gemäß § 42 Abs.⁴ 1 in Verbindung mit Abs. 2 der Straßenverkehrsordnung 1960 (StVO) an Samstagen ab 15:00 Uhr, an Sonntagen und Feiertagen von 00:00 bis 22:00 Uhr sowie gemäß Abs. 6 täglich zwischen 22:00 und 05:00 Uhr nicht fahren. Ausnahmen vom Nachtfahrverbot gibt es jedoch unter anderem gemäß Abs. 6 lit. c) für LKW mit einem höchst zulässigen Gesamtgewicht von mehr als 7,5 Tonnen, die als lärmarm im Sinne des § 8b der Kraftfahrzeuggesetz-Durchführungsverordnung 1967 (siehe Tabelle 10) eingestuft werden (und mit einer entsprechenden grünen „L-Plakette“ gekennzeichnet sind). Für diese vom Fahrverbot ausgenommenen LKW gilt jedoch gemäß § 42 Abs. 8 StVO⁵ 1960 in der Zeit von 22:00 bis 05:00 Uhr ein Tempolimit von 60 km/h.

Tabelle 10: Grenzwerte Lärmemissionen gemäß § 8b Kraftfahrzeuggesetz-Durchführungsverordnung

Fahrzeug/Geschwindigkeit	Motorleistung	Grenzwert
Fahrzeug (>3,5 t) bei 50 km/h	< 150 kW	78 dB(A)
Fahrzeug (>3,5 t) bei 50 km/h	> 150 kW	80 dB(A)

Die Abkürzung „dB(A)“ steht hierbei für „Dezibel - Bewertungskurve A“.

⁴ Absatz

⁵ Straßenverkehrsordnung

Weiters können bei Überschreitung von Grenzwerten der Luftschadstoffwerte auf Basis des Immissionsschutzgesetz-Luft LKW-Fahrverbote erlassen werden. In Tirol gibt es auf der A 12 Inntal Autobahn folgende drei IG-L-Fahrverbote für LKW (Land Tirol, 2022):

- **Sektorales Fahrverbot:** Auf der A 12 Inntal Autobahn ist das Befördern von bestimmten Gütern wie beispielsweise Abfall, Roh- oder Baustoffe, KFZ oder Mineralölerzeugnisse zwischen Langkampfen (Straßenkilometer 6,35) und Ampass (Straßenkilometer 72,00) in beide Fahrtrichtungen verboten. Ausgenommen davon sind unter anderem LKW der EURO-Emissionsklasse VI (mit einer NO_x-Emission von maximal 0,4 g/kWh), die nach dem 31. August 2018 erstmalig zugelassen wurden.
- **Nachtfahrverbot:** Auf demselben Streckenabschnitt entlang der A 12 ist von Mai bis Oktober zwischen 22:00 und 05:00 Uhr bzw. von November bis April zwischen 20:00 und 05:00 Uhr das Fahren mit LKW (>7,5 t) verboten. Für LKW der EURO-Emissionsklasse VI gibt es jedoch Ausnahmen hiervon, wenn sie in der erweiterten Zone den überwiegenden Teil der Ladung be- und auch wieder entladen sowie generell Güter erst im Streckenabschnitt Ampass-Zirl (und somit in weiterer Folge über den Brenner) transportieren (siehe nachfolgende Abbildung)
- **Euroklassenfahrverbot:** Weiters gilt auf diesem Streckenabschnitt grundsätzlich ein Euroklassen-Fahrverbot für LKW der EURO-Emissionsklassen 0 – V.

In Anbetracht der Tatsache, dass 2021 weniger als 8.000 Übertretungen nach den IG-L⁶ Verordnungen auf der A 12 Inntal Autobahn geahndet wurden, gleichzeitig jedoch rund 2,63 Millionen LKW über den Brenner fahren, wäre auch eine Diskussion über die Wirkung dieser Verbote als Einflussfaktor anzustellen. Die niedrige Anzahl geahндeter Übertretungen im Vergleich zum tatsächlichen Verkehrsaufkommen kann dabei auf zwei Arten interpretiert werden. 2021 entsprachen im Transitverkehr beinahe 99 % aller in Tirol kontrollierten LKW der EURO-Emissionsklasse VI. Daraus kann geschlossen werden, dass das Euroklassenfahrverbot beinahe sämtliche LKW der niedrigeren Emissionsklassen wirksam zu einer anderen Routenwahl bewegt hat. Andererseits kann dieses Verhältnis auch dahingehend aufgefasst werden, dass ohnehin sämtliche LKW bereits in den gesetzlichen Ausnahmetatbestand fallen, weshalb diesem Fahrverbot kaum ein Einfluss auf das Routenwahlverhalten zugesprochen werden könnte. Betrachtet man hierzu auch noch das durchschnittliche Alter der LKW im Transitverkehr, so zeigt sich, dass diese 2021 in Tirol etwa 3,2 Jahre alt waren. Dies könnte ebenfalls ein Grund für den hohen EURO-Emissionsklasse VI-Anteil sein, (Land Tirol, 2022).

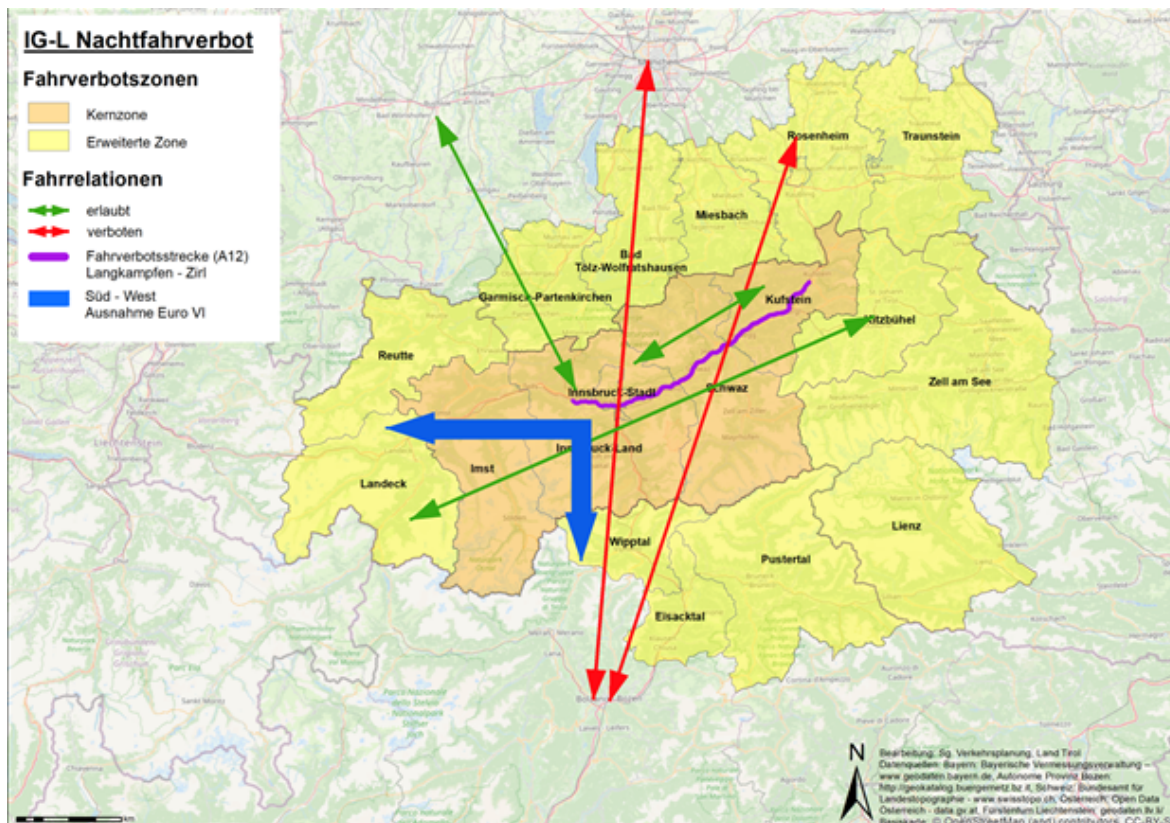
⁶ Immissionsschutzgesetz-Luft

Außerdem ergab eine Auswertung sämtlicher Zählstellen auf der A 12 Inntal Autobahn einen Nacht-Anteil des LKW-Verkehrs von rund 14 % [Quelle: ASFiNAG, 2018], wobei hier auch der Zeitraum von 05:00 bis 06:00 Uhr mitberücksichtigt wird, in dem das Nachtfahrverbot bereits außer Kraft ist.

Um mit diesen Indikatoren jedoch den Wirkungsgrad der Fahrverbote messen zu können, müssten mehrere Umstände berücksichtigt werden. Aufgrund der unterschiedlichen Verfügbarkeit und Qualität der Daten kann keine pauschale Gegenüberstellung dieser Zahlen vorgenommen werden. So fallen etwa nicht alle 2,63 Millionen LKW-Fahrten in denselben Überprüfungszeitraum der Übertretungen, da nachts ein deutlich geringeres Verkehrsaufkommen herrscht. Außerdem hat sich gezeigt, dass auf der A 12 Inntal Autobahn aufgrund ihrer Bedeutung für den Transitverkehr vermehrt, neuere LKW unterwegs sind. Es ist daher anzunehmen, dass die Fahrzeugflotten im Fernverkehr tendenziell moderner als jene des Nahverkehrs sind, da es zu einer anderen Beanspruchung und Nutzungsintensität der Fahrzeuge kommt.

Eine verlässliche Aussage über die Wirksamkeit der österreichischen Restriktionen lässt sich jedoch keinesfalls treffen. So scheinen jene LKW, die aufgrund der genannten Fahrverbote Österreich (bzw. Tirol) als Transitland von vornherein meiden, in den erwähnten Statistiken gar nicht erst auf. Ebenso unklar ist die Dunkelziffer der LKW, die sich nicht an das Verbot halten. Es lässt sich daher im Rahmen dieser Untersuchung nicht feststellen, ob und wieviel das Transitverkehrsaufkommen höher wäre, wären die Tiroler LKW-Fahrverbote nicht in Kraft. Folglich kann auch nicht mit Sicherheit festgestellt werden, wie hoch der Einfluss dieser ordnungspolitischen Faktoren auf das tatsächliche Routenwahlverhalten ist. Die niedrige Zahl der geahndeten Übertretungen kann daher auch auf eine hohe Wirksamkeit dieser Maßnahmen schließen lassen, wenn davon ausgegangen wird, dass sich der Großteil der Verkehrsteilnehmer:innen an die Vorschriften hält (im Vergleich zu den geahndeten Fällen), ((Land Tirol, 2022), (Wirtschaftskammer Österreich, 2022)).

Abbildung 17: IG-L Nachtfahrverbote



Quelle: (Land Tirol, 2022)

Generell wird die Einhaltung der Restriktionen an den jeweiligen Schwerverkehrskontrollplätzen von der Exekutive am Brennerpass, sowie auf der A 12 in Radfeld bzw. Kundl, verstärkt kontrolliert. Auf der A 13 Brenner Autobahn selbst gibt es keine spezifischen Fahrverbote, die über das allgemeine Fahrverbot der StVO hinausgehen. Aufgrund der geographischen Lage als „Anschlussautobahn“ wirken sich jedoch die Fahrverbote der A 12 Inntal Autobahn auch auf die A 13 aus.

Tabelle 11: Zusammenfassung der Fahrverbote für LKW auf der A 12 Inntal Autobahn

Fahrverbot	LKW (> 7,5 t) EURO VI	LKW (> 7,5 t) EURO 0 bis V
Sektorales Fahrverbot	Transitverkehr erlaubt	Transitverkehr verboten
Nachtfahrverbot	Nur in erweiterter Zone erlaubt	Transitverkehr verboten
Euroklassenfahrverbot	Transitverkehr erlaubt	Transitverkehr verboten

4.2.2 Schweiz

4.2.2.1 Maut

Die Schweiz regelt die Bemautung mittels der sog. „leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgabe“ (LSVA⁷). Diese Bepreisung von Lastwagenfahrten mit einem Fahrzeuggewicht von mehr als 3,5 Tonnen wurde 2001 eingeführt und berücksichtigt ebenfalls externe Kosten des Schwerverkehrs. Dabei gelten seit Juli 2021 auf allen öffentlichen Straßen faktisch nur mehr zwei Tarifklassen, in die alle Schwerfahrzeuge, abhängig von ihrer jeweiligen Schadstoffklasse, eingeteilt werden. In die günstigere Tarifklasse 3 (Fahrzeuge der Tarifklasse 2 werden der Tarifklasse 1 zugeordnet) fallen lediglich Fahrzeuge mit EURO-Emissionsklasse VI. Diese müssen seit 1. Jänner 2017 2,28 Rappen (\cong 2,31 Cent)⁸ pro Tonne und Kilometer entrichten. Allen anderen Fahrzeugen der EURO-Emissionsklassen 0 bis V wird ein Tonnenkilometersatz von 3,10 Rappen (\cong 3,14 Cent)⁹ vorgeschrieben. Insgesamt darf jedoch das nationale höchstzulässige Gesamtgewichtslimit von 40 Tonnen nicht überschritten werden (Zugfahrzeug + Anhänger). Bei Einführung der LSVA betrug der Tarif (der heutigen Abgabekategorie 1) zunächst lediglich 1,6 Rappen pro Tonnenkilometer, 2005 wurde er um 50 % auf 2,4 und 2008 nochmals um 10 % auf 2,7 Rappen erhöht, ((Bundesamt für Raumentwicklung ARE, 2008), (Bundesamt für Zoll und Grenzsicherheit BAZG, 2022)).

Tabelle 12: Übersicht Mauttarife Schweiz 2023

Abgabekategorie	EURO-Emissionsklasse	Tarif (Rappen/km/t)
1	0 bis V	3,10 (\cong 3,14 Cent)
3	VI	2,28 (\cong 2,31 Cent)

4.2.2.2 Dosiersystem Gotthard - Tropfenzählersystem

Neben den Fahrtkosten stellt die Fahrzeit entsprechend den oben erwähnten Einflussfaktoren auf die Routenwahl den zweiten maßgebenden Widerstand dar. Auf diese wirkt sich seit Oktober 2002 ein Dosiersystem für den Schwerverkehr am Gotthard und an dessen Ausweichroute, dem San Bernardino, aus. Dabei wird an den Tunnelportalen automatisch die Anzahl der in den Tunnel einfahrenden LKW gezählt. Durch ein Limit von 1 - 2,5 LKW pro

⁷ Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe

⁸ (Laut Umrechnung vom 08.02.2023, [Quelle: finanzen.net])

⁹ (Laut Umrechnung vom 08.02.2023, [Quelle: finanzen.net])

Minute (somit 150 LKW/h) sollen vor allem LKW-Auffahrtskollisionen verhindert und allgemein die Anzahl der gefährlichen Begegnungen im Tunnel reduziert werden.

Das Tropfenzählersystem ist werktags zwischen 05:00 und 22:00 Uhr sowie samstags von 07:00 bis 16:00 Uhr in Betrieb und misst dabei nur die rechte Spur, weshalb es auch ein Rechtsfahrgebot für LKW gibt. Hierfür müssen alle LKW (auch die in der Schweiz zugelassenen LKW) durch die vorgelagerten Schwerverkehrskontrollzentren Erstfeld/Ripshausen bzw. Giornico durchfahren, um dort vordosiert zu werden. Zusätzlich sorgt noch ein Dosiersystem (in Abhängigkeit mit dem Tropfenzähler) dafür, dass nicht mehr als 1.000 Fahrzeuge (1 LKW = 3 Fahrzeuge bzw. PKW) pro Richtung und Stunde den Tunnel durchfahren, wobei dieses durchgehend in Betrieb ist.

Diese Dosierung wirkt sich zwar positiv auf die Sicherheit und die Flüssigkeit des Verkehrs aus, es können aber schnell lange Wartezeiten auf allen Nord- bzw. Süd-Zubringern entstehen. Ausschlaggebend für diese potenzielle Erhöhung der Fahrzeit ist somit die Kapazitätsbegrenzung von maximal 2.550 LKW pro Tag (150 x 17 Stunden), unter Berücksichtigung des allgemein erlaubten Zeitraumes von 05:00 bis 22:00 Uhr, an dem LKW-Verkehr auf Schweizer Autobahnen erlaubt ist. Dadurch werden diese beiden Strecken zu einem schwer kalkulierbaren Geschäft für die Frachtunternehmen, (Bundesamt für Straßen ASTRA, persönliche Auskunft vom 01.03.2023.).

4.2.2.3 Restriktionen

Die Schweiz verfügt über acht Schwerverkehrskontrollzentren (SVKZ), wobei zwei davon auf der A 2 am Gotthard liegen: das SVKZ Ripshausen UR Nordportal und das SVKZ Giornico TI am Südportal. Die Kantonspolizeien kontrollieren dort den Schwerverkehr auf die Einhaltung des Wochenend- und Nachtfahrverbotes (22:00 - 05:00 Uhr) gem.¹⁰ Artikel 2 Z. 2 des schweizerischen Straßenverkehrsgesetzes (SVG), der Verordnung über die Kontrolle des Straßenschwerverkehrs (SR 741.013), bei der die Aspekte der Verkehrssicherheit im Vordergrund stehen, sowie der Verordnung über die Arbeits- und Ruhezeit der berufsmäßigen Führer:in von leichten Personentransportfahrzeugen und schweren Personenwagen (SR 822.222), (Bundesamt für Straßen ASTRA, 2012).

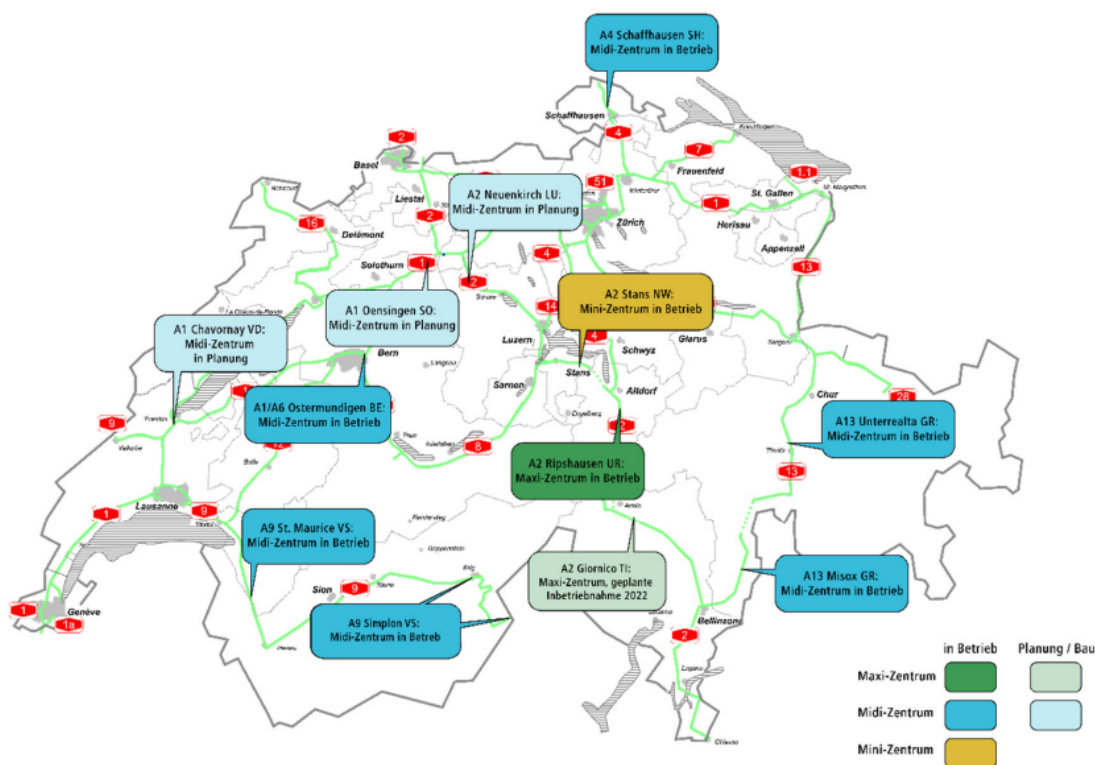
Das Schwerverkehrskontrollzentrum Uri ist (werktags und somit immer dann, wenn LKW-(Transit-)Verkehr erlaubt ist) von 05:00 bis 22:00 Uhr in Betrieb und kann bis zu 100 LKW-

¹⁰ gemäß

Kontrollen pro Tag (polizeiliche und vertiefte technische Kontrollen) durchführen, (Bundesamt für Straßen ASTRA, 2023).

Diese Kontrollen sollen, neben der Steigerung der allgemeinen Verkehrssicherheit, erheblich zur Schaffung einer Wettbewerbsgleichheit zwischen dem Gütertransport auf der Straße und der Schiene beitragen. Für etwaige Ausnahmen dieser Restriktionen muss im Vorhinein im jeweiligen Kanton eine Bewilligung angefordert werden. 2021 wurden insgesamt 96.162 Kontrollstunden an 31.564 Fahrzeugen (davon 30.068 Lastwagen und Sattelschlepper) behördenübergreifend (inklusive Mobile Kontrollen) verzeichnet, (Bundesamt für Straßen ASTRA, 2023).

Abbildung 18: Schwerververkehrskontrollzentren Schweiz



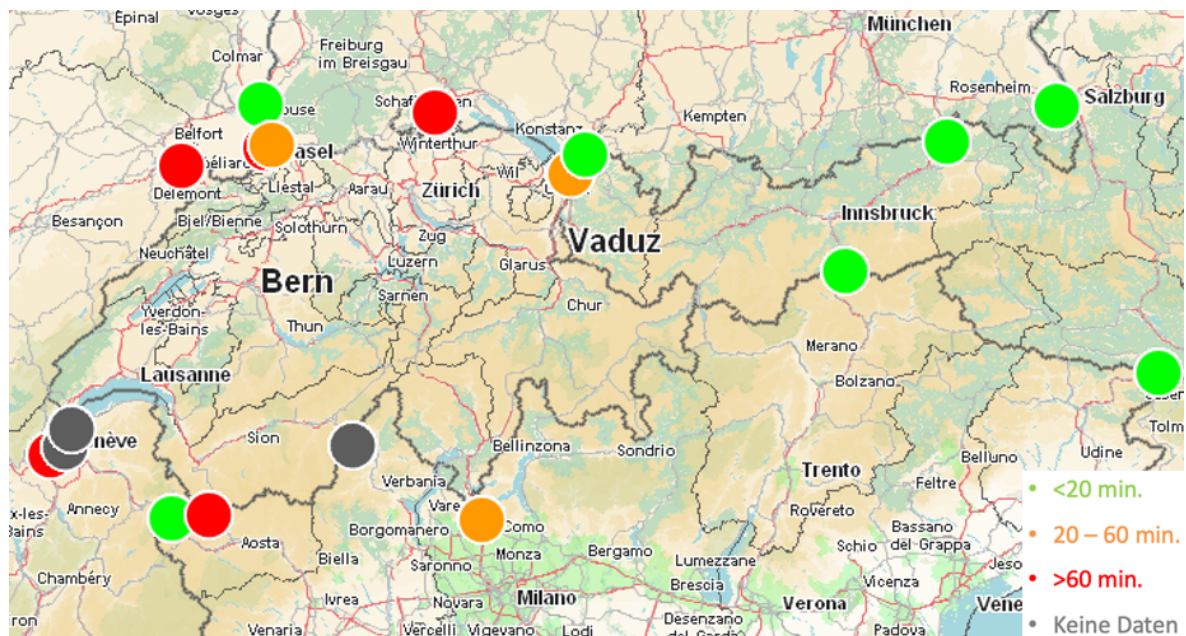
Quelle: (Bundesamt für Straßen ASTRA, 2023)

Hinzu kommen die nationalen Zollbestimmungen, nach denen sämtliche Handelswaren, die durch die Schweiz befördert werden, einem Transitverfahren unterliegen. Demnach müssen Frachtführer:innen aus der EU (sowie den anderen teilnehmenden GR Staaten Norwegen,

Island, Großbritannien, Nordmazedonien, Serbien und Türkei) online vorab im Zuge des sogenannten „gemeinsamen Versandverfahrens“ (gVV) ihren Transit anmelden und die entsprechenden Dokumente an den Grenzübergängen vorweisen, (Bundesamt für Zoll und Grenzsicherheit BAZG, 2023).

Die nachfolgende Abbildung zeigt ein Beispiel für die Wartezeiten an den verschiedenen Grenzübergängen im Untersuchungsgebiet. Diese Momentaufnahme deckt sich mit der Tatsache, dass die Grenzwarzeiten um die Schweiz im Durchschnitt um einiges höher sind als die der Nachbarländer. Die Daten hierzu liefert die Firma Sixfold GmbH.

Abbildung 19: Grenzwarzeiten im alpenquerenden Straßengüterverkehr



Quelle: (PTV Group, 2023)

4.2.3 Deutschland

Maut und Restriktionen

Auf Deutschlands Autobahnen besteht eine Mautpflicht lediglich für LKW ab einem höchstzulässigen Gesamtgewicht von mehr als 7,5 Tonnen. Die Mauttarife berechnen sich ebenfalls nach der Schadstoffklasse sowie der Anzahl der Achsen. So müssen etwa dreiachsige Fahrzeuge bis 11,9 t Gesamtgewicht der EURO-Emissionsklasse VI 9,8 Cent/km bezahlen, vier- oder mehrachsige Fahrzeuge 19 Cent/km.

Tabelle 13: LKW-Maut in Deutschland 2023

Schadstoffklasse	Achsen- und Gewichtsklasse			
	Bis drei Achsen			Ab vier Achsen
	7,5 – 11,99 t	12 – 18 t	> 18 t	> 18 t
Euro 6	9,8	14,0	18,1	19,0
Euro 5, EEV 1	12,6	17,7	22,1	22,9
Euro 4, Euro 3 + PMK 2	14,2	18,8	23,9	25,4
Euro 3, Euro 2 + PMK 1	17,1	22,6	29,3	31,6
Euro 2	19,6	24,6	32,3	34,9
Euro 0 und 1	19,7	24,8	32,8	35,4

Quelle: (Wirtschaftskammer Österreich, 2023)

Zusätzlich zur streckenbezogenen Straßenbenützungsgeld gilt gemäß § 30 der Deutschen Straßenverkehrsordnung an Sonn- und Feiertagen in der Zeit von 00:00 bis 22:00 Uhr ein generelles Fahrverbot für LKW (>7,5 t). Weiters besteht ein Fahrverbot in der Ferienzeit zwischen 1. Juli und 31. August an Samstagen von 07:00 bis 20:00 Uhr. Bundesweit bestehen keine Nachtfahrverbote, diese können aber im Einzelfall von den Bundesländern verordnet werden, (Bundesamt für Logistik und Mobilität, 2023).

4.2.4 Italien

4.2.4.1 Maut und Restriktionen

Die Mauttarife in Italien sind nicht einheitlich einsehbar, sie berechnen sich in Abhängigkeit der konkret zurückgelegten Strecke. Zusätzlich zur Fahrtstrecke ist dabei auch die Achsanzahl der Fahrzeuge relevant. So beträgt der Mauttarif auf der Strecke Mautstelle Brenner – Verona Nord 2023 für einen vierachsigen LKW („Klasse 4“) beispielsweise brutto € 34,10 bzw. netto € 27,95, für einen fünfachsigem LKW („Klasse 5“) brutto € 40,20 bzw. netto € 32,95, (Brennerautobahn AG, 2023).

Auch in Italien herrscht an Sonn- und Feiertagen ein LKW-Fahrverbot (gemäß Artikel 6 Abs. 1 des Legislativdekrets 285 vom 30. April 1992 der neuen Straßenverkehrsordnung Italiens). Ein allgemeines Nachtfahrverbot, ähnlich wie in Österreich oder der Schweiz, gibt es hingegen nicht. Auf der italienischen A 22 Brennerautobahn besteht ein generelles Fahrverbot für LKW über 7,5 Tonnen höchstzulässiges Gesamtgewicht nur an bestimmten, im Vorfeld bekanntgegebenen Tagen. Dieser Fahrverbotskalender ist auf der Website der Autobahnbetreiberin Brennerautobahn AG einsehbar, (Brennerautobahn AG, 2023).

4.2.5 Zwischenfazit

Die am Ende dargestellten Hauptwiderstände (siehe nachfolgende Abbildung) sind jene, die aus Sicht der Autor:innen in Anbetracht sämtlicher genereller Einflussfaktoren bzw. Entscheidungskriterien am wichtigsten erscheinen. Es kann jedoch keine abschließende Gewichtung innerhalb aller diskutierten Faktoren und Kriterien vorgenommen werden. Die bestehenden regulatorischen Rahmenbedingungen der jeweiligen Länder unterscheiden sich zum Teil deutlich in ihrer Intensität voneinander, ein konkretes Einflussmaß einzelner Faktoren ist nicht festzumachen. Durch ihre konkreten Ausgestaltungen wirken sie sich daher im Ergebnis unterschiedlich stark auf das Routenwahlverhalten aus.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass im direkten Vergleich der Alpenländer die beiden Transitländer Schweiz und Österreich aus Expert:innensicht deutlich strengere und umfassendere regulatorische Rahmenbedingungen aufweisen, als es etwa Deutschland oder Italien tun. So sind, wie in Tabelle 14 ersichtlich, in der Schweiz und in Österreich nicht nur die Mauttarife für den Schwerverkehr deutlich höher. Es werden dort auch weitere regulatorische Maßnahmen zur Steuerung des Transitverkehrs getroffen, wie z.B. das durchgehend aktive Tropfenzählersystem in der Schweiz oder das Dosiersystem in Kufstein an einzelnen Tagen des Jahres. Darüber hinaus sind auch differenziertere LKW-Fahrverbote, die über das bloße Sonntags- und Feiertagsfahrverbot hinausgehen, in Kraft.

Tabelle 14: Übersicht Fahrverbote für LKW (>7,5 t)

Fahrverbot für...	Österreich	Schweiz	Deutschland	Italien
Sonn- und Feiertag	Ja	Ja	Ja	Ja
Nacht	Ja	Ja	Nein	Nein
Schadstoffklasse	In Tirol auf der A 12	Nein	Nein	Nein
Güterart	In Tirol auf der A 12	Nein	Nein	Nein

In der nachfolgenden Tabelle 15 ist zudem ein Überblick über die unterschiedlichen Mauttarife entlang des Brennerkorridors auf einer Fahrt von München nach Verona veranschaulicht. Als Referenzfahrzeug wird dabei ein LKW mit einem höchstzulässigen Gesamtgewicht von 40 Tonnen und fünf Achsen der EURO-Emissionsklasse VI verwendet. Die Mautkosten für Österreich beziehen sich jedoch nur auf den Brennerkorridor und gelten nicht österreichweit einheitlich in der hier angegebenen Höhe.

Tabelle 15: Übersicht durchschnittliche Mautkosten pro Fahrzeugkilometer im Jahr 2019

Staat	Gesamttarif/km (in ct.)
Österreich (Ø - Brennerkorridor)	73,910
Schweiz	93,434
Deutschland	18,700
Italien	14,696

Schweiz laut Umrechnung vom 10.05.2023 [Quelle: finanzen.net]

Maßgeblich für die Routenwahl sind zunächst die Gesamtkosten, die der Transport verursacht. Jene setzen sich aber nicht nur aus den offensichtlichen Kostenfaktoren wie Maut- und Treibstoffkosten oder Fahrzeugverschleiß zusammen. Auch andere, durchaus betriebswirtschaftlich bewertbare Kosten, wie etwa dem Value of Time einer Fahrzeugstunde eines LKW, spielen eine Rolle.

Die Tabelle 15 zeigt, dass die Schweiz über den höchsten Mauttarif für LKW verfügt. Für eine durchschnittliche Fahrt im Transitverkehr fallen rund 26 % höhere Mautkosten als im Vergleich zum Brennerkorridor in Österreich an. Die italienischen und deutschen Mauttarife betragen jedoch nur etwa ein Fünftel bzw. etwa ein Viertel der durchschnittlichen Mautkosten pro Fahrzeugkilometer am österreichischen Teil des Brennerkorridors und tragen

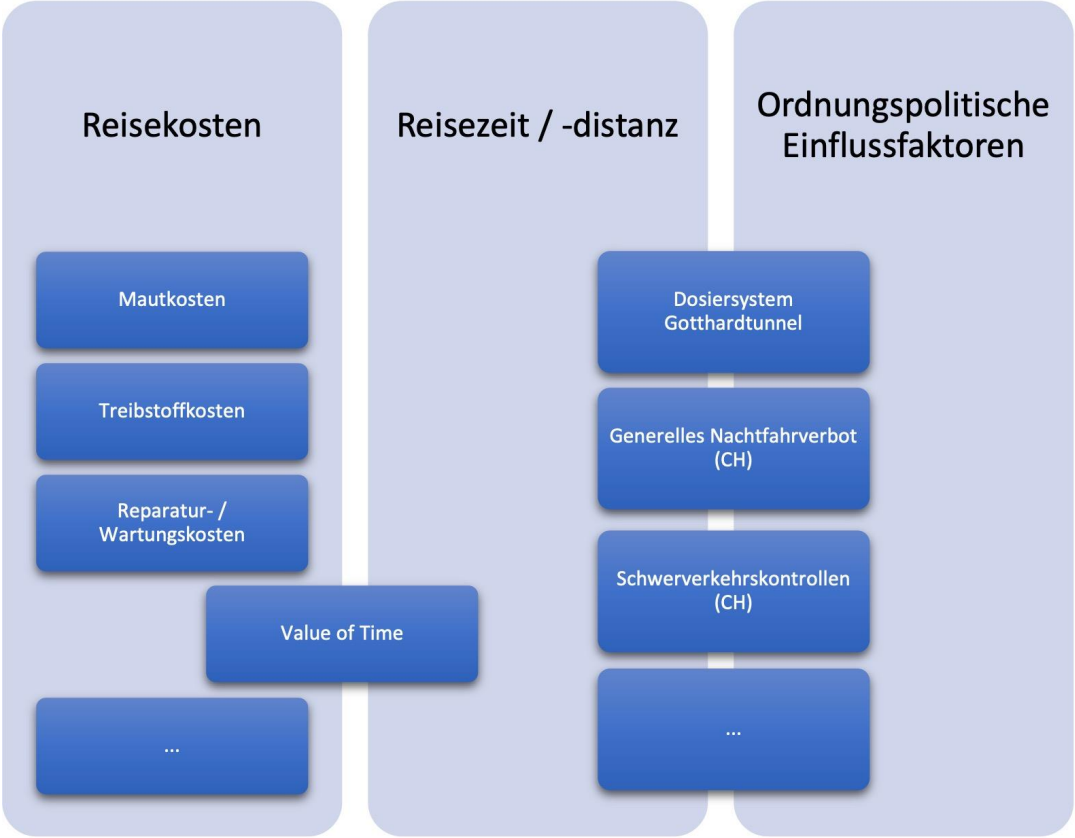
somit maßgeblich zu den vergleichsweise niedrigen Mautkosten über den gesamten Brennerkorridor bei. Es sind jedoch nicht nur die Mautkosten, sondern auch die Treibstoffkosten in der Schweiz deutlich höher, etwa im Vergleich zu Österreich. So war der Preis für 1 Liter Diesel 2019 im Durchschnitt in der Schweiz (CHF 1,74 bzw. € 1,77), (Avenergy Suisse, 2023)¹¹ um etwa 55 ct. höher als in Österreich (€ 1,21), (Europäische Kommission, 2023).

Der Value of Time hängt hingegen nur indirekt mit dem jeweiligen Transitland zusammen. Die Fahrzeit ergibt sich nämlich unter anderem auch aus den sonstigen regulatorischen Rahmenbedingungen wie Dosiersystemen oder bestimmten (Fahr-)Verboten. Diese haben zusammen betrachtet ebenfalls einen erheblichen Einfluss auf die Fahrzeit und folglich auf das Routenwahlverhalten (und den Value of Time). Hier ist jedoch weniger eine einzelne Maßnahme bzw. Restriktion das ausschlaggebende Kriterium, wodurch die Routenwahl letztlich beeinflusst wird. Viel mehr scheinen die Rahmenbedingungen in der Schweiz insgesamt für den straßenseitigen Güterverkehr deutlich ungünstiger als in Österreich (und Deutschland bzw. Italien) zu sein. Diese Rahmenbedingungen spiegeln sich wiederum in einer Erhöhung der Fahrzeit sowie in einer Reduzierung des Reisekomforts wider, weshalb auch der Value of Time einen weiteren Einfluss auf das Routenwahlverhalten darstellt.

Als dritter, wesentlicher Hauptwiderstand, sind noch die bereits erwähnten ordnungspolitischen Einflussfaktoren anzuführen. Hierbei kristallisieren sich jedoch vor allem das Dosiersystem am Gotthard und das generelle Nachtfahrverbot auf den Schweizer Autobahnen als größere (aber nicht alleinige) Widerstände heraus. Diese externen ordnungspolitischen Einflussfaktoren wirken sich im Ergebnis stark auf die Verlässlichkeit bzw. die Praktikabilität der Route insgesamt aus. So kann im Vorfeld beispielsweise oft nicht abgeschätzt werden, ob und wie lange Wartezeiten aufgrund des Dosiersystems in der Schweiz entstehen. Im Zuge der Vordosierung auf den Schwerverkehrskontrollplätzen besteht zudem jedes Mal das Risiko, einer Schwerverkehrskontrolle zu unterliegen. Neben den empfindlichen Strafen für Verkehrsübertretungen wirkt sich vor allem auch das generelle Nachtfahrverbot für LKW negativ auf die Attraktivität der Schweizer Route aus. Ohne Ausnahmetatbestände für bestimmte LKW-Gruppen, wie es sie etwa in Österreich gibt, verpuffen so noch zur Verfügung stehende Lenkzeiten der Lenker:innen. Fahrten durch Österreich müssen unter anderem erst bei Beginn der gesetzlichen Ruhezeiten unterbrochen werden, während diese in der Schweiz auf keinen Fall zwischen 22:00 und 06:00 Uhr durchgeführt werden dürfen, ((Lange & Ruffini, 2007), (ÖAMTC, 2020), Interview LKW-Lenker vom 27.01.2023 in Wien).

¹¹ laut Umrechnung vom 10.05.2023, [Quelle: finanzen.net]

Abbildung 20: Gewichtung Einflussfaktoren & Entscheidungskriterien für die Routenwahl nach Einschätzung der Expert:innen



5 Mautanpassungen im Brennerkorridor

Die Darstellung der Entscheidungskriterien zeigt, dass die Gesamtkosten (bestehend aus Maut- Zeit- und Streckenkosten), neben der Reisezeit und -distanz und den ordnungspolitischen Maßnahmen, einen hohen Einfluss auf das Routenwahlverhalten im Straßengüterverkehr haben. Als verkehrspolitische Maßnahme werden in diesem Bericht eine hypothetische Mautanpassung im Brennerkorridor und die Folgewirkungen der Verlagerungen auf andere alpenquerende Korridore untersucht.

5.1 Verwendete Software

Die Untersuchung der Verkehrswirksamkeit für die Planfälle wird mit dem Programm VISUM (Verkehr In Städten Umlegungs Modell) durchgeführt. Dieses Programm wurde von der PTV Group in Karlsruhe entwickelt und wird als Programm für die rechnerunterstützte Verkehrsplanung, welche der Analyse und der Planung des Systems Verkehr dient, verwendet. Für die rechnergestützte Verkehrsplanung wird das System Verkehr dazu in einem makroskopischen Modell abgebildet, das eine Abstraktion der realen Verkehrsabläufe darstellt. Bei der Ermittlung der Auswirkungen der einzelnen Planfälle (z.B. Verkehrswirksamkeit der Planfälle) liefert VISUM Werte für die Kenngrößen des Verkehrsangebotes (z.B. Reisezeiten, Verkehrsstärken), die dann der Bewertung einer Lösung dienen.

5.2 Grundlagen und Netzmodell

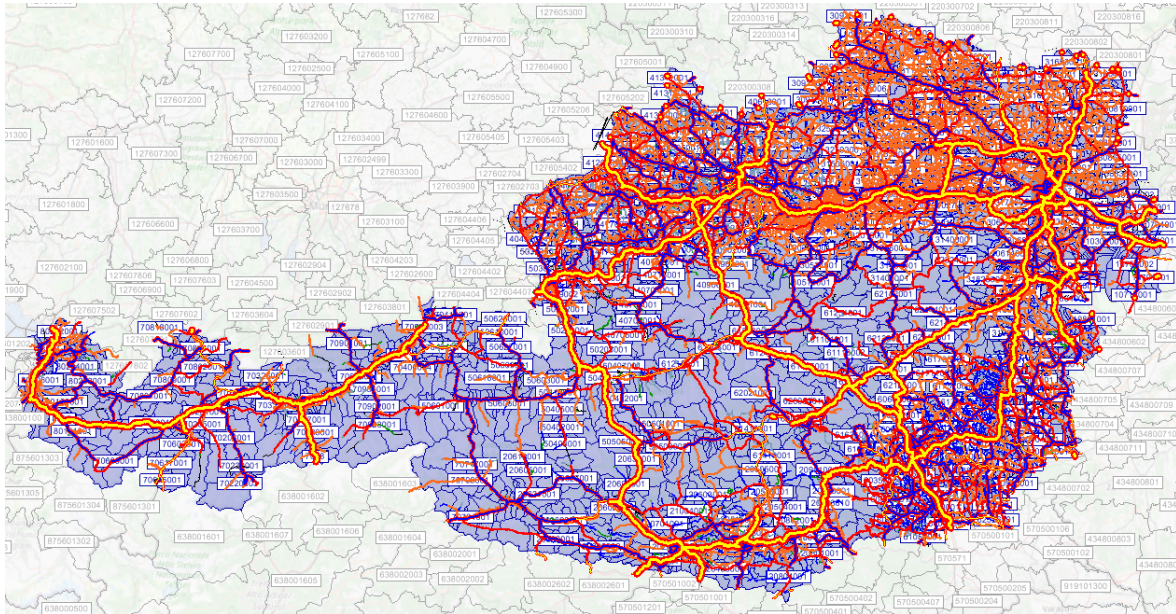
5.2.1 Netzmodell und Nachfrage

Die Daten des Verkehrsangebotes bzw. der Verkehrsinfrastruktur werden in einem Netzmodell abgebildet. Das in VISUM integrierte Netzmodell für IV¹²-Verkehrssysteme ist abhängig von den zulässigen Geschwindigkeiten und den Streckenkapazitäten und es umfasst im Wesentlichen folgende Netzobjekte:

- **Knoten:** Knoten bestimmen die Lage von Kreuzungen bzw. Einmündungen. Sie sind Anfangs- und Endpunkte von Strecken. Für jeden Knoten kann ein Hauptstrom festgelegt werden, der die Fahrtrichtung des vorfahrtsberechtigten Verkehrsstromes am Straßenknoten angibt.
- **Strecken:** Strecken beschreiben Straßen bzw. Straßenabschnitte des Verkehrsnetzes. Sie verbinden Knoten, d.h. Kreuzungen des Individualverkehrs. Eine Strecke wird im Netzmodell als gerichtete Kante abgebildet. Für jede Strecke müssen die zulässigen Verkehrssysteme des Individualverkehrs angegeben werden, die diese Strecke benutzen dürfen (z.B. PKW, LKW), sowie die zulässigen Geschwindigkeiten und Kapazitäten je nach Fahrzeugtyp.
- **Abbiegebeziehungen:** Abbiegebeziehungen geben an, ob an einem Knoten abgebogen werden darf und welcher Zeitzuschlag für IV-Verkehrssysteme berücksichtigt werden muss. Für IV-Verkehrssysteme können je Abbiegebeziehung ein Abbiegezeitzuschlag und eine Kapazität festgelegt werden, die den Einfluss der Kreuzung auf die Leistungsfähigkeit des Netzes beschreiben.
- **Verkehrsbezirke:** Verkehrsbezirke sind Ausgangspunkt und Ziel von Ortsveränderungen, d.h. von Fahrten. Ein Verkehrsbezirk ist ein flächiges Objekt, dessen Größe je nach Detaillierungsgrad variieren kann. Im Netzmodell wird ein Verkehrsbezirk auf einen Bezirksschwerpunkt reduziert, über den die Fahrten der Fahrtenmatrix in das Netz eingespeist werden.

¹² Individualverkehr

Abbildung 21: Netzmodell Teilausschnitt Österreich



Quelle: (VMÖ/VPÖ 2040, 2023)

In der obigen Abbildung ist ein Netzausschnitt von Österreich mit den Strecken und Bezirken dargestellt. Als Nachfrage wird in der aktuellen Arbeit eine auf die im Netz vorhandenen Zählstellen kalibrierte LKW-Matrix für das Bestandsjahr 2018 verwendet. Ausgangsjahr für die in den Folgekapiteln vorgestellten Modellergebnisse ist demnach das Jahr 2018.

5.2.2 Wirkungsmodell - Verkehrsumlegung

Jedes Verkehrsangebot hat vielfältige Wirkungen, die sich durch Maßnahmen verändern können:

- Wirkungen auf die Nutzer:innen des Verkehrsangebotes
- Wirkungen auf die Betreiber:innen, die das Verkehrsangebot realisieren sollen
- Wirkungen auf die Allgemeinheit, der durch das Verkehrsangebot Kosten und Nutzen entstehen
- Wirkungen auf die Umwelt, die durch die Folgen des Verkehrs beeinträchtigt wird

Ziel des Wirkungsmodells ist es, die Wirkungen eines Verkehrsangebotes auf die Verkehrsteilnehmer:innen zu ermitteln. Eine wichtige Kenngröße zur Beurteilung eines Verkehrsangebotes ist zum Beispiel die Reisezeit zwischen zwei Bezirken. Zur Ermittlung dieser Kenngrößen werden die Ortsveränderungen der Verkehrsteilnehmer:innen nachgebildet.

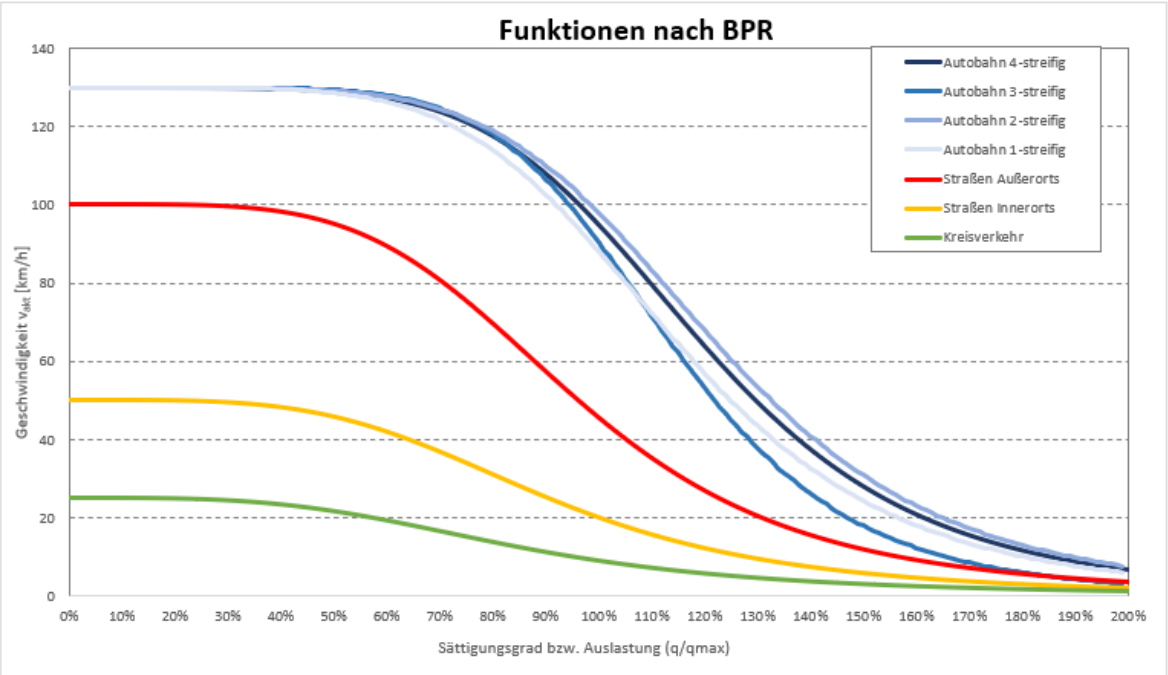
Die Nachbildung von Ortsveränderungen passiert mit Suchalgorithmen, die Routen bzw. Verbindungen zwischen einer Quelle und einem Ziel ermitteln. Als Suchalgorithmen werden sogenannte Bestweg-Verfahren eingesetzt, die den „besten“, d.h. den widerstandsgeringsten Weg bestimmen. Der Widerstand kann sich dabei aus Zeiten, Entfernungen oder Kosten zusammensetzen. Auf die gefundenen Routen werden die Fahrten einer Quelle-Ziel-Beziehung aufgeteilt. Diese Kombination von Wegsuche und Fahrtenaufteilung wird als Verkehrsumlage bezeichnet. Durch die Umlage werden Verkehrsstärken für Strecken ausgegeben. Durch eine Anpassung der hinterlegten Widerstände, ist es möglich, dass der zuvor berechnete Bestweg nicht mehr den geringsten Gesamt-Widerstand aufweist und eine Verkehrsverlagerung auf andere Routen erwirkt wird.

Weiters werden im motorisierten Individualverkehr die Reisezeiten von der Auslastung der Strecken bestimmt, die sich aus den Verkehrsstärken und der Kapazität der einzelnen Netzobjekte ergibt. Daher schwanken die Reisezeiten im Individualverkehr und lassen sich vor Fahrtantritt nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit prognostizieren. Bei freiem Verkehrsfluss ergibt sich z.B. die Fahrzeit t_0 für einen Streckenabschnitt aus der Länge des Streckenabschnittes und der zulässigen Geschwindigkeit v_0 . Im belasteten Netz ergibt sich die Streckenfahrzeit aus einer sogenannten Capacity-Restraint-Funktion (CR-Funktion). Diese Kapazitätsbeschränkungsfunktion beschreibt den Zusammenhang zwischen der aktuellen Verkehrsstärke q und der Kapazität (Leistungsfähigkeit) des Streckenabschnittes q_{\max} ¹³. Ergebnis der CR-Funktion ist die Fahrzeit im belasteten Netz t_{akt} ¹⁴. Da die Kapazität und Geschwindigkeit je nach Streckentyp unterschiedlich sind, sind mehrere CR-Funktionen im Netzmodell hinterlegt (siehe nachfolgende Abbildung). Es ist zum Beispiel gut zu erkennen, dass die 3-streifige Autobahn im Vergleich zur 2- und 4-streifigen Fahrbahn eine niedrigere fahrstreifenbezogene Kapazität hat, (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), 2015). Bei einer Auslastung von 200 % sind die Geschwindigkeiten auf den einzelnen Strecken annähernd null.

¹³ Maximale Verkehrsstärke

¹⁴ Fahrzeit im belasteten Netz

Abbildung 22: CR-Funktionen im Netzmodell



5.3 Planfälle

In diesem Bericht wird die Mautanpassung für drei verschiedene Planfälle untersucht. Diese setzen sich aus den in Kapitel 4 beschriebenen Einflussfaktoren und Widerstände zusammen. Je nach Untersuchung ergibt sich daraus ein eigenes Netzmodell mit den entsprechenden Restriktionen, Widerständen und Einflussfaktoren.

Abbildung 24: Verschiedene Planfälle



5.3.1 Ohne Dosiersystem AUT

Dieser Planfall spiegelt am ehesten den Bestandsfall wider. Am Großteil aller Tage im Jahr ist das Dosiersystem in Kufstein/Kiefersfelden nicht aktiv, die LKW-Fahrer:innen können ohne Kapazitätsbeschränkung die A 12 Inntal Autobahn und in weiterer Folge die A 13 Brenner Autobahn befahren. Umgelegt wird ein Werktagsmodell, das heißt es werden alle Tage von Montag bis Freitag (00:00 – 24:00 Uhr) berücksichtigt. Das Dosiersystem und Tropfenzählersystem in der Schweiz ist jeden Tag aktiv, daher werden auch im Netzmodell kapazitätsbeschränkende Maßnahmen getroffen.

5.3.2 Mit Dosiersystem AUT

Der einzige Unterschied zum ersten Planfall ist, dass das Dosiersystem in Kufstein/Kiefersfelden aktiv ist. Dieses ist lt. Tiroler Landesregierung für das Jahr 2023 insgesamt 41 Tage aktiv, dabei beginnt die Blockabfertigung circa um 05:00 Uhr und endet meist im Laufe des Vormittags, bei starkem Verkehrsaufkommen erst am Nachmittag. Die Kapazitätsbeschränkungen im Netz werden mit der Annahme getroffen, dass die Blockabfertigung durchschnittlich 7 h (05:00 – 12:00 Uhr) dauert.

Abbildung 25 Dosierkalender für das 1. Halbjahr 2023

1. Halbjahr 2023		
	Datum	Wochentag
1	09.01.2023	Montag
2	06.02.2023	Montag
3	13.02.2023	Montag
4	20.02.2023	Montag
5	27.02.2023	Montag
6	06.03.2023	Montag
7	13.03.2023	Montag
8	26.04.2023	Mittwoch
9	27.04.2023	Donnerstag
10	02.05.2023	Dienstag
11	15.05.2023	Montag
12	16.05.2023	Dienstag
13	17.05.2023	Mittwoch
14	19.05.2023	Freitag
15	26.05.2023	Freitag
16	27.05.2023	Samstag
17	30.05.2023	Dienstag
18	31.05.2023	Mittwoch
19	01.06.2023	Donnerstag
20	03.06.2023	Samstag
21	05.06.2023	Montag
22	06.06.2023	Dienstag
23	07.06.2023	Mittwoch
24	09.06.2023	Freitag

Quelle: (Land Tirol, 2023)

Abbildung 26 Dosierkalender für das 2. Halbjahr 2023

2. Halbjahr 2023		
	Datum	Wochentag
1	03.07.2023	Montag
2	10.07.2023	Montag
3	17.07.2023	Montag
4	24.07.2023	Montag
5	31.07.2023	Montag
6	29.09.2023	Freitag
7	05.10.2023	Donnerstag
8	27.10.2023	Freitag
9	02.11.2023	Donnerstag
10	15.11.2023	Mittwoch
11	16.11.2023	Donnerstag
12	22.11.2023	Mittwoch
13	23.11.2023	Donnerstag
14	29.11.2023	Mittwoch
15	30.11.2023	Donnerstag
16	11.12.2023	Montag
17	12.12.2023	Dienstag

Quelle: (Land Tirol, 2023)

5.3.3 Nacht

In der Nacht (22:00 – 05:00 Uhr) herrschen sowohl in Österreich als auch in der Schweiz andere Gegebenheiten als am Tag, weswegen dieser Planfall eigens betrachtet wird. Die wohl größte Auswirkung des Routenwahlverhaltens in Österreich hat die Nachtmaut am Brenner, diese ist für Schwerfahrzeuge mit vier oder mehr Achsen in der Nacht doppelt so hoch wie am Tag. Auf der A 12 Inntal Autobahn gilt zudem noch ein zeitlich beschränktes Fahrverbot für LKW mit einem höchst zulässigen Gesamtgewicht von mehr als 7,5 Tonnen. In der Schweiz hingegen gibt ein komplettes Nachtfahrverbot, hiervon ausgenommen sind lt. BAV (Bundesamt für Verkehr in der Schweiz) nur absolut notwendige Transporte bzw. zuvor beantragte Nachtfahrten, (Bundesamt für Straßen - ASTRA, 2023).

Die umzulegende Nachfragematrix für diesen Planfall beinhaltet die Zeiten 22:00 – 06:00 Uhr. Da die Zählraten im Netz ebenfalls diesen Zeitraum betrachten, wird vereinfacht diese Matrix umgelegt und nicht auf sieben Stunden heruntergebrochen.

5.4 Berechnungen

5.4.1 Mautdaten

Im Netzmodell sind die Mautdaten entsprechend den GO-Maut-Tarifen für alle relevanten Streckenabschnitte hinterlegt. Für die Berechnung der drei Planfälle werden mehrere Szenarien erstellt, bei denen der Mautsatz für die A 13 Brenner Autobahn (Tag- und Nachtsatz) durch verschiedene prozentuelle Steigerungen hochgerechnet wird. Die Steigerung und die daraus errechneten LKW-Mautsätze je Kilometer für das Referenzfahrzeug (Last- und Sattelzug mit einem höchstzulässigen Gesamtgewicht von 40 Tonnen) sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 16 LKW-Mautsätze für die A 13 Brenner Autobahn (Tag und Nacht) 2019 (€/km)

Steigerung	Tag	Nacht
Bestand	1,30	2,61
+5%	1,37	2,74
+10%	1,43	2,87
+15%	1,50	3,00
+20%	1,56	3,13
+25%	1,63	3,26
+30%	1,69	3,39
+35%	1,76	3,52
+40%	1,82	3,65
+45%	1,89	3,78
+50%	1,96	3,91
+60%	2,09	4,17
+70%	2,22	4,43
+80%	2,35	4,69
+90%	2,48	4,95
+100%	2,61	5,21
+150%	3,26	6,52
+200%	3,91	7,82

Steigerung	Tag	Nacht
+400%	6,52	13,03
+600%	9,12	18,25

Zusätzlich zu den Mautanpassungen auf der A 13 Brenner Autobahn wird ein weiteres Szenario betrachtet. Für die Relation München – Verona werden die Mautsätze auf den Streckenabschnitten (ausgenommen die Maut auf der A 13 Brenner Autobahn) so weit angehoben, sodass sich dieselben durchschnittlichen Mautkosten pro Fzkm¹⁵ wie in der Schweiz ergeben. Anders als bei den übrigen Szenarien wird die Mauterhöhung also nicht gebündelt auf die A 13 Brenner Autobahn übertragen, sondern es erfolgt stattdessen eine Mauterhöhung auf folgenden Streckenabschnitten:

- A 8 München – Inntal Dreieck (Deutschland)
- A 93 Inntal Dreieck – Staatsgrenze bei Kufstein (Deutschland)
- A 12 Staatsgrenze bei Kufstein – Innsbruck/Amras (Österreich)
- A 22 Staatsgrenze Brennerpass – Verona Nord (Italien)

Auf den obengenannten Abschnitten wird der Mauttarif einheitlich auf 89,41 ct/km¹⁶ angehoben.

Dieses Szenario ähnelt der Mauterhöhung auf der A 13 Brenner Autobahn um 600 %, da sich in etwa dieselben Gesamtkosten auf der Relation von München nach Verona ergeben. Die Differenzbelastungspläne für dieses Szenario sind für die jeweiligen Planfälle im Anhang dargestellt.

¹⁵ Fahrzeugkilometer

¹⁶ Für einen 40-Tonner ergeben sich in der Schweiz Mautkosten pro km von CHF 0,912. Das sind 92,7 ct./km (CHF 0,9839 =€ 1; Wechselkurs vom 28.04.2023 lt. oenb.at). Eine Anhebung auf 89,41 ct./km auf allen Streckenabschnitten des Brennerkorridors außer der A 13 führt dazu, dass sich dann über den gesamten Brennerkorridor durchschnittliche Mautkosten von ebenfalls ca. 92,7 ct./km ergeben.

5.5 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Verkehrsumlegung und einer möglichen Verlagerungswirkung durch die Mautanpassungen dargestellt. Zur besseren Übersicht wird in diesem Kapitel nur ein Teil der Ergebnisse für die definierten Querschnitte und Mauterhöhungen gezeigt. Die vollständigen Ergebnisse sind im Anhang 4 ersichtlich.

In den nachfolgenden Ergebnistabellen ist in der linken Spalte die Mautsteigerung in Prozent. Die einzelnen Querschnitte sind spaltenweise aufgereiht, wobei für jeden Querschnitt die Belastung im Bestand und die Belastungen mit der entsprechenden Mauterhöhung dargestellt sind. Weitere Tabellen zeigen auch jeweils die absoluten bzw. relativen Abweichungen zwischen Bestandsmaut und erhöhter Maut auf.

5.5.1 Planfall 1 – Ohne Dosiersystem

Wie die Untersuchung des Bestandes zeigt, fährt bei den derzeitigen Mautsätzen der Großteil aller LKW-Lenker:innen über den Brenner. Bei den Szenarien mit Mauterhöhung würde sich der Verkehr entsprechend auf jene Korridore verlagern, die einen geringeren Widerstand aufweisen. Tabelle 18, Tabelle 19 und Tabelle 20 zeigen für gewählte Querschnitte die Wirkung der Mautpassung auf der A 13. Tabelle 17 zeigt auf welchen Betrag die Mautkosten für die A 13 bei entsprechenden prozentuellen Erhöhungen steigen. Bei einer dortigen Erhöhung der Maut um etwa 80 % (auf € 80,95) würde sich eine Verkehrsreduktion um etwa 10 % am Brenner ergeben. Die LKW-Fahrten wechseln zum Großteil auf die A 10 Tauern Autobahn, aber auch in die Schweiz (San Bernardino und Gotthard) und auf den Reschenpass wird der Verkehr verlagert. Bei einer Mauterhöhung um 200 % (auf € 134,91) würde sich die Verkehrsleistung am Brenner um etwa die Hälfte verringern. Die Restriktionen in der Schweiz (Dosiersystem, Tropfenzählersystem) erhöhen jedoch den Widerstand, weshalb die LKW-Lenker:innen eine kostengünstigere Alternative finden müssen. Daher würde der LKW-Verkehr über den Tauern bei gleichem Szenario um bis zu 70 % zunehmen. Dies würde bei einer Mauterhöhung um 600 % (auf € 314,79) noch deutlicher werden. Die Verkehrsleistung in der Schweiz nimmt kaum zu, wohingegen für den Tauern immer höhere Verkehrsstärken zu erwarten sind.

Tabelle 17: Mautkosten auf der A 13 bei entsprechenden Mauterhöhungen bei Tag (relevant für die Planfall 1 und 2)

Erhöhung	Mautkosten
Bestand	€ 44,97
+20%	€ 53,96
+40%	€ 62,96
+60%	€ 71,95
+80%	€ 80,95
+100%	€ 89,94
+150%	€ 112,42
+200%	€ 134,91
+400%	€ 224,85
+600%	€ 314,79

Tabelle 18: Ergebnisse der Verkehrsumlegung, Planfall 1: Belastung bei Mauterhöhung [Kfz/24h]

Erhöhung	Tauern	Inntal	Brenner	San Bernardino	Gotthard	Fernpass	Reschen
0%	3.767	9.640	8.583	506	2.087	821	300
+20%	3.793	9.544	8.480	521	2.091	815	304
+40%	3.958	9.298	8.191	559	2.106	815	310
+60%	4.187	8.992	7.864	578	2.136	814	314
+80%	4.239	8.882	7.697	589	2.163	792	316
+100%	4.280	8.772	7.521	632	2.183	792	337
+150%	4.795	7.707	6.282	712	2.512	791	361
+200%	6.420	5.896	4.361	746	2.649	782	398
+400%	7.828	4.399	2.735	793	2.859	587	408
+600%	8.964	3.416	1.345	810	2.912	503	422

Tabelle 19: Ergebnisse der Verkehrsumlegung, Planfall 1: Relative Änderung der Belastung bei Mauterhöhung [Kfz/24h]

Erhöhung	Tauern	Inntal	Brenner	San Bernardino	Gotthard	Fernpass	Reschen
+20%	+0,7%	-1,0%	-1,2%	+3,0%	+0,2%	-0,7%	+1,3%
+40%	+5,1%	-3,5%	-4,6%	+10,5%	+0,9%	-0,7%	+3,2%
+60%	+11,2%	-6,7%	-8,4%	+14,3%	+2,4%	-0,9%	+4,5%
+80%	+12,5%	-7,9%	-10,3%	+16,5%	+3,6%	-3,5%	+5,3%
+100%	+13,6%	-9,0%	-12,4%	+25,0%	+4,6%	-3,5%	+12,3%
+150%	+27,3%	-20,0%	-26,8%	+40,8%	+20,4%	-3,7%	+20,4%
+200%	+70,4%	-38,8%	-49,2%	+47,5%	+26,9%	-4,8%	+32,5%
+400%	+107,8%	-54,4%	-68,1%	+56,8%	+37,0%	-28,6%	+36,0%
+600%	+138,0%	-64,6%	-84,3%	+60,1%	+39,5%	-38,8%	+40,7%

Tabelle 20: Ergebnisse der Verkehrsumlegung, Planfall 1: Absolute Änderung der Belastung bei Mauterhöhung [Kfz/24h]

Erhöhung	Tauern	Inntal	Brenner	San Bernardino	Gotthard	Fernpass	Reschen
+20%	+26	-96	-103	+15	+4	-6	+4
+40%	+191	-342	-392	+53	+19	-6	+10
+60%	+420	-648	-719	+72	+49	-7	+14
+80%	+472	-758	-886	+83	+76	-29	+16
+100%	+513	-868	-1.062	+126	+96	-29	+37
+150%	+1.028	-1.933	-2.301	+206	+425	-30	+61
+200%	+2.653	-3.744	-4.222	+240	+562	-39	+98
+400%	+4.061	-5.241	-5.848	+287	+772	-234	+108
+600%	+5.197	-6.224	-7.238	+304	+825	-318	+122

Tabelle 21: Ergebnisse der Verkehrsumlegung, Planfall 1: Belastung bei Mauterhöhung in DE, AT auf der A 12 und in IT

Belastung [Kfz/24 h]	Tauern	Inntal	Brenner	San Bernardino	Gotthard	Fernpass	Reschen
Bestand	3.767	9.640	8.583	506	2.087	821	300
Bei Erhöhung	6.537	3.732	3.174	805	3.112	677	394
Relative Änderung	+73,5%	-61,3%	-63,0%	+59,2%	+49,1%	-17,6%	+31,3%
Absolute Änderung	+2.770	-5.908	-5.409	+299	+1.025	-144	+94

Im direkten Vergleich der beiden Szenarien mit den höchsten Mautanpassungen (+600 % auf der A 13 bzw. Anpassung in DE, AT (A 12), IT derart, dass die durchschnittlichen Mautkosten pro Fzkm von München bis Verona in etwa Schweizer Niveau erreichen (siehe Tabelle 21)) fällt auf, dass sich das Routenwahlverhalten etwas unterscheidet. Aufgrund der erhöhten Kosten auf den jeweiligen Streckenabschnitten in DE, AT (A 12) und IT zwischen München und Verona würden sich die LKW-Fahrer:innen auf den weiter entfernten Ausgangspunkten der Fahrt bereits sehr früh entscheiden, eine kostengünstigere Alternativroute zu wählen. So ergibt es sich, dass in diesem Szenario sowohl auf der A 8 Innkreis Autobahn, als auch auf der A 9 Pyhrn Autobahn der Verkehr zunimmt. Auch die A 14 Rheintal Autobahn und in weiterer Folge die S 16 Arlberg Schnellstraße würden von einer Verkehrssteigerung betroffen sein. Dies steht in Verbindung mit dem unveränderten Mautsatz auf der A 13 Brenner Autobahn, weshalb dort der Verkehr auch weniger abnimmt, als bei dem Szenario mit der dortigen Mauterhöhung um 600 %. Zugleich fällt auf, dass die Verkehrszunahme auf der A 10 Tauern Autobahn sehr viel geringer ausfallen würde. Der Unterschied ergibt sich aus dem Verkehr, der am Brenner bleiben bzw. eine weiter entfernt liegende Alternativroute (Schweiz, A 9) wählen würde.

Im Anhang sind die Ergebnisse aller Querschnitte und Szenarien dargestellt. Während es im Szenario mit der Mauterhöhung auf der A 13 bei einer Mauterhöhung um 600 % zwar zu einer Verlagerung auf die B 108 Felbertauernstraße aber, aufgrund der Distanz zum Brennerkorridor und der Alternativrouten mit einem geringeren Widerstand, keinerlei Verlagerungen auf die A 9 Pyhrn Autobahn kommt, wird im Szenario mit den Mauterhöhungen auf den anderen Streckenabschnitten des Brennerkorridors Verkehr auch auf die A 9 verlagert. Weiters würde es in diesem Szenario zu einer Verlagerung auf die A 8 Innkreis Autobahn sowie zu einer Wegverlagerung von der A 1 West Autobahn kommen.

Um weitere Verkehrsverlagerungen zu ermitteln, wird das Verkehrsmodell in Gesamtheit, also auch außerhalb des definierten Untersuchungsraums, betrachtet. Ein Differenzbelastungsplan gibt Auskunft darüber, wie sich der Verkehr abseits der untersuchten Korridore verhält. Durch die Verkehrsabnahme am Brenner und den entsprechenden Restriktionen im Netz kommt es an folgendem Korridor zu Änderungen:

Die Routen über Frankreich (über die A 31 von Metz Richtung Süden weiter über die A 6 nach Lyon und schließlich über die A 43 bis zur italienischen Staatsgrenze bzw. auf der parallel verlaufenden Route über die A 39 und A 40), werden häufiger gewählt. Die Auswertung einer Verkehrsspinne zeigt, dass es sich dabei großteils um Verkehrsbeziehungen zwischen den Niederlanden/Luxemburg und Italien handelt. Bei einem Szenario, bei dem das Dosiersystem/Tropfenzählersystem in der Schweiz nicht aktiv wäre, würde ein Teil dieser Fahrzeuge die Route über den Gotthard wählen.

Weiters werden Belastungspläne für die jeweiligen Planfälle erstellt, diese sind neben den Ergebnistabellen im Anhang ersichtlich.

5.5.2 Planfall 2 – Mit Dosiersystem

Beim zweiten Planfall verhalten sich die Verkehrsverlagerungen ähnlich wie zuvor, auch hier würde der Großteil des Verkehrs entweder auf den Tauern oder in die Schweiz wechseln. Im Vergleich zum ersten Planfall ist der Verkehr im Bestandsjahr am Brenner durch das aktive Dosiersystem in Kufstein/Kiefersfelden etwas geringer. Diese Wirkung lässt jedoch nach, je höher die Maut am Brenner und die dadurch entstehende Verkehrsreduktion auf der A 12 Inntal Autobahn ist. Bei einer Verkehrsreduktion von über 30 % auf der A 12 Inntal Autobahn würde die Kapazitätsgrenze von 300 LKW/h nie erreicht werden und die LKW-Lenker:innen könnten diese Strecke ohne Wartezeiten befahren. Ab einer bestimmten prozentualen Mauterhöhung am Brenner hätte das Dosiersystem mit der geltenden Kapazitätsgrenze nur noch kaum Einfluss auf das generelle Verkehrsaufkommen. Die Streckenbelastungen der einzelnen Querschnitte bei der Mauterhöhung auf verschiedenen Streckenabschnitten wären beinahe dieselben wie bei Planfall 1.

Tabelle 22: Ergebnisse der Verkehrsumlegung, Planfall 2: Belastung bei Mauterhöhung [Kfz/24h]

Erhöhung	Tauern	Inntal	Brenner	San Bernardino	Gotthard	Fernpass	Reschen
0%	3.840	9.412	8.474	518	2.088	823	286
+20%	3.952	9.289	8.265	540	2.111	816	292
+40%	4.063	9.093	8.023	570	2.140	816	308
+60%	4.194	8.892	7.799	587	2.152	816	314
+80%	4.250	8.781	7.628	602	2.167	794	315
+100%	4.290	8.586	7.369	648	2.249	794	337
+150%	4.836	7.627	6.216	714	2.534	791	362
+200%	6.421	5.900	4.366	741	2.649	781	397
+400%	7.827	4.398	2.736	793	2.859	586	396
+600%	8.966	3.416	1.346	811	2.912	503	423

Tabelle 23: Ergebnisse der Verkehrsumlegung, Planfall 2: Relative Änderung der Belastung bei Mauterhöhung [Kfz/24h]

Erhöhung	Tauern	Inntal	Brenner	San Bernardino	Gotthard	Fernpass	Reschen
+20%	+2,9%	-1,3%	-2,5%	+4,2%	+1,1%	-0,8%	+1,9%
+40%	+5,8%	-3,4%	-5,3%	+10,1%	+2,5%	-0,9%	+7,7%
+60%	+9,2%	-5,5%	-8,0%	+13,2%	+3,1%	-0,9%	+9,7%
+80%	+10,7%	-6,7%	-10,0%	+16,2%	+3,8%	-3,5%	+10,1%
+100%	+11,7%	-8,8%	-13,0%	+25,1%	+7,7%	-3,5%	+17,8%
+150%	+25,9%	-19,0%	-26,6%	+37,7%	+21,4%	-3,9%	+26,3%
+200%	+67,2%	-37,3%	-48,5%	+43,0%	+26,9%	-5,0%	+38,5%
+400%	+103,8%	-53,3%	-67,7%	+53,0%	+36,9%	-28,7%	+38,2%
+600%	+133,5%	-63,7%	-84,1%	+56,4%	+39,5%	-38,9%	+47,5%

Tabelle 24: Ergebnisse der Verkehrsumlegung, Planfall 2: Absolute Änderung der Belastung mit Mauterhöhung [Kfz/24h]

Erhöhung	Tauern	Inntal	Brenner	San Bernardino	Gotthard	Fernpass	Reschen
+20%	+112	-123	-209	+22	+23	-7	+6
+40%	+223	-319	-451	+52	+52	-7	+22
+60%	+354	-520	-675	+69	+64	-7	+28
+80%	+410	-631	-846	+84	+79	-29	+29
+100%	+450	-826	-1.105	+130	+161	-29	+51
+150%	+996	-1.785	-2.258	+196	+446	-32	+76
+200%	+2.581	-3.512	-4.108	+223	+561	-42	+111
+400%	+3.987	-5.014	-5.738	+275	+771	-237	+110
+600%	+5.126	-5.996	-7.128	+293	+824	-320	+137

Tabelle 25: Ergebnisse der Verkehrsumlegung, Planfall 2: Belastung bei Mauterhöhung in DE, AT auf der A 12 und in IT

Belastung [Kfz/24 h]	Tauern	Inntal	Brenner	San Bernardino	Gotthard	Fernpass	Reschen
Bestand	3.840	9.412	8.474	518	2.088	823	286
Bei Erhöhung	6.537	3.732	3.174	805	3.112	677	394
Relative Änderung	+70,2%	-60,3%	-62,5%	+55,4%	+49,0%	-17,8%	+37,6%
Absolute Änderung	+2.697	-5.680	-5.300	+287	+1.024	-146	+108

Die Ergebnistabellen und Belastungspläne sind im Anhang ersichtlich.

5.5.3 Planfall 3 - Nacht

Durch den kürzeren Betrachtungszeitraum (22:00 – 06:00 Uhr) im Planfall 3 fällt die Verkehrsstärke auf den jeweiligen Querschnitten viel geringer aus als in den beiden Planfällen (00:00 - 24:00 Uhr) davor. Es ist weiters davon auszugehen, dass sich eine potenzielle Mauterhöhung am Brenner in diesem Planfall mehr auf den Verkehr auswirkt als im Werktagsmodell, da nicht nur die Maut am Brenner doppelt so hoch ist wie am Tag (siehe Tabelle 26), sondern auch aufgrund des Mangels an Alternativrouten durch das herrschende Nachtfahrverbot in der Schweiz. Eine Verlagerung würde hauptsächlich auf den Tauern stattfinden. Der übrige Verkehr würde sich auf den Reschenpass und auf die Routen weiter westlich über Frankreich aufteilen. Bei einer Mauterhöhung um 600 % auf der A 13 gäbe es am Brenner eine Verkehrsreduktion um fast 90 %. Das Szenario mit der Mautanpassung abseits der A 13 Brenner Autobahn verhält sich auch beim Nachtplanfall ähnlich zu den vergangenen zwei Planfällen.

Tabelle 26: Mautkosten auf der A 13 bei entsprechenden Mauterhöhungen bei Nacht bei Planfall 3

Erhöhung	Mautkosten
Bestand	€ 89,94
+20%	€ 107,93
+40%	€ 125,92
+60%	€ 143,90
+80%	€ 161,89
+100%	€ 179,88
+150%	€ 224,85
+200%	€ 269,82
+400%	€ 449,70
+600%	€ 629,58

Tabelle 27: Ergebnisse der Verkehrsumlegung, Planfall 3: Belastung bei Mauterhöhung [Kfz/24h]

Erhöhung	Tauern	Inntal	Brenner	San Bernardino	Gotthard	Fernpass	Reschen
0%	515	1.150	993	4	12	100	58
+20%	554	1.091	927	5	12	100	63
+40%	839	788	618	5	12	99	65
+60%	850	764	587	6	12	95	66
+80%	871	749	570	7	12	83	67
+100%	961	656	470	7	12	82	69
+150%	1.089	531	327	8	12	72	73
+200%	1.118	502	288	8	12	72	77
+400%	1.267	419	115	9	12	59	80
+600%	1.269	418	112	9	12	59	80

Tabelle 28: Ergebnisse der Verkehrsumlegung, Planfall 3: Relative Änderung der Belastung bei Mauterhöhung [Kfz/24h]

Erhöhung	Tauern	Inntal	Brenner	San Bernardino	Gotthard	Fernpass	Reschen
+20%	+7,6%	-5,1%	-6,7%	+25,0%	+0,0%	-0,0%	+8,6%
+40%	+62,9%	-31,5%	-37,7%	+25,0%	+0,0%	-1,0%	+12,1%
+60%	+65,1%	-33,6%	-40,9%	+50,0%	+0,0%	-5,0%	+13,8%
+80%	+69,2%	-34,9%	-42,6%	+75,0%	+0,0%	-17,0%	+16,5%
+100%	+86,6%	-43,0%	-52,7%	+75,0%	+0,0%	-18,0%	+18,7%
+150%	+111,5%	-53,8%	-67,1%	+100,0%	-0,0%	-28,0%	+26,1%
+200%	+117,0%	-56,3%	-71,0%	+100,0%	+0,0%	-28,0%	+32,2%
+400%	+146,1%	-63,6%	-88,4%	+125,0%	+0,0%	-41,0%	+38,9%
+600%	+146,6%	-63,6%	-88,7%	+125,0%	+0,0%	-41,0%	+38,9%

Tabelle 29: Ergebnisse der Verkehrsumlegung, Planfall 3: Absolute Änderung der Belastung bei Mauterhöhung [Kfz/24h]

Erhöhung	Tauern	Inntal	Brenner	San Bernardino	Gotthard	Fernpass	Reschen
+20%	+39	-59	-66	+1	+0	+0	+5
+40%	+324	-362	-375	+1	+0	-1	+7
+60%	+335	-386	-406	+2	+0	-5	+8
+80%	+356	-401	-423	+3	+0	-17	+9
+100%	+446	-494	-523	+3	+0	-18	+11
+150%	+574	-619	-666	+4	+0	-28	+15
+200%	+603	-648	-705	+4	+0	-28	+19
+400%	+752	-731	-878	+5	+0	-41	+22
+600%	+754	-732	-881	+5	+0	-41	+22

Tabelle 30: Ergebnisse der Verkehrsumlegung, Planfall 3: Belastung bei Mauterhöhung in DE, AT auf der A 12 und in IT

Belastung [Kfz/24 h]	Tauern	Inntal	Brenner	San Bernardino	Gotthard	Fernpass	Reschen
Bestand	515	1.150	993	4	12	100	58
Bei Erhöhung	947	434	330	7	12	78	72
Relative Änderung	+83,8%	-62,3%	-66,8%	+55,3%	+0,0%	-21,4%	+23,7%
Absolute Änderung	+432	-716	-663	+3	+0	-22	+14

5.5.4 Jahresleistung

Aus den betrachteten Planfällen kann die Jahresleistung berechnet werden. Da die ersten beiden Planfälle einen ganzen Werktag und somit auch die Nacht abbilden, fließt der dritte Planfall bei dieser Hochrechnung nicht mit ein. Die Jahresleistung wird anhand von zwei verschiedenen Szenarien hochgerechnet.

- Ohne Dosiersystem Kufstein/Kiefersfelden: Es werden nur jene Tage hochgerechnet, bei denen kein Dosiersystem in Tirol aktiv ist (entspricht Planfall 1).
- Mit Dosiersystem Kufstein/Kiefersfelden: Es werden alle Tage hochgerechnet, unabhängig davon, ob das Dosiersystem in Tirol aktiv oder inaktiv ist (entspricht Planfall 1 + 2).

Bei den bisherigen Modellberechnungen wurde nur der DTV_{Mo-Fr} berechnet. Für die Hochrechnung auf die Jahresleistung müssen alle Tage, also auch die Wochenenden, betrachtet werden. Da in Österreich an Sonn- und Feiertagen ein LKW-Fahrverbot herrscht, sind nur die Samstage relevant. Anhand der Zählstellen im Straßennetz (getrennt nach DTV_w und $JDTV^{17}$) kann der Samstagsverkehr berechnet und im Anschluss die Hochrechnung auf das Jahr durchgeführt werden.

5.5.4.1 Ohne Dosiersystem Kufstein/Kiefersfelden

Im Bestandsfall (Jahr 2018) passieren über 2,3 Mio. LKW pro Jahr den Brenner. Es ist zu beachten, dass es sich bei den in diesem Bericht betrachteten LKW um ein Referenzfahrzeug mit einem höchst zulässigen Gewicht von 40 Tonnen handelt, weshalb die diese 2,3 Mio. nicht mit den gesamten LKW-Durchfahrten an der A 13 Brenner Autobahn im Jahr 2018 übereinstimmen. Dasselbe gilt für alle analysierten Querschnitte. Beispielsweise könnten bei einer Mauterhöhung um 60 % auf der A 13 Brenner Autobahn im Jahr bis zu 200.000 LKW-Fahrten über den Brenner vermieden werden (siehe Tabelle 31, Tabelle 32, und Tabelle 33). Mehr als die Hälfte dieser Fahrten verlagert sich auf den Tauern, die übrigen wechseln auf die Alternativrouten über die Schweiz bzw. teilen sich aufgrund der durchgängigen Kapazitätsbeschränkungen in der Schweiz auf andere Korridore weiter westlich und östlich des Betrachtungsgebietes auf. Dies ist besonders auffällig bei den höchst angenommenen Mautsätzen. Trotz einer Erhöhung der Maut am Brenner um 400 % bzw. 600 % würde die Verkehrsleistung in der

¹⁷ Jährlicher durchschnittlicher täglicher Verkehr

Schweiz am Gotthard Tunnel und am San Bernardino im Vergleich zur A 10 Tauern Autobahn nur geringfügig zunehmen.

Tabelle 31: Planfälle hochgerechnet auf die Jahresleistung, ohne Dosiersystem: Belastung bei Mauterhöhung [Kfz/Jahr]

Erhöhung	Tauern	Inntal	Brenner	San Bernardino	Gotthard	Fernpass	Reschen
0%	1.009.519	2.595.569	2.361.899	133.683	551.388	220.449	79.459
+20%	1.016.539	2.569.751	2.333.633	137.673	552.421	218.748	80.502
+40%	1.060.644	2.503.640	2.254.103	147.663	556.511	218.741	82.009
+60%	1.122.223	2.421.122	2.164.000	152.800	564.346	218.582	83.065
+80%	1.136.193	2.391.374	2.118.175	155.683	571.389	212.652	83.675
+100%	1.147.106	2.361.837	2.069.739	167.164	576.815	212.659	89.251
+150%	1.284.954	2.075.202	1.728.573	188.224	663.742	212.313	95.694
+200%	1.720.519	1.587.451	1.200.050	197.150	699.793	209.860	105.277
+400%	2.097.923	1.184.316	752.663	209.610	755.307	157.466	108.042
+600%	2.402.360	919.836	370.207	214.080	769.375	134.972	111.808

Tabelle 32: Planfälle hochgerechnet auf die Jahresleistung, ohne Dosiersystem: Relative Änderung der Belastung bei Mauterhöhung [Kfz/Jahr]

Erhöhung	Tauern	Inntal	Brenner	San Bernardino	Gotthard	Fernpass	Reschen
+20%	+0,7%	-1,0%	-1,2%	+3,0%	+0,2%	-0,8%	+1,3%
+40%	+5,1%	-3,5%	-4,6%	+10,5%	+0,9%	-0,8%	+3,2%
+60%	+11,2%	-6,7%	-8,4%	+14,3%	+2,4%	-0,8%	+4,5%
+80%	+12,5%	-7,9%	-10,3%	+16,5%	+3,6%	-3,5%	+5,3%
+100%	+13,6%	-9,0%	-12,4%	+25,0%	+4,6%	-3,5%	+12,3%
+150%	+27,3%	-20,0%	-26,8%	+40,8%	+20,4%	-3,7%	+20,4%
+200%	+70,4%	-38,8%	-49,2%	+47,5%	+26,9%	-4,8%	+32,5%
+400%	+107,8%	-54,4%	-68,1%	+56,8%	+37,0%	-28,6%	+36,0%
+600%	+138,0%	-64,6%	-84,3%	+60,1%	+39,5%	-38,8%	+40,7%

Tabelle 33: Planfälle hochgerechnet auf die Jahresleistung, ohne Dosiersystem: Absolute Änderung der Belastung bei Mauterhöhung [Kfz/Jahr]

Erhöhung	Tauern	Inntal	Brenner	San Bernardino	Gotthard	Fernpass	Reschen
+20%	+7.019	-25.818	-28.266	+3.990	+1.033	-1.702	+1.043
+40%	+51.125	-91.929	-107.796	+13.980	+5.123	-1.709	+2.551
+60%	+112.704	-174.448	-197.899	+19.118	+12.958	-1.867	+3.606
+80%	+126.674	-204.195	-243.724	+22.000	+20.000	-7.797	+4.217
+100%	+137.586	-233.732	-292.160	+33.481	+25.427	-7.791	+9.793
+150%	+275.435	-520.367	-633.326	+54.542	+112.354	-8.136	+16.235
+200%	+710.999	-1.008.119	-1.161.849	+63.468	+148.405	-10.589	+25.818
+400%	+1.088.404	-1.411.253	-1.609.236	+75.928	+203.919	-62.983	+28.584
+600%	+1.392.841	-1.675.733	-1.991.692	+80.397	+217.987	-85.477	+32.349

Tabelle 34: Planfälle hochgerechnet auf die Jahresleistung, ohne Dosiersystem: Belastung bei Mauterhöhung in DE, AT auf der A 12 und in IT

Belastung [Kfz/Jahr]	Tauern	Inntal	Brenner	San Bernardino	Gotthard	Fernpass	Reschen
Bestand	1.009.519	2.595.569	2.361.899	133.683	551.388	220.449	79.459
Bei Erhöhung	1.752.006	1.004.959	873.394	212.865	822.043	181.644	104.338
Relative Änderung	+73,5%	-61,3%	-63,0%	+59,2%	+49,1%	-17,6%	+31,3%
Absolute Änderung	+742.486	-1.590.610	-1.488.505	+79.182	+270.655	-38.806	+24.879

5.5.4.2 Mit Dosiersystem Kufstein/Kiefersfelden

Im Vergleich dazu zeigen Tabelle 35, Tabelle 36, Tabelle 37 und Tabelle 38 die Ergebnisse, wenn das Dosiersystem in Kufstein/Kiefersfelden unverändert bleibt. Wie schon in den Ergebnissen im Planfall 2 zeigt sich, dass sich die Ergebnisse der Verkehrsverlagerung annähern, desto mehr die Maut am Brenner erhöht wird. Bei 200 % Mauterhöhung auf der A 13 ist die Verkehrsleistung auf das Jahr gesehen fast dieselbe.

Tabelle 35: Planfälle hochgerechnet auf die Jahresleistung, mit Dosiersystem: Belastung bei Mauterhöhung [Kfz/Jahr]

Erhöhung	Tauern	Inntal	Brenner	San Bernardino	Gotthard	Fernpass	Reschen
0%	1.012.374	2.586.686	2.357.652	134.171	551.411	220.508	78.925
+20%	1.022.756	2.559.818	2.325.248	138.415	553.214	218.786	80.025
+40%	1.064.759	2.495.633	2.247.541	148.122	557.813	218.777	81.960
+60%	1.122.478	2.417.222	2.161.454	153.146	564.949	218.634	83.083
+80%	1.136.612	2.387.446	2.115.462	156.205	571.539	212.711	83.654
+100%	1.147.506	2.354.587	2.063.774	167.786	579.374	212.735	89.240
+150%	1.286.564	2.072.072	1.726.009	188.290	664.571	212.300	95.703
+200%	1.720.566	1.587.622	1.200.230	196.961	699.797	209.841	105.246
+400%	2.097.867	1.184.303	752.704	209.610	755.291	157.454	107.569
+600%	2.402.432	919.835	370.252	214.108	769.381	134.972	111.819

Tabelle 36: Planfälle hochgerechnet auf die Jahresleistung, mit Dosiersystem: Relative Änderung der Belastung bei Mauterhöhung [Kfz/Jahr]

Erhöhung	Tauern	Inntal	Brenner	San Bernardino	Gotthard	Fernpass	Reschen
+20%	+1,0%	-1,0%	-1,4%	+3,2%	+0,3%	-0,8%	+1,4%
+40%	+5,2%	-3,5%	-4,7%	+10,4%	+1,2%	-0,8%	+3,8%
+60%	+10,9%	-6,6%	-8,3%	+14,1%	+2,5%	-0,8%	+5,3%
+80%	+12,3%	-7,7%	-10,3%	+16,4%	+3,7%	-3,5%	+6,0%
+100%	+13,3%	-9,0%	-12,5%	+25,1%	+5,1%	-3,5%	+13,1%
+150%	+27,1%	-19,9%	-26,8%	+40,3%	+20,5%	-3,7%	+21,3%
+200%	+70,0%	-38,6%	-49,1%	+46,8%	+26,9%	-4,8%	+33,3%
+400%	+107,2%	-54,2%	-68,1%	+56,2%	+37,0%	-28,6%	+36,3%
+600%	+137,3%	-64,4%	-84,3%	+59,6%	+39,5%	-38,8%	+41,7%

Tabelle 37: Planfälle hochgerechnet auf die Jahresleistung, mit Dosiersystem: Absolute Änderung der Belastung bei Mauterhöhung [Kfz/Jahr]

Erhöhung	Tauern	Tauern	Brenner	San Bernardino	Gotthard	Fernpass	Reschen
+20%	+10.381	-26.869	-32.405	+4.244	+1.802	-1.723	+1.100
+40%	+52.385	-91.054	-110.111	+13.951	+6.402	-1.732	+3.035
+60%	+110.103	-169.464	-196.198	+18.975	+13.538	-1.874	+4.158
+80%	+124.237	-199.240	-242.190	+22.034	+20.128	-7.797	+4.729
+100%	+135.131	-232.099	-293.878	+33.615	+27.962	-7.773	+10.315
+150%	+274.190	-514.615	-631.643	+54.119	+113.159	-8.208	+16.778
+200%	+708.192	-999.064	-1.157.422	+62.790	+148.386	-10.667	+26.321
+400%	+1.085.493	-1.402.383	-1.604.948	+75.439	+203.879	-63.054	+28.644
+600%	+1.390.057	-1.666.851	-1.987.400	+79.937	+217.969	-85.536	+32.894

Tabelle 38: Planfälle hochgerechnet auf die Jahresleistung, mit Dosiersystem: Belastung bei Mauterhöhung in DE, AT auf der A 12 und in IT

Belastung [Kfz/Jahr]	Tauern	Inntal	Brenner	San Bernardino	Gotthard	Fernpass	Reschen
Bestand	1.012.374	2.586.686	2.357.652	134.171	551.411	220.508	78.925
Bei Erhöhung	1.752.006	1.004.959	873.394	212.865	822.043	181.644	104.338
Relative Änderung	+73,1%	-61,1%	-63,0%	+58,7%	+49,1%	-17,6%	+32,2%
Absolute Änderung	+739.631	-1.581.727	-1.484.258	+78.694	+270.631	-38.865	+25.413

Die vollständigen Tabellen mit allen Querschnitten und Mautsätzen sind im Anhang ersichtlich.

6 Verkehrsverlagerung auf andere Verkehrsträger

Die Verlagerung des Gütertransports von der Straße auf andere Verkehrsträger, im Speziellen auf die Schiene, ist seit langer Zeit weltweit bereits ein wichtiges, wirtschaftliches Thema und erlangt durch die Klimakrise eine immer größere Bedeutung für die Umwelt. Die Schiene bietet eine umweltfreundliche Alternative zum Straßentransport und kann dazu beitragen, den Verkehr auf den Straßen zu reduzieren, die CO₂-Emissionen und Schallemissionen zu senken und die Luftqualität zu verbessern. Darüber hinaus kann die Verlagerung auf die Schiene dazu beitragen, Engpässe im Straßenverkehr zu reduzieren und die Effizienz des Transports zu verbessern. Daher ist es wichtig, Maßnahmen zu ergreifen, um den Gütertransport auf die Schiene zu verlagern und dessen Infrastruktur weiter auszubauen.

In diesem Kapitel wird außerdem ein direkter Kostenvergleich für Straße und Schiene auf verschiedenen Relationen dargestellt und daraus resultierend eine quantitative Abschätzung einer Verlagerungswirkung von der Straße auf die Schiene abgeleitet.

6.1 Bedeutung der Verkehrsverlagerung

Jedes Jahr wird eine größere Anzahl an Gütern transportiert und obwohl dem Schienengüterverkehr immer mehr Bedeutung zukommt, war der Anteil am Transportaufkommen für den alpenquerenden Schienengüterverkehr (Österreich, Schweiz und Frankreich) in den vergangenen Jahren eher rückläufig. Innerhalb von 10 Jahren (2009 – 2019) hat der alpenquerende Straßengüterverkehr um etwa 50 % zugenommen, im Vergleich dazu der Schienengüterverkehr nur 7 %.

Tabelle 39: Transportaufkommen am österreichischen alpenquerenden Güterverkehr

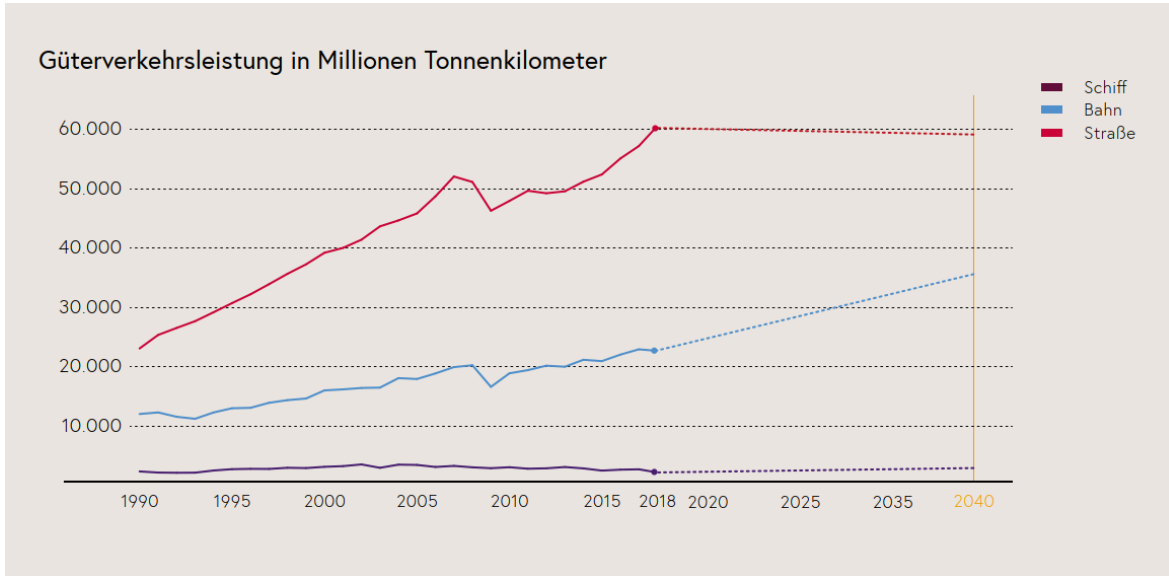
Jahr	Straße		Schiene	
	Mio. Tonnen	Anteil Modal Split	Mio. Tonnen	Anteil Modal Split
2009	27,0	67%	13,1	33%
2010	28,7	67%	14,4	33%
2011	29,3	67%	14,2	33%
2012	30,6	73%	11,4	27%
2013	30,3	71%	12,1	29%
2014	31,7	72%	12,5	28%
2015	32,6	71%	13,3	29%
2016	35,1	71%	14,3	29%
2017	37,3	72%	14,8	28%
2018	39,8	74%	14,0	26%
2019	40,8	75%	13,8	25%

Quelle: (Bundesamt für Verkehr (Schweiz), 2021); eigene Darstellung

Auf kurzen bzw. mittleren Strecken ist der Transport auf der Schiene in der Regel nicht konkurrenzfähig, im Vergleich würden im Langstreckenverkehr Maßnahmen zu einer Verlagerung von der Straße auf die Schiene beitragen.

Derzeit liegt Österreich mit dem Landgütertransport EU-weit auf Platz drei, der Anteil der Bahn an der gesamten Güterverkehrsleistung beträgt dabei über 30 %. Um die Klimaziele auf internationaler und EU-Ebene zu erreichen, muss dieser Wert auf mindestens 40 % erhöht werden. Da es sich jedoch bei 80 % der Transportleistungen im Schienengüterverkehr in Österreich um grenzüberschreitende Verkehre handelt, kann dieses Ziel nur durch eine Effizienzsteigerung im internationalen Schienengüterverkehr erreicht werden. Mit dem Ziel der Klimaneutralität 2040 setzt der Mobilitätsmasterplan 2030 auf den nachhaltigen Verkehr und versucht mit Maßnahmen für eine Verkehrsvermeidung, Verkehrsverlagerung und Effizienzverbesserung genau diese Ziele zu erreichen. Die nachfolgende Abbildung zeigt, wie sich der Gütertransport in Österreich entwickeln sollte, um die Klimaziele zu erreichen, ((Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), 2021), (Verkehrsclub Österreich (VCÖ), 2020)).

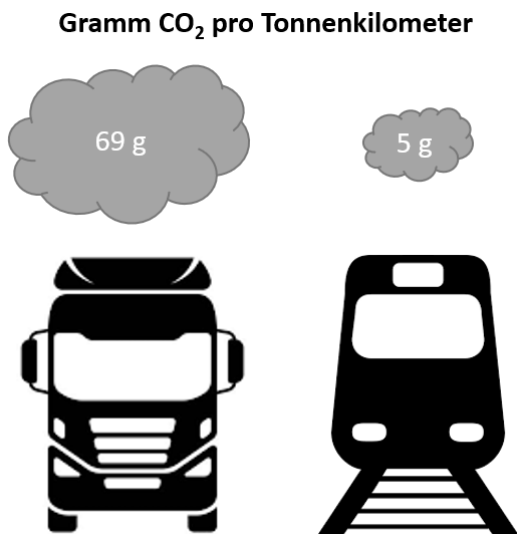
Abbildung 27: Güterverkehrsleistung in Millionen Tonnenkilometer



Quelle: (Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), 2021)

Auch in Bezug auf die Umwelt sollte der Verkehrsverlagerung von der Straße auf die Schiene erhöhte Bedeutung zukommen. Innerhalb der letzten Jahre haben sich die Treibhausgas-Emissionen des Straßengüterverkehrs mehr als verdoppelt, (Umweltbundesamt, 2023). Im Jahr 2019 wurde sogar ein höherer Anteil am CO₂-Ausstoß im Straßengüterverkehr als im Gebäudesektor gemessen. Eine Verlagerung würde eine immense CO₂ Reduktion bewirken. Nicht nur, weil im Straßengüterverkehr in etwa 14-mal so viel CO₂ ausgestoßen wird wie mit der Bahn, sondern auch weil ein Güterzug durchschnittlich 40 LKW in Bezug auf die Kapazität ersetzen kann. Um das in Zahlen zu fassen, würden bei einer Verlagerung von 10 Milliarden Tonnenkilometern von der Straße auf die Schiene etwa 640.000 Tonnen CO₂ bzw. 290 Millionen Euro an externen Kosten gespart werden, (Verkehrsclub Österreich (VCÖ), 2020).

Abbildung 28: Vergleich CO₂-Ausstoß LKW Sattelzug vs. Bahn



Quelle: (Verkehrsclub Österreich (VCÖ), 2020); eigene Darstellung

Um einen aktuellen Stand im Bereich Transport der beiden Verkehrsträger (besonders hinsichtlich Verkehrsverlagerung) zu erhalten, werden im Vorfeld Gespräche mit diversen Transport- und Logistikunternehmen (sowohl Straße als auch Schiene) geführt, ((Wenzel Logistics, 2023), (FRIKUS Transportlogistik GmbH, 2023), (TU Graz, 2023), (Logistikzentrum Prien GmbH, 2023)). Die Erkenntnisse hieraus sind in den folgenden Kapiteln zusammengefasst.

6.2 Widerstände und Herausforderungen der Verlagerung

Bei der Verlagerung des Gütertransports von der Straße auf die Schiene gibt es zahlreiche Herausforderungen zu bewältigen. Eine erfolgreiche Verlagerung auf die Schiene kann langfristig dazu beitragen, eine nachhaltige und effiziente Transportlösung zu schaffen, die sowohl ökologisch als auch wirtschaftlich sinnvoll ist.

6.2.1 Flexibilität

Das Thema Flexibilität im Zusammenhang mit dem Transportwesen bezieht sich auf die Fähigkeit, schnell und effizient auf Änderungen in der Nachfrage, den Bedingungen und den Anforderungen zu reagieren.

Der Straßentransport ist flexibler als der Schienentransport, da die Lieferungen direkt an die Kund:innen geliefert werden und die Routen bei Bedarf geändert werden können, um

Verspätungen zu vermeiden oder um schneller ans Ziel zu gelangen. Im Vergleich dazu hat der Schienentransport aufgrund fester Fahrpläne mehr Abhängigkeiten und lässt sich dadurch nicht individuell gestalten.

6.2.2 Geschwindigkeit

Die Geschwindigkeit des Transports kann für die Lieferzeit, die Effizienz und die Kosten des Transportunternehmens entscheidend sein und hat im Gütertransport einen dementsprechend hohen Stellenwert.

Im Allgemeinen ist der Straßentransport schneller als der Schienentransport, da LKW direkt von Tür zu Tür liefern, also die sogenannte „Erste“ und „Letzte Meile“ mit bedienen. Dieser Geschwindigkeitsvorteil macht sich vor allem bei kürzeren Strecken oder bei Lieferungen in ländliche Gebiete mit einer schwierigeren Erreichbarkeit, bemerkbar.

Darüber hinaus bietet der Straßentransport auch die Möglichkeit, die Reiseroute je nach Bedarf zu ändern, um Verkehrsbehinderungen oder Staus zu vermeiden. Dies bedeutet, dass LKW-Lenker:innen in der Lage sind, alternative Routen zu wählen, um eine schnellere und effizientere Lieferung zu gewährleisten, während Züge oft an feste Fahrpläne gebunden sind (siehe auch Flexibilität).

Als Beispiel für die Geschwindigkeit und Flexibilität wird eine Abfrage für einen Schienengütertransport von München nach Verona über ein logistisches Dienstleistungsunternehmen durchgeführt. Obwohl die Route zwei Wochen im Voraus abgefragt wurde, beträgt die Fahrzeit durch den sehr großen Umweg über Hannover mehr als drei Tage, (Kombiverkehr, 2023).

Abbildung 29: Verbindungsabfrage für eine Route von München nach Verona

PLZ / Terminal	Datum	km / Zeit	Verkehrsträger
München-Riem Ubf Hannover Lehrte MegaHub	Di,18.04.23 Mi,19.04.23	AS 18:50 BS 04:30	
Hannover Lehrte MegaHub Verona Interterminal	Fr,21.04.23 Sa,22.04.23	LS 00:20 AB 06:00	

Quelle: (Kombiverkehr, 2023)

6.2.3 Mangelnde Kapazität

Mangelnde Kapazität ist ein großes Problem im Schienengüterverkehr, das auf verschiedene Faktoren zurückzuführen ist. Hier sind einige Gründe, warum es zu Engpässen in der Kapazität im Schienengüterverkehr kommen kann:

- Begrenzte Infrastruktur
- Übersteigerte Nachfrage
- Eingeschränkter Zugang
- Veraltete Technologie

6.2.4 Kosten

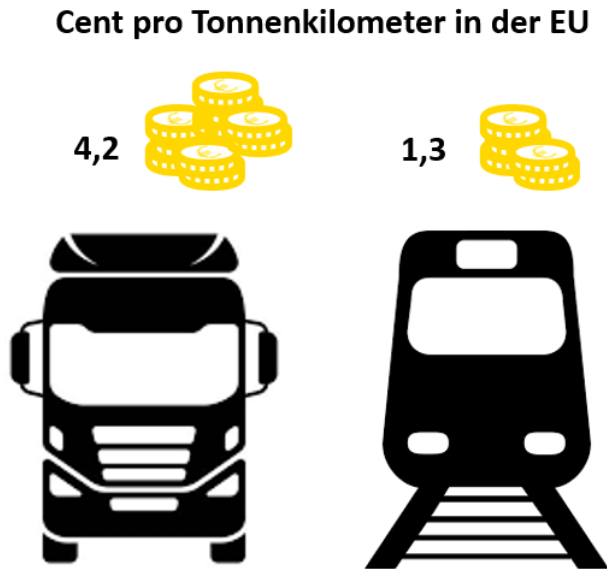
Eine pauschale Kostenvorhersage für den Straßen- und Schienengütertransport kann nicht getroffen werden, da diese von diversen Faktoren (Entfernung, Gewicht und Volumen, Art der Güter, Kosten für die Infrastruktur und für den Betrieb etc.) abhängig ist.

Der Gütertransport teilt sich in verschiedene Kostenkategorien, bei denen die Straße und die Schiene in direkter Konkurrenz stehen:

- Transportkosten
- Personalkosten
- Infrastrukturkosten
- Verwaltungskosten
- Regulatorische Kosten

Im direkten Vergleich der externen Kosten (Unfälle, vor- und nachgelagerte Prozesse, Klima, Natur und Landschaft, Luftschadstoffe, Lärm) verursacht die Schiene signifikant geringere Kosten als die Straße, diese sind um etwa drei Mal geringer als im Straßengüterverkehr.

Abbildung 30: Kostenvergleich Straße und Schiene



Quelle: (Verkehrsclub Österreich (VCÖ), 2020); eigene Darstellung

6.3 Maßnahmen zur Förderung

Die Förderung der Verlagerung des Gütertransports von der Straße auf die Schiene ist ein wichtiger Schwerpunkt der Verkehrspolitik in Österreich, unter anderem auch um die Klimaziele mit verschiedenen Maßnahmen zu erreichen.

6.3.1 Infrastruktur

Eine wichtige Voraussetzung für einen effizienten Gütertransport auf der Schiene ist eine ausreichende Investition in die Infrastruktur. Dazu gehört der Ausbau von Schienenstrecken und Bahnhöfen sowie die Modernisierung von Signal- und Sicherheitssystemen.

Da durch die Lage das Land Österreich die Schnittstelle für Europas Nord-Süd-Verkehre bildet und zahlreiche Verkehre auf diese Verbindungen angewiesen sind, sollte dem Infrastrukturausbau große Bedeutung zukommen. Eine dieser Achsen ist zum Beispiel die Pyhrn-Achse, die im Vergleich zu anderen Alpenquerungen für schwere Güterzüge ein sehr gutes Höhenprofil aufweist, jedoch bereits im Bestand stark durch den Personenverkehr ausgelastet ist. Durch das jährliche Wachstum am Transportaufkommen erschweren diese Engpässe in der Kapazität die Verlagerung auf die Schiene, (Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik, IML, 2015).

6.3.2 Anreize für Unternehmen

Um die Verlagerung auf die Schiene zu fördern, können finanzielle Anreize geschaffen werden, wie beispielsweise die Förderung von Schienenverkehrsunternehmen oder die Erleichterung des Zugangs zu Schieneninfrastrukturen.

6.3.3 Zusammenarbeit zwischen Verkehrsträgern

Durch eine enge Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Verkehrsträgern können Verlagerungen auf die Schiene effektiver umgesetzt werden. Ein Beispiel hierfür ist die Kombination von Schienen- und Straßenverkehr, bei der Güter zuerst auf der Schiene transportiert und dann auf der Straße zum Ziel gebracht werden.

6.3.4 Bürokratische Hindernisse

Um die Verlagerung auf die Schiene zu erleichtern, müssen bürokratische Hindernisse reduziert werden. Dies kann beispielsweise durch die Vereinfachung von Genehmigungsverfahren oder die Schaffung von transparenteren Regelungen und Standards geschehen.

6.3.5 Staatliche Förderung

Im Mobilitätsmasterplan 2030 sind auf Grundlage des Regierungsprogramms 2020-2024 Eckpunkte für den Güterverkehr definiert. Die Gestaltung des Güterverkehrs in Österreich ergibt sich aus den drei Säulen: Vermeiden, Verlagern, Verbessern

Um den gesetzten Klimazielen mit einer Güterverkehrsverlagerung auf die Schiene näher zu kommen, gibt es vom BMK diverse Fördermöglichkeiten, (Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), 2021). Gemäß § 15 Abs 9 Abfallwirtschaftsgesetz 2002 müssen seit 1. Jänner 2023 die Abfalltransporte mit einem Gesamtgewicht von mehr als zehn Tonnen mit der Bahn oder Verkehrsmitteln mit einem gleichwertigem/geringerem Schadstoff- oder Treibhausgaspotential durchgeführt werden, sofern die Länge der Strecke mehr als 300 km beträgt. Dies soll zur Förderung der Verkehrsverlagerung von Transporten von der Straße auf die Schiene beitragen.

Um die Verlagerungswirkung auf den Verkehrsträger Schiene grob abschätzen zu können, werden die Kosten für einen Straßen- und Schienengütertransport verglichen. Dazu werden im Vorfeld über diverse Anbieter:innen Richtpreise für verschiedene Relationen (möglichst über den Brennerkorridor) eingeholt, ((PTV Group, 2023), (Kombiverkehr, 2023), (Rail Cargo Group Austria, 2023), (Cargoboard, 2023), (FreightFinders, 2023)).

Bei den Richtpreisen handelt es sich um einen 40“-Container mit einem Gewicht ab 16,5 Tonnen. Die abgefragten Preise bei der Bahn beinhalten nur den Transport zwischen den jeweiligen Güterterminals, die Kosten für den Umschlag (doppelt) und für die erste und letzte Meile wurden im Nachgang ergänzt. Da sich durch die Anfrage bei mehreren Anbieter:innen eine Preisspanne ergeben hat, sind diese dargestellten Kosten nur als ungefähre Richtwert zu sehen.

In der Tabelle 40 ist der Kostenvergleich der beiden Verkehrsträger Straße und Schiene dargestellt. Dabei handelt es sich um fixe Endpreise. Förderungen bzw. Zusatzkosten, wie in etwa Güterumschläge oder die erste und letzte Meile, sind bereits darin enthalten. Es ist deutlich erkennbar, dass die Schiene einen sehr großen Kostenvorteil auf längeren Strecken hat. Bei einer Strecke von etwa 450 km sind die Kosten annähernd gleich, die Straße hat im Vergleich zur Schiene den großen Vorteil der Flexibilität und der Zeit – wie bereits im Kapitel 6.2.2 erwähnt, würde ein Transport von München nach Verona mit der Schiene bei fast identen Kosten um drei Tage länger dauern. Die Vorteile in Bezug auf Flexibilität und Zeit bleiben im Straßengüterverkehr zwar auch bei längeren Strecken erhalten, der Kostenvorteil von kurzen Strecken geht jedoch verloren. Bereits bei einer Strecke von etwa 1.000 km ist ein Gütertransport auf der Straße doppelt so teuer wie auf der Schiene.

Tabelle 40: Kostenvergleich für den Straßen- und Schienengütertransport

Route	Straße	Schiene
München - Verona	€ 700	€ 700
Ludwigshafen - Verona	€ 1200	€ 825
Düsseldorf - Verona	€ 1650	€ 830
Düsseldorf - Mailand	€ 1550	€ 840

Dieser Vergleich zeigt auf, dass der Schienengütertransport besonders auf kurzen Strecken aufgrund der aufgezeigten Widerstände meist nicht konkurrenzfähig ist. Auf langen Strecken hingegen sollte der Preisvorteil der Schiene zu einer Verlagerung beitragen. Da laut (Eurostat, 2023) der Anteil des Schienengütertransports europaweit trotz des Preisunterschieds immer noch sehr niedrig ist, würde eine Kostensteigerung im Straßengüterverkehr (z.B. Mauterhöhung am Brenner) alleine nur in begrenztem Ausmaß zu einer Verlagerung auf die Schiene beitragen. Besonders die Verfügbarkeit und Fahrzeit stellen bei zeitkritischen Transporten ein wesentliches Kriterium für die Wahl des Transportmittels dar. Eine relevante Verlagerungswirkung kann daher nur erzielt werden, wenn alle Widerstände gesenkt und Maßnahmen zur Förderung im Schienentransport umgesetzt werden.

Der Brennerkorridor ist Teil des ScanMed (Skandinavien - Mittelmeer Korridors) und gehört zu einem der bedeutendsten Güterverkehrskorridore in Europa. Überträgt man die Erkenntnisse vom vorherigen Absatz auf diese Strecke, könnte eine Verlagerung zum Beispiel durch einen gezielten Ausbau der Infrastruktur entlang dieser Achse erwirkt werden. Einschränkungen wie Neigung und Radius der bestehenden Eisenbahnstrecke drosseln die Leistungsfähigkeit (Geschwindigkeit, Maximallast). Ein Ausbau der bestehenden Infrastruktur (Inbetriebnahme des BBT (BrennerBasisTunnel) und der Zulaufstrecken bis 2040) führt zu einer deutlichen Verbesserung der technischen Parameter. Die Ergebnisse einer Güterverkehrsstudie der Brenner Corridor Platform zeigen eine klare Verlagerung des Güterverkehrs anderer Routen auf den Brennerkorridor nach Fertigstellung des BBT und der Zulaufstrecken. Aber nicht nur die Verlagerung anderer Routen ist zu erwarten, sondern auch das Straßenverkehrsvolumen wird durch den Ausbau und der damit einhergehenden Leistungserhöhung der Bahn verringert. Eine Beseitigung der Engpässe und Erhöhung der Leistung bzw. Kapazität auf der Schiene ist neben konkurrenzfähigen Kosten gegenüber der Straße für eine Verlagerung unabdingbar, (Brenner Corridor Platform, 2021).

Aufbauend auf dieser Datengrundlage wurde im Zuge dieses Berichts für eine grobe Abschätzung ein Logit-Modell (Regressionsanalyse) entwickelt, mit der die Wahrscheinlichkeit einer Verlagerungswirkung von der Straße auf die Schiene, bei Veränderung der Kosten auf der Straße, geschätzt werden kann. Aufgrund der fehlenden Streuung der Datengrundlage, werden in dieser Funktion nur die Kosten berücksichtigt. Weitere Daten waren für den Aufbau dieses Modells nicht vorhanden. Es ist also davon auszugehen, dass sich die Verlagerungswirkung in der Realität nur bedingt so verhält, wie im Modell dargestellt, da neben den Kosten auch diverse andere Faktoren bei der Verkehrsmittelwahl einen Einfluss haben. Weiters handelt es sich dabei um ein rein mathematisches Modell und berücksichtigt weder wirtschaftliche Interessen des Unternehmens noch das individuelle Wahlverhalten von Einzelnen.

Bei der Schätzung der Wahlalternativen werden nur die Straße und die Schiene berücksichtigt, die Verkehrsträger Flugzeug und Schiff sind für diese Untersuchung vernachlässigbar. Der Modal Split¹⁸ gesehen auf die Transportleistung in Mio. Tonnenkilometer wird entsprechend auf die beiden relevanten Verkehrsträger aufgeteilt, ((Wirtschaftskammer Österreich, 2022), (Eurostat, 2023)) und ergibt sich zu:

- Straße: 69,6 %
- Schiene: 31,4 %

Auf diese Werte (Ausgangsbasis, Jahr 2021) wird das Logit-Modell kalibriert. Das bedeutet, die Variablen zur Berechnung der Nutzenfunktion werden entsprechend angepasst, so dass sich bei Eingabe der oben beschriebenen Kosten das Wahlverhalten entsprechend des Modal Splits auf Straße und Schiene aufteilt.

Weiters wird das Modell durch die Berechnung von Elastizitäten validiert. Mit Hilfe von Elastizitäten wird die Sensitivität eines Modells, also wie hoch sich Veränderungen (z.B. Kostensteigerungen) auf die Nachfrage auswirken, überprüft. Für die Berechnung werden Elastizitätsgrenzen aus der Literatur herangezogen, woraus sich Grenzwerte von etwa minus 0,2 bis minus 0,8 für eine Erhöhung der Kosten um 10 % ergeben, ((Puwein, 2009), (KCW GmbH, 2018), (De Jong, Schroten, Van Essen, Otten, & Bucci, 2011), (De Jong, Significance, & ITS Leeds, Determining price elasticities of rail transport for market-can-bear tests, 2018)).

Die Elastizitäten lassen sich mit folgender Formel berechnen:

Formel 1 Elastizitäten

$$E_p = \frac{D_p - D_b}{D_b} \cdot 10\%$$

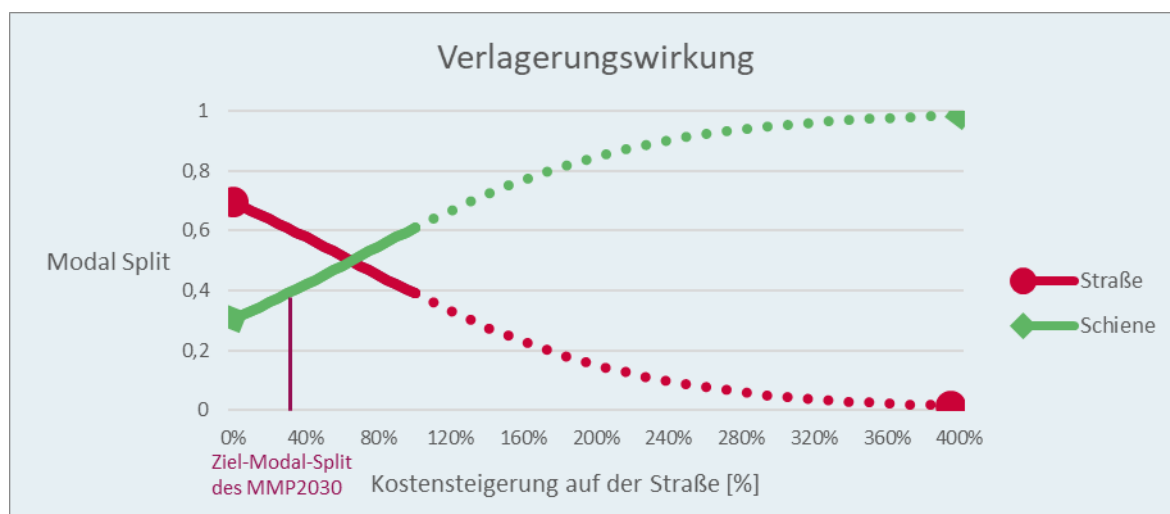
Hierbei ist **E_p** die Elastizität im Falle der Erhöhung **p**, **D_b** die Nachfrage im Basisfall und **D_p** die Nachfrage im Fall der Erhöhung **p**.

¹⁸ Modal Split: Verteilung des Transportaufkommens auf verschiedene Verkehrsträger

Nach der Berechnung wird ersichtlich, dass die Elastizitäten in der oben beschriebenen Bandbreite liegen und das Modell demnach korrekt sensitiv reagiert.

Nach der Validierung des Modells konnten die Verlagerungseffekte bei einer hypothetischen Kostensteigerung auf der Straße analysiert werden. In der nachfolgenden Abbildung sind die Kurven für Straße und Schiene dargestellt. Im Bestand (Kostensteigerung von 0 %) stellen die Kurven den aktuellen Modal Split dar. Umso weiter die Kosten für den Transport auf der Straße erhöht werden, desto eher wird die Schiene als Verkehrsträger gewählt. Bei einer Kostensteigerung von etwa 65 %, stellt sich ein Verhältnis von 50:50 ein. Das Modal-Split-Ziel des Mobilitätsmasterplan 2030 (Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), 2021) in der Höhe von 40 % wird bei einer Kostensteigerung von etwa 35 % erreicht.

Abbildung 31: Verlagerungswirkung von der Schiene auf die Straße



Es ist zu beachten, dass für dieses Modell ausschließlich ein Faktor (Kosten) aus einer sehr geringen Stichprobe verwendet wurde und dementsprechende Unsicherheiten aufweist. Wie in den vergangenen Kapiteln ersichtlich ist, hängt das Wahlverhalten von sehr vielen Faktoren ab, die bei dieser vereinfachten Darstellung aufgrund der fehlenden Datengrundlage nicht verwendet wurden.

7 Zusammenfassung

Zahlreiche Artikel und verkehrspolitische Diskussionen in den vergangenen Monaten und Jahren bestätigen, dass der Brennerkorridor eine der bedeutendsten alpenquerenden Routen für den Straßengüterverkehr ist und sogar an Verkehrsleistung jährlich zunimmt, (Wirtschaftskammer Österreich, 2022). Diese Zunahme an transportierten Tonnen beeinflusst nicht nur den Verkehrsfluss nachteilig, sondern hat ebenso negative externe Effekte (Luftschadstoffemissionen, CO₂-Ausstoß, Lärm, Stau, Unfälle, etc.), die in der betriebswirtschaftlichen Kalkulation eines Gütertransportes nicht oder zu wenig berücksichtigt werden.

Für Speditionsunternehmen hängt die gewählte Route für einen Gütertransport von einer Quelle zum Ziel von mehreren Entscheidungsparametern ab. Ein Screening der bestehenden Softwareprodukte diverser Anbieter:innen zeigt, dass die wichtigsten Entscheidungsparameter (Fahrzeugprofil, Gewicht, Achslast, Restriktionen wie Umweltzonen oder andere Fahrverbote, Grenzwarzeiten, Berücksichtigung von Staus, Mautdaten, etc.) bereits in den Datengrundlagen hinterlegt sind und zur Wahl der optimalen Route beitragen.

Neben den bereits genannten Entscheidungsparametern setzt sich das Routenwahlverhalten zudem aus diversen Widerständen und Einflussfaktoren zusammen. Diese führen oft dazu, dass Umwege in Kauf genommen werden, um die betriebswirtschaftlich günstigste Route zu befahren. Durch die gegebenen Rahmenbedingungen ist diese für den Nord-Südquerenden Alpengüterverkehr sehr oft der Brennerkorridor. Bezogen auf die Fahrzeit (24 %) und auf die Streckenlänge (31 %) haben die Umwegfahrten einen beträchtlichen Anteil an den Gesamtfahrten über den Brenner. Es ist aber auch davon auszugehen, dass manche dieser Fahrten Teil einer Transportkette sind und daher aufgrund von entsprechenden Zwischenzielen die Route über den Brennerkorridor wählen.

Nichtsdestotrotz wäre es wichtig, den Anteil an Umwegfahrten und damit v.a. auch die externen Kosten mit entsprechenden Maßnahmen zu senken. Diese möglichen Maßnahmen sind direkt verknüpft mit den Einflussfaktoren bzw. Entscheidungskriterien in der Routenwahl.

In diesem Bericht wird untersucht, welche Verlagerungswirkung auf andere Alpenkorridore eine hypothetische Mautanpassung im Brennerkorridor hätte. Durch die strengen Kapazitätsbeschränkungen in der Schweiz (u.a. Dosiersystem und Tropfenzählersystem) und die Fahrverbote auf niederrangigen Alpenquerungen in Österreich (Reschenpass, Fernpass) wird nur ein moderater Anteil des Brennerverkehrs auf diese Korridore verlagert. Bei einer

hypothetischen Mauterhöhung allein auf der A 13 Brenner Autobahn derart, dass im gesamten Brennerkorridor im Durchschnitt das Mautniveau in der Schweiz erreicht werden würde, würden etwa 15 % des vom Brenner wegverlagerten Verkehrs auf die Schweizer Korridore wechseln. Mehrheitlich würde sich der Verkehr jedoch Richtung Osten auf die A 10 Tauern Autobahn verlagern. Auch diverse Routen westlich der Schweiz über Frankreich würden für die langen Verbindungen (Luxemburg/Niederlande – Italien) häufiger gewählt. Hingegen hätte eine hypothetische Mauterhöhung im übrigen Brennerkorridor (insbesondere in Deutschland und Italien) derart, dass ebenfalls das Schweizer Mautniveau erreicht würde, eine stärkere (Rück-)verlagerungswirkung in die Schweiz zur Folge. Hierbei würde ca. ein Viertel des vom Brenner wegverlagerten Verkehrs auf die Schweizer Korridore wechseln.

Die Ergebnisse der Modellberechnungen zeigen jedenfalls, dass bei etwaigen Mautanpassungen die Auswirkungen auf andere Verkehrskorridore stets zu beachten sind. Betrachtungen über etwaige (simultane) Mautanpassungen auch auf anderen Alpenquerungen eignen sich daher - auch vor dem Hintergrund der hier dargelegten Ergebnisse - für weiterführende Arbeiten zu diesem Thema, waren jedoch nicht Gegenstand dieser Untersuchung.

In Bezug auf Klima und Umwelt ist ebenso eine Verlagerung von der Straße auf die Schiene erstrebenswert. Obwohl die Kosten, besonders hinsichtlich der langen Strecken im alpenquerenden Güterverkehr, im Schienentransport geringer sind, nutzt der Großteil der Speditionsunternehmen die Straße für den Transport. Das ist ein Indiz dafür, dass die Kosten nur eine der vielen Entscheidungskriterien im Routenwahlverhalten darstellen. Eine Mauterhöhung im Brennerkorridor und die daraus resultierende Kostensteigerung auf der Straße kann daher zwar zur Verlagerung auf die Schiene beitragen, jedoch keine alleinige Lösung für eine wirksame Verlagerung auf die Schiene darstellen. Durch gezielten Infrastrukturausbau und Förderungen zur Benützung der Schiene als Verkehrsträger würde der Straßengüterverkehr über den Brenner nicht zwingend auf andere Alpenkorridore verlagert werden, sondern hat ebenso die Möglichkeit, auf eine umweltfreundlichere Alternative zu wechseln.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Grenzwerte für die jeweiligen Kriterien	22
Tabelle 2: Zusammenfassung der streckenbasierten Kosten	27
Tabelle 3: Zusammengefasste Fehlerquellen nach der Berechnung	28
Tabelle 4: Anzahl bzw. Anteile der Umwegfahrten, Kriterium Fahrzeit (n=5.532).....	29
Tabelle 5: Anzahl bzw. Anteile der Umwegfahrten, Kriterium Streckenlänge (n=5.532)....	31
Tabelle 6: Anzahl bzw. Anteile der Umwegfahrten, Kriterium Kosten (n=5.532).....	33
Tabelle 7: Mauttarife 2023 am Basisnetz (Tarife in EUR pro Kilometer, exkl. 20 % USt., inkl. der Tarife für Luftverschmutzung und Lärmbelastung für Kfz über 3,5t hzG).....	45
Tabelle 8: Mauttarife 2023 für die A 13 Brenner Autobahn von Innsbruck-Amras bis Staatsgrenze Brenner (35 km, Tarife in EUR, exkl. 20 % USt.)	45
Tabelle 9: Mauttarife 2023 für die A 13 Brenner Autobahn von Innsbruck-Wilten bis Staatsgrenze Brenner (34 km, Tarife in EUR, exkl. 20 % USt.)	46
Tabelle 10: Grenzwerte Lärmemissionen gemäß § 8b Kraftfahrzeuggesetz-Durchführungsverordnung	48
Tabelle 11: Zusammenfassung der Fahrverbote für LKW auf der A 12 Inntal Autobahn....	51
Tabelle 12: Übersicht Mauttarife Schweiz 2023	52
Tabelle 13: LKW-Maut in Deutschland 2023.....	56
Tabelle 14: Übersicht Fahrverbote für LKW (>7,5 t)	58
Tabelle 15: Übersicht durchschnittliche Mautkosten pro Fahrzeugkilometer im Jahr 2019.....	58
Tabelle 16 LKW-Mautsätze für die A 13 Brenner Autobahn (Tag und Nacht) 2019 (€/km)	70
Tabelle 17: Mautkosten auf der A 13 bei entsprechenden Mauterhöhungen bei Tag (relevant für die Planfall 1 und 2).....	73
Tabelle 18: Ergebnisse der Verkehrsumlegung, Planfall 1: Belastung bei Mauterhöhung [Kfz/24h].....	73
Tabelle 19: Ergebnisse der Verkehrsumlegung, Planfall 1: Relative Änderung der Belastung bei Mauterhöhung [Kfz/24h].....	74
Tabelle 20: Ergebnisse der Verkehrsumlegung, Planfall 1: Absolute Änderung der Belastung bei Mauterhöhung [Kfz/24h].....	74
Tabelle 21: Ergebnisse der Verkehrsumlegung, Planfall 1: Belastung bei Mauterhöhung in DE, AT auf der A 12 und in IT.....	75
Tabelle 22: Ergebnisse der Verkehrsumlegung, Planfall 2: Belastung bei Mauterhöhung [Kfz/24h].....	77
Tabelle 23: Ergebnisse der Verkehrsumlegung, Planfall 2: Relative Änderung der Belastung bei Mauterhöhung [Kfz/24h].....	77

Tabelle 24: Ergebnisse der Verkehrsumlegung, Planfall 2: Absolute Änderung der Belastung mit Mauterhöhung [Kfz/24h]	78
Tabelle 25: Ergebnisse der Verkehrsumlegung, Planfall 2: Belastung bei Mauterhöhung in DE, AT auf der A 12 und in IT	78
Tabelle 26: Mautkosten auf der A 13 bei entsprechenden Mauterhöhungen bei Nacht bei Planfall 3	79
Tabelle 27: Ergebnisse der Verkehrsumlegung, Planfall 3: Belastung bei Mauterhöhung [Kfz/24h]	80
Tabelle 28: Ergebnisse der Verkehrsumlegung, Planfall 3: Relative Änderung der Belastung bei Mauterhöhung [Kfz/24h]	80
Tabelle 29: Ergebnisse der Verkehrsumlegung, Planfall 3: Absolute Änderung der Belastung bei Mauterhöhung [Kfz/24h]	81
Tabelle 30: Ergebnisse der Verkehrsumlegung, Planfall 3: Belastung bei Mauterhöhung in DE, AT auf der A 12 und in IT	81
Tabelle 31: Planfälle hochgerechnet auf die Jahresleistung, ohne Dosiersystem: Belastung bei Mauterhöhung [Kfz/Jahr]	83
Tabelle 32: Planfälle hochgerechnet auf die Jahresleistung, ohne Dosiersystem: Relative Änderung der Belastung bei Mauterhöhung [Kfz/Jahr]	84
Tabelle 33: Planfälle hochgerechnet auf die Jahresleistung, ohne Dosiersystem: Absolute Änderung der Belastung bei Mauterhöhung [Kfz/Jahr]	84
Tabelle 34: Planfälle hochgerechnet auf die Jahresleistung, ohne Dosiersystem: Belastung bei Mauterhöhung in DE, AT auf der A 12 und in IT	85
Tabelle 35: Planfälle hochgerechnet auf die Jahresleistung, mit Dosiersystem: Belastung bei Mauterhöhung [Kfz/Jahr]	85
Tabelle 36: Planfälle hochgerechnet auf die Jahresleistung, mit Dosiersystem: Relative Änderung der Belastung bei Mauterhöhung [Kfz/Jahr]	86
Tabelle 37: Planfälle hochgerechnet auf die Jahresleistung, mit Dosiersystem: Absolute Änderung der Belastung bei Mauterhöhung [Kfz/Jahr]	87
Tabelle 38: Planfälle hochgerechnet auf die Jahresleistung, mit Dosiersystem: Belastung bei Mauterhöhung in DE, AT auf der A 12 und in IT	87
Tabelle 39: Transportaufkommen am österreichischen alpenquerenden Güterverkehr ...	89
Tabelle 40: Kostenvergleich für den Straßen- und Schienengütertransport	96
Tabelle 41: Beispiele für den Fehlercode A	119
Tabelle 42: Beispiel für den Fehlercode B	120
Tabelle 43: Beispiel für den Fehlercode C	121
Tabelle 44: Beispiel für den Fehlercode D	121
Tabelle 45: Beispiele für den Fehlercode E	122
Tabelle 46: Anzahl bzw. Anteil der Umwegfahrten für unterschiedliche Grenzwerte, Kriterium Fahrzeit (n=5.532)	123

Tabelle 47: Anzahl bzw. Anteil der Umwegfahrten für unterschiedliche Grenzwerte, Kriterium Streckenlänge (n=5.532)	124
Tabelle 48: Anzahl bzw. Anteil der Umwegfahrten für unterschiedliche Grenzwerte, Kriterium Kosten (n=5.532)	126

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Untersuchungsraum mit den bedeutendsten Alpenquerungen	10
Abbildung 2: Überblick über die untersuchten Softwareprodukte	13
Abbildung 3: Bestweg vs. gewählter Weg.....	21
Abbildung 4: Transportkosten aufgeteilt auf die jeweiligen Kostenarten.....	26
Abbildung 5: Anzahl der Umwegfahrten, die zusätzliche Fahrzeiten verursachen	30
Abbildung 6: Anteile der zusätzlichen Fahrzeit an der gesamten Fahrzeit.....	30
Abbildung 7: Anzahl der Umwegfahrten, die zusätzliche Streckenlängen verursachen	31
Abbildung 8: Anteile der zusätzlichen Streckenlänge an der gesamten Streckenlänge	32
Abbildung 9: Anzahl der Umwegfahrten, die zusätzliche Kosten verursachen	33
Abbildung 10: Korrelationsanalyse, Kriterium Fahrzeit	34
Abbildung 11: Korrelationsanalyse, Kriterium Streckenlänge	35
Abbildung 12: Korrelationsanalyse, Kriterium Mautkosten.....	35
Abbildung 13: Korrelationsanalyse, Kriterium Gesamtkosten.....	36
Abbildung 14: Autobahnnetzwerk von Antwerpen	41
Abbildung 15: Anzahl der LKW-Durchfahrten im alpenquerenden Straßengüterverkehr nach Übergang in den Jahren 2018 bis 2020	43
Abbildung 16: Dosiersystem Kufstein-Nord	47
Abbildung 17: IG-L Nachtfahrverbote	51
Abbildung 18: Schwerverkehrskontrollzentren Schweiz	54
Abbildung 19: Grenzwarezeiten im alpenquerenden Straßengüterverkehr.....	55
Abbildung 20: Gewichtung Einflussfaktoren & Entscheidungskriterien für die Routenwahl nach Einschätzung der Expert:innen	60
Abbildung 21: Netzmodell Teilausschnitt Österreich.....	63
Abbildung 22: CR-Funktionen im Netzmodell.....	65
Abbildung 23: Betrachtete Querschnitte in der Modellberechnung.....	66
Abbildung 24: Verschiedene Planfälle.....	67
Abbildung 25 Dosierkalender für das 1. Halbjahr 2023	68
Abbildung 26 Dosierkalender für das 2. Halbjahr 2023	69
Abbildung 27: Güterverkehrsleistung in Millionen Tonnenkilometer	90
Abbildung 28: Vergleich CO ₂ -Ausstoß LKW Sattelzug vs. Bahn	91
Abbildung 29: Verbindungsabfrage für eine Route von München nach Verona.....	92
Abbildung 30: Kostenvergleich Straße und Schiene	94
Abbildung 31: Verlagerungswirkung von der Schiene auf die Straße.....	99
Abbildung 32: Routenimport in die Software	114
Abbildung 33: Routenimport mit den hinterlegten Grenzübergängen in die Software....	115

Abbildung 34: Fehlerquellen bei der Georeferenzierung	116
Abbildung 35: Route von Monaco nach Mailand.....	117
Abbildung 36: Erfolgreicher Routenimport in die Software	118
Abbildung 37: Vergleich Bestweg mit gewählter Route, Fehlercode B	120
Abbildung 38: Beispiel für die Ergebnistabellen	128
Abbildung 39: Vollständige Ergebnisse der Verkehrsumlegung, Planfall 1	129
Abbildung 40: Mautanpassung am Brennerkorridor, Planfall 1: Streckenbelastung [LKW/24h].....	130
Abbildung 41: Mautanpassung am Brennerkorridor, Planfall 1: Verkehrsverlagerung bei Mauterhöhung auf der A 13 um 200 % [LKW/24h]	131
Abbildung 42: Mautanpassung am Brennerkorridor, Planfall 1: Verkehrsverlagerung bei Mauterhöhung in DE, AT (A 12) und IT [LKW/24h]	132
Abbildung 43: Vollständige Ergebnisse der Verkehrsumlegung, Planfall 2	133
Abbildung 44: Mautanpassung am Brennerkorridor, Planfall 2: Streckenbelastung [LKW/24h].....	134
Abbildung 45: Mautanpassung am Brennerkorridor, Planfall 2: Verkehrsverlagerung bei Mauterhöhung auf der A 13 um 200 % [LKW/24h]	135
Abbildung 46: Mautanpassung am Brennerkorridor, Planfall 2: Verkehrsverlagerung bei Mauterhöhung in DE, AT (A 12) und IT [LKW/24h]	136
Abbildung 47: Vollständige Ergebnisse der Verkehrsumlegung, Planfall 3	137
Abbildung 48: Mautanpassung am Brennerkorridor, Planfall 3: Streckenbelastung [LKW/24h].....	138
Abbildung 49: Mautanpassung am Brennerkorridor, Planfall 3: Verkehrsverlagerung bei Mauterhöhung auf der A 13 um 200 % [LKW/24h]	139
Abbildung 50: Mautanpassung am Brennerkorridor, Planfall 3: Verkehrsverlagerung bei Mauterhöhung in DE, AT (A 12) und IT [LKW/24h]	140
Abbildung 51: Planfälle hochgerechnet auf die Jahresleistung, ohne Dosiersystem	141
Abbildung 52: Planfälle hochgerechnet auf die Jahresleistung, mit Dosiersystem	142

Literaturverzeichnis

ASFiNAG, 2023. [Online]: <https://www.asfinag.at/maut-vignette/go-maut/>

Avenegy Suisse, 2023. Dieselpreis im Monats- und Jahresmittel. [Online]: <https://www.avenegy.ch/de/preise-statistiken/preise/diesel-monatsmittel-und-jahresmittel> [Zugriff am 10 Mai 2023]

Beschomer, B. & Nagl, P., 2006. Zeitkostensätze: Bewertung von Reisezeiteinsparungen, Grundlagen für die Aktualisierung der RVS 2.22. Wien: s.n.

Bolis, S. & Maggi, R., 1999. Modelling the transport and logistics choice of a shipper. Research Programme 41 Transport and Environment.

Brenner Corridor Platform, 2021. Güterverkehrsstudie, s.l.: s.n.

Brennerautobahn AG, 2020. Jahresabschluss und Bericht, Trento: s.n.

Brennerautobahn AG, 2023. Die Berechnung der Autobahngebühren. [Online]: <https://www.autobrennero.it/de/auf-der-reise/mautgebuehr/mautgebuehr-brennerautobahn/> [Zugriff am 9 Mai 2023].

Brennerautobahn AG, 2023. DIVIETI DI CIRCOLAZIONE TRAFFICO PESANTE APRILE 2023 - MARZO 2024. [Online]: [https://www.autobrennero.it/documenti/calendari-e-previsioni-traffico/divieto%20circolazione%20mezzi%20pesanti/DE divieto circolazione.pdf](https://www.autobrennero.it/documenti/calendari-e-previsioni-traffico/divieto%20circolazione%20mezzi%20pesanti/DE%20divieto%20circolazione.pdf) [Zugriff am 11 Mai 2023].

Bundesamt für Logistik und Mobilität, 2023. Sonn- und Feiertagsfahrverbot in Deutschland. [Online]: https://www.balm.bund.de/DE/Themen/RechtsentwicklungRechtsvorschriften/Rechtsvorschriften/Strassenverkehrsrecht/LKW-Fahrverbote/LKW-Fahrverbote_node.html [Zugriff am 8 Mai 2023].

Bundesamt für Raumentwicklung ARE, 2008. Faktenblatt - SO wird die LSVA berechnet. [Online]: <https://www.newsd.admin.ch/newsd/message/attachments/11953.pdf> [Zugriff am 8 Mai 2023].

Bundesamt für Straßen - ASTRA, 2023. Sonntags- und Nachtfahrten. [Online]: <https://www.astra.admin.ch/astra/de/home/fachleute/fahrzeuge/sonderbewilligungen/sonntags-nachtfahrten.html> [Zugriff am März 2023].

Bundesamt für Straßen ASTRA, 2012. Regulierung des Güterverkehrs Auswirkungen auf die Transportwirtschaft, s.l.: s.n.

Bundesamt für Straßen ASTRA, 2023. Das Schwerverkehrszentrum Uri. [Online]: <https://www.ur.ch/docn/40364/SVZ.pdf> [Zugriff am 8 Mai 2023].

Bundesamt für Straßen ASTRA, 2023. Statistik Schwerverkehrskontrollen 2021, s.l.: s.n.

Bundesamt für Verkehr (Schweiz), 2021. Transportaufkommen im alpenquerenden Güterverkehr von 1980 bis 2019 (in Millionen Nettotonnen). Schweiz: s.n.

Bundesamt für Zoll und Grenzsicherheit BAZG, 2022. LSVA - Übersicht. [Online].

Bundesamt für Zoll und Grenzsicherheit BAZG, 2023. Gemeinsames Versandverfahren (gVV). [Online]: <https://www.bazg.admin.ch/bazg/de/home/informationen-firmen/durchfuhr-durch-die-schweiz/durchfuhrverfahren/gemeinsames-versandverfahren-gvv.html> [Zugriff am 8 Mai 2023].

Bundesanstalt für Straßenwesen, 2006. Erhebung der individuellen Routenwahl zur Weiterentwicklung von Umlegungsmodellen. Verkehrstechnik, Issue V.

Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung, 2022. Durchschnittlicher Preis für einen Liter Benzin und Diesel in Österreich von 2003 bis 2021 (in Euro). s.l.: Statistik Austria.

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), 2021. Erhebung alpenquerender Güterverkehr 2019 Österreich (CAFTA2019) - Austauschdatensatz. Wien: s.n.

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), 2021. Mobilitätsmasterplan 2030 für Österreich, Wien: s.n.

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), 2022. Erhebung alpenquerender Güterverkehr 2019 Österreich, Wien: s.n.

Cargoboard, 2023. s.l.:s.n.

De Jong, G. et al., 2011. The price sensitivity of road freight transport - a review of elasticities, s.l.: s.n.

De Jong, G., S. & I. L., 2018. Determining price elasticities of rail transport for market-can-bear tests, s.l.: s.n.

Europäische Kommission, 2022. Anzahl der Lkw-Durchfahrten im alpenquerenden Straßen-güterverkehr nach Übergang in den Jahren 2018 bis 2020 (in 1.000). s.l.:s.n.

Europäische Kommission, 2023. Monatlicher Durchschnittspreis für einen Liter Diesel in Österreich von Januar 2005 bis Dezember 2022 (in Euro). [Online]: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1052848/umfrage/monatlicher-durchschnittspreis-fuer-einen-liter-diesel-in-oesterreich/> [Zugriff am 10 Mai 2023].

Eurostat, 2023. Güterverkehr nach Verkehrszweigen. [Online] [Zugriff am Mai 2023].

FLS-Transport, 2023. s.l.:s.n.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), 2015. Das Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen. s.l.:s.n.

Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr, 2010. RVS 02.01.22: Nutzen-Kosten-Untersuchungen im Verkehrswesen, s.l.: s.n.

Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik, IML, 2015. Studie Pyhrn-Schoberachse, Strukturanalyse und Aufkommensprognose der Schienenalpenquerung, Dortmund: s.n.

FreightFinders, 2023. s.l.:s.n.

FRIKUS Transportlogistik GmbH, 2023. s.l.:s.n.

GTS TransIT, 2023. s.l.:s.n.

Hauger, G. & al., 2016. TRACE - Zur Modellierung der Routenwahl des Straßengüterverkehrs in Österreich, Wien: s.n.

IMPARGO, 2023. s.l.:s.n.

Infoware, 2023. MapTrip. s.l.:s.n.

KCW GmbH, 2018. Gutachten zur Bestimmung der Elastizität der Nachfrage der Eisenbahnverkehrsunternehmen, Bonn: s.n.

Knorring, J. H., He, R. & Kornhauser, A. L., 2022. Analysis of Route Choice Decisions by Long-Haul Truck Drivers. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Issue 1923(1), p. 46–60.

Köll, H., Bader, M. & Lechner, A., 2021. Untersuchung der Routenwahl im alpenquerenden Strassengüterverkehr in Westösterreich und der Schweiz 2019, Reith bei Seefeld: s.n.

Kombiverkehr, 2023. Kombiverkehr. s.l.:s.n.

Kottayil, S. S. et al., 2020. Investigation of Driver Route Choice Behaviour using Bluetooth Data. Transportation Research Procedia, Issue 48, pp. 632-645.

Land Tirol, 2022. Verkehr in Tirol Bericht 2021, Innsbruck: s.n.

Land Tirol, 2023. Land Tirol. [Online]: <https://www.tirol.gv.at/verkehr/verkehrs-und-seilbahnrecht/lkw-dosierung/> [Zugriff am 8 Mai 2023].

Land Tirol, 2023. LKW Dosierung. [Online]: <https://www.tirol.gv.at/verkehr/verkehrs-und-seilbahnrecht/lkw-dosierung/> [Zugriff am März 2023].

Lange, S. & Ruffini, F. V., 2007. Alpenquerender Güterverkehr Entwicklungen und Herausforderungen unter besonderer Berücksichtigung des Umwegverkehrs. REAL CORP 007: To Plan Is Not Enough, pp. 801 - 813.

Logistikzentrum Prien GmbH, 2023. s.l.:s.n.

Moser, G., F. G. & W. V., 2012. LKW-Kalkulation im Güterfernverkehr. [Online]: https://www.moser-consulting.at/fileadmin/user_upload/LKW-Kalkulation_2015_Bei-spiel2.pdf [Zugriff am Februar 2023].

ÖAMTC, 2020. Strafenkatalog & Promillegrenzen Europa, s.l.: s.n.

Opheo, 2023. s.l.:s.n.

ORTEC, 2023. s.l.:s.n.

PTV Group, 2022. PTV Visum 2022 Handbuch, Karlsruhe: s.n.

PTV Group, 2023. Map&Guide Tourenplanungssoftware. s.l.:s.n.

Puwein, W., 2009. Preise und Preiselastizitäten im Verkehr, s.l.: s.n.

Rail Cargo Group Austria, 2023. Rail Cargo Group Austria. s.l.:s.n.

SOCRATES 2.0, 2021. THE SOCRATES2.0 PILOT IN CITY OF ANTWERP, Antwerpen: s.n.

Soloplan, 2023. CarLo inTOUR. s.l.:s.n.

Translogica, 2023. s.l.:s.n.

TU Graz, 2023. Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft. s.l.:s.n.

U.-P. D. K. H., 2013/2014. VO - Einführung in Verkehr und Logistik - Fahrzeugkostenkalkulation. Hamburg: Institut für Verkehrswirtschaft.

Umweltbundesamt, 2023. Emissionsfaktoren für Verkehrsmittel. [Online]: <https://www.umweltbundesamt.at/umweltthemen/mobilitaet/mobilitaetsdaten/emissionsfaktoren-verkehrsmittel> [Zugriff am Februar 2023].

Verkehrsclub Österreich (VCÖ), 2020. Güterverkehr auf Klimakurs bringen, Wien: VCÖ.

VMÖ/VPÖ 2040, 2023. Verkehrsprognose Österreich. s.l.:s.n.

Wagner, H., 2022. BRENNER DIGITAL GREEN CORRIDOR, Machbarkeitsstudie für eine Potenzialanalyse der digitalen Verkehrssteuerung entlang des Brennerkorridors. Bozen: s.n.

Wardman, M., Chintakayala, V. P. K. & De Jong, G., 2016. Values of travel time in Europe: Review and meta-analysis, s.l.: s.n.

Wenzel Logistics, 2023. s.l.:s.n.

Wirtschaftskammer Österreich, 2022. Die österreichische Verkehrswirtschaft, Daten und Fakten 2022, Wien: s.n.

Wirtschaftskammer Österreich, 2023. Transportkostenindex (ab 1971). [Online]: <https://www.wko.at/branchen/transport-verkehr/gueterbefoerderungsgewerbe/transportkostenindex.html#gueterbefoerderung> [Zugriff am März 2023].

Abkürzungen

A+S	Autobahnen und Schnellstraßen
Abs	Absatz
BBT	BrennerBasisTunnel
CAFT	Cross Alpine Freight Transport
CR-Funktion	Capacity-Restraint-Funktion
dB(A)	Dezibel - Bewertungskurve A
DTV	Durchschnittlicher täglicher Verkehr
Fzkm	Fahrzeugkilometer
gem	gemäß
gVV	gemeinsames Versandverfahren
IG-L	Immissionsschutzgesetz-Luft
IV	Individualverkehr
JDTV	Jährlicher durchschnittlicher täglicher Verkehr
LAU	Local Administrative Units
LKW	Lastkraftwagen
LSVA	Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe
NO _x	Stickstoffoxide
NUTS	Nomenclature des unités territoriales statistiques
q	Verkehrsstärke
q _{max}	Maximale Verkehrsstärke
SQV	Scalable Quality Value
StVO	Straßenverkehrsordnung
SVKZ	Schwerverkehrskontrollzentrum
t _{akt}	Fahrzeit im belasteten Netz
VISUM	Verkehr In Städten Umlegungs Modell
WGS84	World Geodetic System 1984

Anhang 1: Aufbereitung der CAFT-Daten

Filtern der Routen

Aus den 24.867 durch Interviews erfassten Routen werden jene 5.564 Routen ausgewählt, die entweder direkt am Querschnitt auf der A 13 Brenner Autobahn erhoben wurden oder über den Grenzübergang am Brenner geführt haben.

NUTS-Codierung und Import

Bei den Interviews wurde der Quell- und Zielort der Route abgefragt. Die jeweiligen Antworten wurden in die NUTS-Codierung¹⁹ (Klassifizierung der Gebietseinheiten) eingeteilt, wobei das Land auf der Ebene NUTS-0 und die Gebiete zum Großteil auf der Ebene NUTS-3 erfasst wurden. Da die verwendete Software beim Import der Routen entweder den Stadt- bzw. Gebietsnamen oder genaue Koordinaten benötigt, müssen die CAFT-Daten mit der NUTS-Codierung verknüpft werden. Nach der Verknüpfung werden die Daten so weit aufbereitet, dass ein Import in die Software möglich ist. Benötigt wird eine Nummerierung für die eindeutige Kennung der Route und des Ländercodes bzw. der Stadt- oder Gebietsnamen für Quelle und Ziel.

Abbildung 32: Routenimport in die Software

IDs	Stop-off Point A		Stop-Off Point B	
	Country	Town	Country	Town
1	IT	Mantova	FR	Strasbourg
2	IT	Pordenone	LI	Vaduz

Anders als die Quell- und Zielorte sind die Grenzübergänge nicht mit einem NUTS-Code versehen, sondern mit einem LAU-Code (Local Administrative Units). Bei LAU handelt es sich um eine zusätzlich statistische Ergänzung zum NUTS-System, der LAU-Code ersetzt die Ebe-

¹⁹ Nomenclature des unités territoriales statistiques

nen NUTS-4 und NUTS-5. Auch hier werden die CAFT-Daten mit der LAU-Codierung verknüpft, erweitert und für den Import in die Software vorbereitet. Bei den Grenzübergängen wird der Import über ein Koordinatensystem vorgenommen. Die Koordinaten werden je nach Richtung direkt auf der Autobahn bzw. der Landesstraße platziert, um einen Umweg und in weiterer Folge einen zusätzlichen Zeitaufwand zu vermeiden. Als Koordinatensystem wird das WGS 84 (World Geodetic System 1984) gewählt.

Abbildung 33: Routenimport mit den hinterlegten Grenzübergängen in die Software

IDs	Stop-off Point					
	Trip ID	Country	Town	Longitude	Latitude	Coordinate System
	1	IT	Mantova			
	1	AT		11.48648	47.03085	0
	1	AT		9.74832	47.54204	0
	1	FR	Strasbourg			
	2	IT	Pordenone			
	2	AT		11.48648	47.03085	0
	2	AT		9.59548	47.33359	0
	2	LI	Vaduz			

Beim ersten Import in die Software und der anschließenden Georeferenzierung wird ersichtlich, dass eine manuelle Nachbereitung aufgrund folgender Gründe notwendig ist:

- In den CAFT-Daten ist teilweise ein Ländercode hinterlegt, der in der offiziellen NUTS-Codierung nicht vorkommt (z.B. CAFT: GB, NUTS: UK).
- Manche Codes sind in den NUTS-Daten nicht enthalten bzw. haben sich eventuell seit der Erhebung 2019 verändert (z.B. BE221 – Hasselt), hier ist eine manuelle Zuweisung notwendig.
- Bei manchen Regionsnamen wird bei der Georeferenzierung in Map&Guide die Information ausgegeben, dass es zu Abweichungen zwischen importierten Adressdaten und zugeordneter Adresse in der Karte kommen könnte (z.B. Arr. Mons). Nach mehreren Überprüfungen mit geänderten Regionsnamen waren die Zuweisungen für diese Regionen in der Karte ursprünglich bereits korrekt und wurden nicht geändert.
- Zum Teil können die Gebiete (meist Gebietsnamen im Ausland wie Polen oder Tschechien) nicht zugewiesen werden. In diesen Fällen wird die größte Stadt in dem betroffenen Gebiet als Quelle oder Ziel gewählt.

Diese Fehlerquellen werden erfasst (in Summe für 123 Fahrten) und in der Datengrundlage entsprechend korrigiert. Nach der Bereinigung werden alle importierten Routen erfolgreich georeferenziert.

Abbildung 34: Fehlerquellen bei der Georeferenzierung

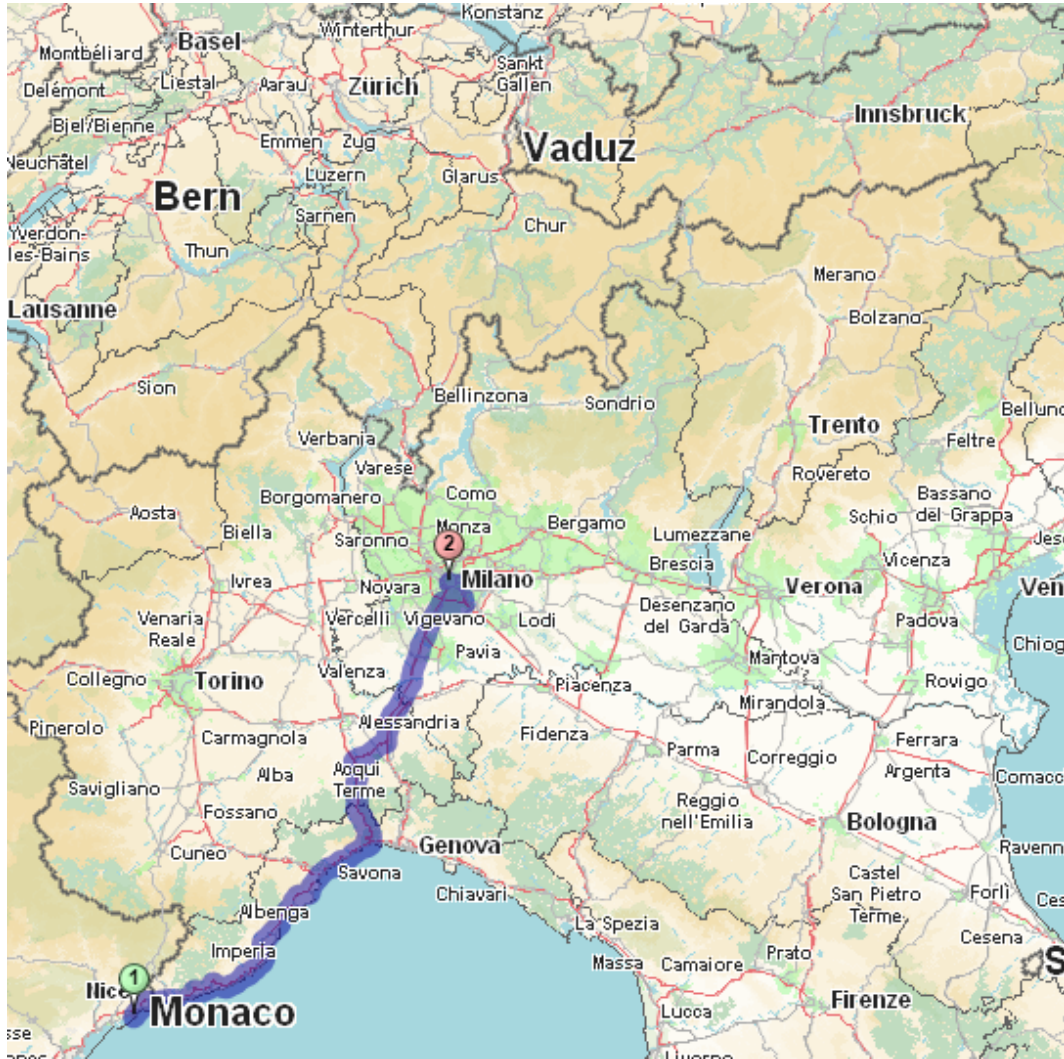
Info	Land	Postleitzahl	Ort
-	AUT		Rheintal-Bodensee...
■	FR		Yvelines
■	BE		Arr. Hasselt
■	BE		Hasselt
■	IT		Teramo
■	IT		Padova

Kategorie	Anzahl absolut	Prozentuale Verteilung
Koordinatenbasiert	0	0%
Hausnummerngenau	0	0%
Straßengenau	0	0%
Ortsgenau	5	83%
PLZ-genau	0	0%
Nicht geokodiert	1	17%

Quelle: (PTV Group, 2023)

Weiters werden durch die manuellen Nachbereitungen Routen ersichtlich, die nach detaillierter Analyse keinesfalls durch Österreich fahren hätten sollen und wo auch ausgeschlossen werden kann, dass es sich um Umwegfahrten handelt. Da es in der Datengrundlage keine Information über Zwischenstopps gibt, werden diese Routen vor der Berechnung als unplausibel eingestuft und gefiltert, um verfälschte Ergebnisse zu vermeiden. Ein Beispiel für eine derartige Route ist von Monaco über den Grenzübergang Kufstein und Gries am Brenner nach Mailand (siehe nachfolgende Abbildung). In Blau dargestellt ist die direkte Route von der Quelle zum Ziel. Die beiden angegebenen Grenzübergänge sind davon sehr weit entfernt. Vermutlich gab es hier Unstimmigkeiten bei der Eingabe der Antworten oder die Route führte aufgrund einer geplanten Tour über die angegebenen Grenzübergänge.

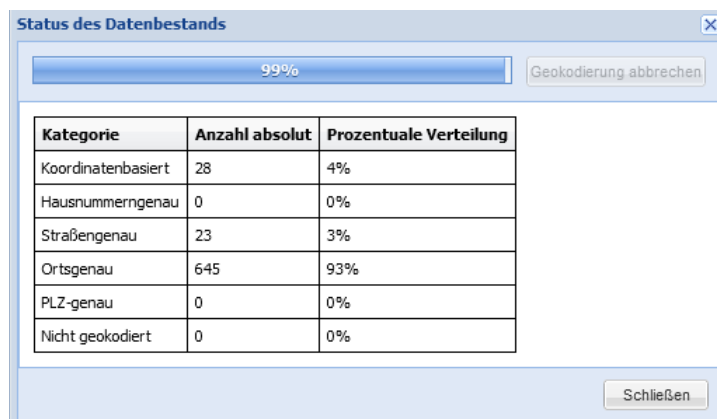
Abbildung 35: Route von Monaco nach Mailand



Quelle: (PTV Group, 2023)

Nachdem diese Fehlerquellen identifiziert wurden, bleiben in Summe 5.560 Routen, die für die detaillierte Analyse herangezogen werden. Alle enthaltenen Quell- und Zielorte sowie die Grenzübergänge werden in Map&Guide importiert.

Abbildung 36: Erfolgreicher Routenimport in die Software



Quelle: (PTV Group, 2023)

Anhang 2: Fehlerquellen und Plausibilisierung

Fehlercode A

In den CAFT-Daten gibt es 44 Routen, die vertauschte Grenzübergänge hinterlegt haben. In der folgenden Tabelle sind zwei Beispiele dargestellt.

Tabelle 41: Beispiele für den Fehlercode A

Route	Quellort	Grenzübergang Einreise	Grenzübergang Ausreise	Zielort
Route 1	Bologna (IT)	Musau (AUT)	Gries am Brenner (AUT)	Memmingen (DE)
Route 2	Mailand (IT)	Kufstein (AUT)	Gries am Brenner (AUT)	Marktoberdorf (DE)

Es ist davon auszugehen, dass die Reihenfolge der Quell- und Zielorte korrekt ist, da diese mit der hinterlegten Fahrtrichtung zusammenpassen. Da es sich um plausible Routen handeln würde, wenn man die Grenzübergänge vertauscht, wird dies als Ursache für die fehlerhafte Berechnung festgemacht. Nach Identifizierung dieser Fehlerquelle fand eine Rücksprache mit der damaligen qualitätssichernden Stelle bei der CAFT-Erhebung (AustriaTech) statt. Die qualitätssichernde Stelle bestätigte die Annahme, dass bei diesen Eingaben die Grenzübergänge fälschlicherweise vertauscht wurden. Daher werden in weiterer Folge diese Daten korrigiert, die Routen neu kalkuliert und in der Ergebnisdarstellung ergänzt.

Fehlercode B

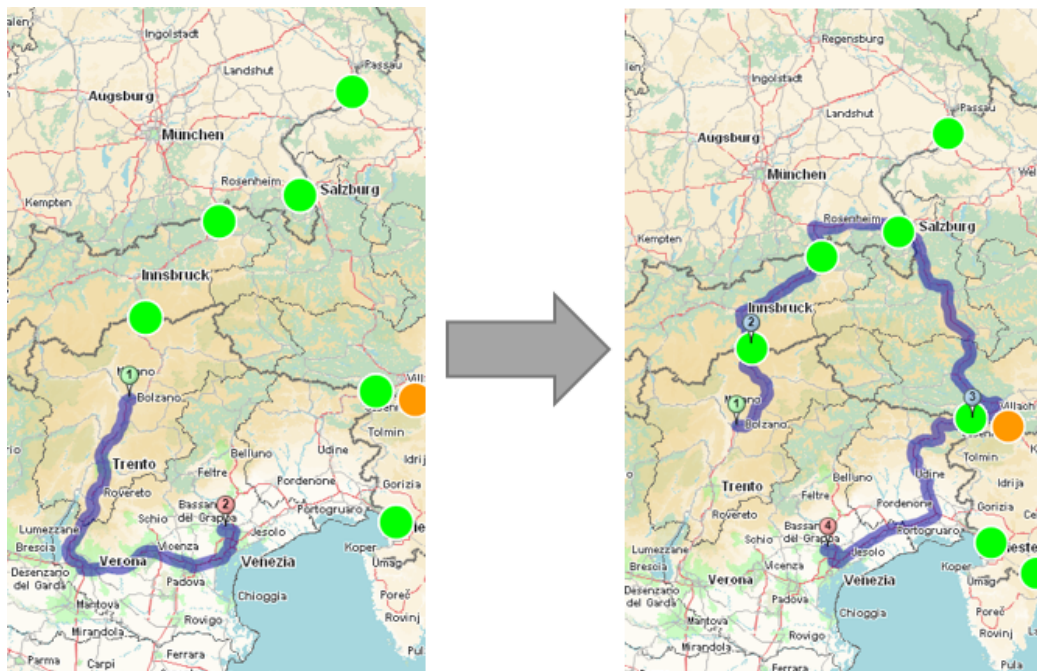
18 Relationen werden detaillierter betrachtet, da diese in der ersten Analyse unplausibel erscheinen. In der folgenden Tabelle ist ein Beispiel dafür dargestellt.

Tabelle 42: Beispiel für den Fehlercode B

Route	Quellort	Grenzübergang Einreise	Grenzübergang Ausreise	Zielort
Route	Bozen (IT)	Gries am Brenner (AUT)	Arnoldstein (AUT)	Treviso (IT)

Bildlich dargestellt würde der Bestweg im Vergleich zur tatsächlichen Route wie in der nachfolgenden Abbildung aussehen.

Abbildung 37: Vergleich Bestweg mit gewählter Route, Fehlercode B



Quelle: (PTV Group, 2023)

Insgesamt werden elf dieser 18 gekennzeichneten Routen gefiltert, da diese nicht plausibel bzw. aufgrund fehlender Informationen nicht reproduzierbar (Zwischenstopp, Transportkette) sind. Die übrigen sieben Routen werden entweder neu berechnet oder sind auch ohne Neuberechnung plausibel.

Fehlercode C

Im Straßennetz gibt es sehr oft Abschnitte mit Gewichtsrestriktionen, darunter auch direkt bei den Grenzübergängen. Da diese Restriktionen in der Berechnung berücksichtigt werden, kommt es teilweise beim Ergebnisvergleich zu Unstimmigkeiten. In der folgenden Tabelle ist ein Beispiel dargestellt.

Tabelle 43: Beispiel für den Fehlercode C

Route	Quellort	Grenzübergang Einreise	Grenzübergang Ausreise	Zielort
Route	Vicenza (IT)	Gries am Brenner (AUT)	Grödig (AUT)	England (GB)

Beim Grenzübergang in Grödig gibt es ein Fahrverbot für LKW mit einem zulässigen Gewicht von über 24 Tonnen. Für die in der Tabelle dargestellte Route ist in den CAFT-Daten ein zulässiges Gesamtgewicht von 40 Tonnen hinterlegt. Weiters war der Erhebungsort dieser Relation am Arlberg, wodurch sich eine unplausible Streckenführung ergeben würde. Insgesamt wird eine dieser drei Routen aus dem Datensatz entfernt.

Fehlercode D

Beim Grenzübergang in Musau auf der B 179 Fernpass-Straße ist ein Fahrverbot für alle LKW mit einem zulässigen Gewicht von über 7,5 Tonnen verordnet, wobei Anlieger (lt. Verordnung der Tiroler Landesregierung vom 1. Dezember 2009) davon ausgenommen sind. In Map&Guide werden zwar alle Restriktionen berücksichtigt, jedoch sind Relationen, die ihre Quelle oder ihr Ziel in einem der definierten Gebiete haben, davon nicht ausgenommen, weswegen hier falsche Routenverläufe entstehen. In der folgenden Tabelle ist ein Beispiel dargestellt.

Tabelle 44: Beispiel für den Fehlercode D

Route	Quellort	Grenzübergang Einreise	Grenzübergang Ausreise	Zielort
Route	Modena (IT)	Gries am Brenner (AUT)	Musau (AUT)	Memmingen (DE)

Die betroffenen 207 Relationen werden neu berechnet und in den Ergebnissen ergänzt, es scheidet keine Route aus dem Datensatz aus.

Fehlercode E

Als letzter Bearbeitungsschritt werden die Abweichungen der beiden Berechnungsläufe miteinander verglichen, um Unstimmigkeiten in den Berechnungen zu identifizieren. Es werden alle Relationen genauer betrachtet, die eine Abweichung von über 80 % für die Reisezeit und Reiseweite bzw. über 50 % für die Gesamtkosten haben. In der folgenden Tabelle sind zwei Beispiele dargestellt.

Tabelle 45: Beispiele für den Fehlercode E

Route	Quellort	Grenzübergang Einreise	Grenzübergang Ausreise	Zielort
Route 1	Aosta (IT)	Gries am Brenner (AUT)	Hörbranz (AUT)	Val-de-Marne (FR)
Route 2	Udine (IT)	Gries am Brenner (AUT)	-	Tiroler Unterland (AUT)

Beide Beispiele zeigen in den Ergebnissen eine sehr hohe Abweichung. Routen, die nicht reproduzierbar sind (z.B. Aosta nach Val-de-Marne) scheiden aus. Bei den übrigen Routen wird ersichtlich, dass die Verortung in Map&Guide nicht exakt genug ist. Diese Relationen werden in der Software manuell korrigiert, neu berechnet und in den Ergebnissen ergänzt. Insgesamt müssen 16 dieser 25 Routen entfernt werden.

In Summe scheiden durch die Nachbearbeitung weitere 28 Routen aus dem untersuchten Datensatz aus. Der Datensatz für die Berechnung und Analyse der Umwegfahrten enthält somit noch **5.532 Routen**, die in den Ergebnissen dieses Berichts berücksichtigt wurden.

Anhang 3: Mautanpassung am Brennerkorridor – Umwegfahrten

Kriterium Fahrzeit

Tabelle 46: Anzahl bzw. Anteil der Umwegfahrten für unterschiedliche Grenzwerte, Kriterium Fahrzeit (n=5.532)

Fahrzeit [min] bzw. Prozentuelle Abweichung [%]	Grenzwerte	Umwegfahrten	
		absolut	relativ
Fahrzeit [min]	10	2.826	51%
	20	2.619	47%
	30	2.427	44%
	40	2.217	40%
	50	1.969	36%
	60	1.820	33%
	70	1.633	30%
	80	1.525	28%
	90	1.368	25%
	100	1.281	23%
	110	1.178	21%
	120	1.078	19%
Prozentuelle Abweichung [%]	1%	2.866	52%
	2%	2.674	48%
	3%	2.476	45%
	4%	2.300	42%
	5%	2.092	38%
	6%	1.948	35%
	7%	1.802	33%
	8%	1.661	30%

Fahrzeit [min] bzw. Prozentuelle Abweichung [%]	Grenzwerte	Umwegfahrten	
		absolut	relativ
	9%	1.527	28%
	10%	1.372	25%
	11%	1.270	23%
	12%	1.166	21%
	13%	1.117	20%
	14%	1.080	20%
	15%	1.023	18%
Kombination [min] und [%]	60 und 10%	1.349	24%
	120 und 10%	987	18%

Die Ergebnisse für die in dieser Untersuchung gewählten Grenzwerte (Kombination aus 60 min und 10 %) sind in auch Tabelle 4 ersichtlich.

Kriterium Streckenlänge

Tabelle 47: Anzahl bzw. Anteil der Umwegfahrten für unterschiedliche Grenzwerte, Kriterium Streckenlänge (n=5.532)

Streckenlänge [km] bzw. Prozentuelle Abweichung [%]	Grenzwerte	Umwegfahrten	
		absolut	relativ
Kilometer [km]	10	2.902	52%
	20	2.822	51%
	30	2.768	50%
	40	2.605	47%
	50	2.484	45%
	60	2.362	43%
	70	2.280	41%
	80	2.052	37%
	90	1.933	35%

Streckenlänge [km] bzw. Prozentuelle Abweichung [%]	Grenzwerte	Umfegfahrten	
		absolut	relativ
	100	1.744	32%
	110	1.572	28%
	120	1.425	26%
Prozentuelle Abweichung [%]	1%	2.918	53%
	2%	2.835	51%
	3%	2.714	49%
	4%	2.562	46%
	5%	2.450	44%
	6%	2.311	42%
	7%	2.140	39%
	8%	1.991	36%
	9%	1.832	33%
	10%	1.734	31%
	11%	1.604	29%
	12%	1.421	26%
	13%	1.331	24%
	14%	1.228	22%
	15%	1.149	21%
Kombination [km] und [%]	60 und 10%	1.728	31%
	120 und 10%	1.321	24%

Die Ergebnisse für die in dieser Untersuchung gewählten Grenzwerte (Kombination aus 60 km und 10 %) sind in auch Tabelle 5 ersichtlich.

Kriterium Kosten

Tabelle 48: Anzahl bzw. Anteil der Umwegfahrten für unterschiedliche Grenzwerte, Kriterium Kosten (n=5.532)

Kosten [€] bzw. Prozentuale Abweichung [%]	Grenzwerte	Umwegfahrten							
		Mautkosten		Streckenkosten		Zeitkosten		Gesamtkosten	
		absolut	relativ	absolut	relativ	absolut	relativ	absolut	relativ
Kosten [€]	10	477	9%	2.828	51%	2.644	48%	1.791	32%
	20	426	8%	2.643	48%	2.262	41%	1.649	30%
	30	371	7%	2.392	43%	1.866	34%	1.542	28%
	40	313	6%	2.121	38%	1.599	29%	1.439	26%
	50	276	5%	1.813	33%	1.347	24%	1.357	25%
	60	226	4%	1.517	27%	1.166	21%	1.256	23%
	70	195	4%	1.311	24%	998	18%	1.190	22%
	80	168	3%	1.191	22%	830	15%	1.105	20%
	90	155	3%	1.070	19%	693	13%	1.046	19%
	100	148	3%	881	16%	542	10%	951	17%
	110	130	2%	786	14%	480	9%	900	16%
	120	120	2%	636	11%	346	6%	824	15%
	130	116	2%	521	9%	244	4%	753	14%
	140	104	2%	468	8%	195	4%	710	13%
	150	99	2%	396	7%	150	3%	643	12%
	160	95	2%	297	5%	124	2%	589	11%
	170	90	2%	202	4%	93	2%	556	10%
	180	76	1%	157	3%	77	1%	500	9%
	190	52	1%	142	3%	60	1%	462	8%
	200	47	1%	117	2%	44	1%	409	7%
Prozentuale Abweichung [%]	1%	490	9%	2.918	53%	2.866	52%	1.722	31%
	2%	480	9%	2.834	51%	2.673	48%	1.565	28%
	3%	474	9%	2.714	49%	2.490	45%	1.389	25%

Kosten [€] bzw. Prozentuale Abweichung [%]	Grenzwerte	Umwegfahrten							
		Mautkosten		Streckenkosten		Zeitkosten		Gesamtkosten	
		absolut	relativ	absolut	relativ	absolut	relativ	absolut	relativ
	4%	470	8%	2.562	46%	2.285	41%	1.266	23%
	5%	468	8%	2.450	44%	2.090	38%	1.159	21%
	6%	466	8%	2.311	42%	1.941	35%	1.067	19%
	7%	458	8%	2.140	39%	1.798	33%	987	18%
	8%	435	8%	1.991	36%	1.661	30%	911	16%
	9%	421	8%	1.832	33%	1.523	28%	830	15%
	10%	404	7%	1.734	31%	1.373	25%	754	14%
	11%	376	7%	1.604	29%	1.265	23%	689	12%
	12%	349	6%	1.421	26%	1.164	21%	648	12%
	13%	335	6%	1.331	24%	1.112	20%	599	11%
	14%	328	6%	1.228	22%	1.075	19%	569	10%
	15%	311	6%	1.149	21%	1.018	18%	506	9%
Kombination [€] und [%]	120 und 10%	120	2%	632	11%	344	6%	693	13%
	180 und 10%	76	1%	157	3%	77	1%	473	9%

Die Ergebnisse für die in dieser Untersuchung gewählten Grenzwerte (Kombination aus € 120 und 10 %) sind in auch Tabelle 6 ersichtlich.

Anhang 4: Mautanpassung am Brennerkorridor – Verkehrsumlegung

In den nachfolgenden Abbildungen werden die vollständigen im Kapitel 5.5 erwähnten Ergebnisse der Verkehrsumlegung für alle definierten Querschnitte und weitere Stufen von Mauterhöhungen aufgezeigt. In der nachfolgenden Abbildung wird erklärt wie die in den nachfolgenden Abbildungen enthaltenen vollständigen Ergebnistabellen zu lesen sind. Hierbei stellt Orange eine Verkehrszunahme und Grün eine Verkehrsabnahme dar. In einem weiteren Schritt wird eine Gewichtung anhand der Verkehrsbelastungen berechnet, da eine 10 %-Zunahme für einen Querschnitt mit geringem Verkehrsaufkommen eine andere Bedeutung hat als für einen Querschnitt mit hohem Verkehrsaufkommen. Dasselbe gilt für absolute Werte. Um die verschiedenen Verkehrszahlen vergleichen zu können, wird der SQV (Scalable Quality Value) verwendet.

Formel 2 Berechnung der SQV

$$SQV = \frac{1}{1 + \sqrt{\frac{(M - Z)^2}{f * Z}}}$$

Hierbei ist **M** der Modellwert, **Z** der gezählte Wert und **F** der Skalierungsfaktor.

In den nachfolgenden Ergebnistabellen wird die Gewichtung und dadurch die Relevanz im Ergebnis durch die Farben ausgedrückt, je stärker die Farbe, desto höher die Bedeutsamkeit der Verkehrsverlagerung.

Abbildung 38: Beispiel für die Ergebnistabellen

		Querschnitt 1		Querschnitt 2	
Bestandsmaut	Mautpreis [€]	Belastung im Bestand [Kfz/24h]		Belastung je Querschnitt im Bestand [Kfz/24h]	
Maut Steigerung [%]	Mautpreis [€]	Belastung mit Mauterhöhung [Kfz/24h]		Belastung mit Mauterhöhung [Kfz/24h]	
		Rel. Abweichung [%]	Abs. Abweichung [Kfz/24h]	Rel. Abweichung [%]	Abs. Abweichung [Kfz/24h]
Maut Steigerung [%]	Mautpreis [€]	Belastung mit Mauterhöhung [Kfz/24h]		Belastung mit Mauterhöhung [Kfz/24h]	
		Rel. Abweichung [%]	Abs. Abweichung [Kfz/24h]	Rel. Abweichung [%]	Abs. Abweichung [Kfz/24h]

Abbildung 39: Vollständige Ergebnisse der Verkehrsumlegung, Planfall 1

Planfall 1		Westautobahn	Innkreis	Pyhrn	Tauern	Inntal	Brenner	San Bernardino	Gotthard	Felbertauern	Loferer	Fernpass	Reschen	Arlberg
Bestand	€ 44,97	5.265	11.648	4.479	3.767	9.640	8.583	506	2.087	304	1.422	821	300	1.346
		5.266	11.648	4.479	3.773	9.628	8.561	510	2.090	305	1.423	821	302	1.346
5%	€ 47,22	0,0% 1	0,0% 0	0,0% 0	0,2% 6	-0,1% -12	-0,3% -22	0,8% 4	0,1% 3	0,3% 1	0,1% 1	0,0% 0	0,8% 2	0,0% 0
		5.266	11.648	4.479	3.785	9.598	8.511	532	2.090	305	1.423	815	303	1.345
10%	€ 49,47	0,0% 1	0,0% 0	0,0% 0	0,5% 18	-0,4% -42	-0,8% -72	5,3% 26	0,1% 3	0,3% 1	0,1% 1	-0,7% -6	1,0% 3	-0,1% -1
		5.266	11.649	4.479	3.789	9.607	8.548	512	2.091	305	1.423	815	304	1.338
15%	€ 51,71	0,0% 1	0,0% 1	0,0% 0	0,6% 22	-0,3% -33	-0,4% -35	1,2% 6	0,2% 4	0,3% 1	0,1% 1	-0,7% -6	1,3% 4	-0,6% -8
		5.265	11.649	4.479	3.793	9.544	8.480	521	2.091	306	1.423	815	304	1.338
20%	€ 53,96	0,0% 0	0,0% 1	0,0% 0	0,7% 26	-1,0% -96	-1,2% -103	3,0% 15	0,2% 4	0,7% 2	0,1% 1	-0,7% -6	1,3% 4	-0,6% -8
		5.266	11.649	4.479	3.858	9.447	8.347	541	2.092	306	1.423	815	306	1.343
25%	€ 56,21	0,0% 1	0,0% 1	0,0% 0	2,4% 91	-2,0% -193	-2,8% -236	6,9% 35	0,2% 5	0,7% 2	0,1% 1	-0,7% -6	2,0% 6	-0,2% -3
		5.266	11.649	4.479	3.948	9.350	8.237	542	2.098	306	1.422	814	307	1.334
30%	€ 58,46	0,0% 1	0,0% 1	0,0% 0	4,8% 181	-3,0% -290	-4,0% -346	7,1% 36	0,5% 11	0,7% 2	0,0% 0	-0,9% -7	2,3% 7	-0,9% -12
		5.267	11.649	4.479	3.955	9.309	8.189	551	2.102	306	1.422	814	309	1.333
35%	€ 60,71	0,0% 2	0,0% 1	0,0% 0	5,0% 188	-3,4% -331	-4,6% -394	8,9% 45	0,7% 15	0,7% 2	0,0% 0	-0,9% -7	3,0% 9	-1,0% -13
		5.265	11.649	4.479	3.958	9.298	8.191	559	2.106	306	1.422	815	310	1.319
40%	€ 62,96	0,0% 0	0,0% 1	0,0% 0	5,1% 191	-3,5% -342	-4,6% -392	10,5% 53	0,9% 19	0,7% 2	0,0% 0	-0,7% -6	3,2% 10	-2,0% -27
		5.258	11.649	4.479	3.960	9.259	8.147	567	2.107	306	1.422	815	311	1.317
45%	€ 65,21	-0,1% -7	0,0% 1	0,0% 0	5,1% 193	-3,9% -381	-5,1% -436	12,1% 61	0,9% 20	0,7% 2	0,0% 0	-0,7% -6	3,8% 11	-2,2% -29
		5.261	11.650	4.479	4.061	9.125	8.007	575	2.131	306	1.422	814	313	1.316
50%	€ 67,45	-0,1% -4	0,0% 2	0,0% 0	7,8% 294	-5,3% -515	-6,7% -576	13,8% 69	2,1% 44	0,7% 2	0,0% 0	-0,9% -7	4,3% 13	-2,3% -30
		5.255	11.650	4.479	4.187	8.992	7.864	578	2.136	306	1.422	814	314	1.314
60%	€ 71,95	-0,2% -10	0,0% 2	0,0% 0	11,2% 420	-6,7% -648	-8,4% -719	14,3% 72	2,4% 49	0,7% 2	0,0% 0	-0,9% -7	4,5% 14	-2,4% -32
		5.256	11.652	4.479	4.201	8.958	7.812	583	2.147	307	1.420	814	317	1.308
70%	€ 76,45	-0,2% -9	0,0% 4	0,0% 0	11,5% 434	-7,1% -682	-9,0% -771	15,3% 77	2,9% 60	1,0% 3	-0,2% -2	-0,9% -7	5,6% 17	-2,8% -38
		5.255	11.652	4.479	4.239	8.882	7.697	589	2.163	309	1.421	792	316	1.301
80%	€ 80,95	-0,2% -10	0,0% 4	0,0% 0	12,5% 472	-7,9% -758	-10,3% -886	16,5% 83	3,6% 76	1,6% 5	-0,1% -1	-3,5% -29	5,3% 16	-3,4% -45
		5.257	11.655	4.479	4.261	8.814	7.594	620	2.172	311	1.423	792	338	1.292
90%	€ 85,44	-0,2% -8	0,1% 7	0,0% 0	13,1% 494	-8,6% -826	-11,5% -989	22,5% 114	4,1% 85	2,3% 7	0,0% 1	-3,5% -29	12,7% 38	-4,0% -54
		5.263	11.662	4.479	4.280	8.772	7.521	632	2.183	311	1.422	792	337	1.288
100%	€ 89,94	0,0% -2	0,1% 14	0,0% 0	13,6% 513	-9,0% -868	-12,4% -1.062	25,0% 126	4,6% 96	2,3% 7	0,0% 0	-3,5% -29	12,3% 37	-4,3% -58
		5.261	11.665	4.479	4.795	7.707	6.282	712	2.512	314	1.419	791	361	1.278
150%	€ 112,42	-0,1% -4	0,1% 17	0,0% 0	27,3% 1.028	-20,0% -1.933	-26,8% -2.301	40,8% 206	20,4% 425	3,2% 10	-0,3% -3	-3,7% -30	20,4% 61	-5,0% -68
		5.291	11.681	4.479	6.420	5.896	4.361	746	2.649	327	1.429	782	398	1.253
200%	€ 134,91	0,5% 26	0,3% 33	0,0% 0	70,4% 2.653	-38,8% -3.744	-49,2% -4.222	47,5% 240	26,9% 562	7,5% 23	0,5% 7	-4,8% -39	32,5% 98	-6,9% -93
		5.312	11.701	4.479	7.828	4.399	2.735	793	2.859	347	1.427	587	408	1.235
400%	€ 224,85	0,9% 47	0,5% 53	0,0% 0	107,8% 4.061	-54,4% -5.241	-68,1% -5.848	56,8% 287	37,0% 772	13,9% 43	0,4% 5	-28,6% -234	36,0% 108	-8,3% -111
		5.322	11.707	4.479	8.964	3.416	1.345	810	2.912	423	1.480	503	422	1.163
600%	€ 314,79	1,1% 57	0,5% 59	0,0% 0	138,0% 5.197	-64,6% -6.224	-84,3% -7.238	60,1% 304	39,5% 825	39,1% 119	4,0% 58	-38,8% -318	40,7% 122	-13,6% -183
Mautanpassung DE, AUT, IT		4.697	13.165	5.067	6.537	3.732	3.174	805	3.112	311	1.447	677	394	2.065
		-10,8% -568	13,0% 1.517	13,1% 588	73,5% 2.770	-61,3% -5.908	-63,0% -5.409	59,2% 299	49,1% 1.025	2,3% 7	1,7% 25	-17,6% -144	31,3% 94	53,4% 719

Abbildung 40: Mautanpassung am Brennerkorridor, Planfall 1: Streckenbelastung [LKW/24h]



Abbildung 41: Mautanpassung am Brennerkorridor, Planfall 1: Verkehrsverlagerung bei Mauterhöhung auf der A 13 um 200 % [LKW/24h]

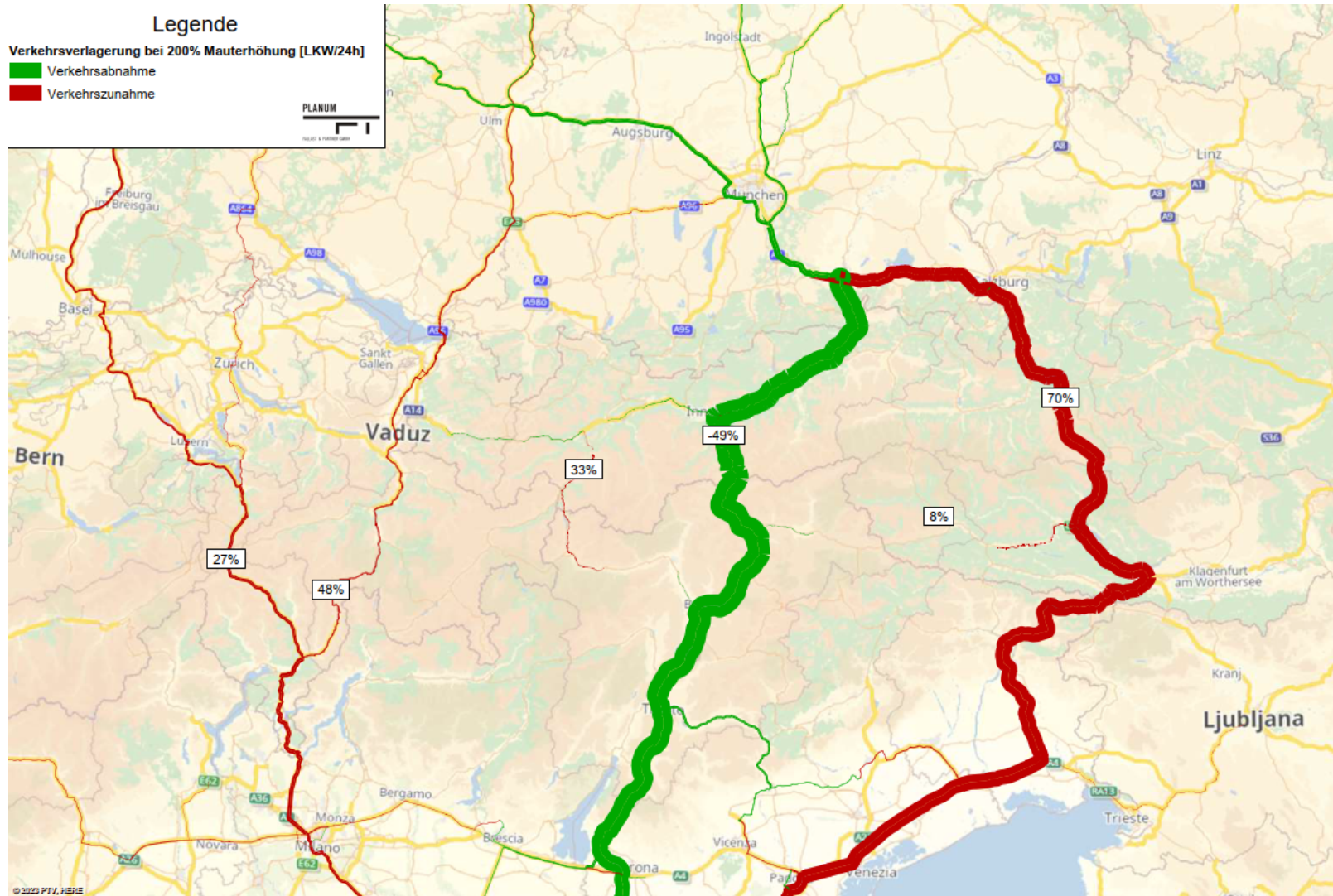


Abbildung 42: Mautanpassung am Brennerkorridor, Planfall 1: Verkehrsverlagerung bei Mauterhöhung in DE, AT (A 12) und IT [LKW/24h]



Abbildung 43: Vollständige Ergebnisse der Verkehrsumlegung, Planfall 2

Planfall 2	Westautobahn	Innkreis	Pyhrn	Tauern	Inntal	Brenner	San Bernardino	Gotthard	Felbertauern	Loferer	Fernpass	Reschen	Arlberg													
Bestand	€ 44,97	5.267	11.648	4.479	3.840	9.412	8.474	518	2.088	305	1.425	823	286	1.356												
5%	€ 47,22	5.267	11.649	4.479	3.844	9.401	8.460	519	2.092	305	1.426	823	287	1.355												
		0,0% 0	0,0% 1	0,0% 0	0,1% 4	-0,1% -11	-0,2% -14	0,2% 1	0,2% 4	0,0% 0	0,1% 1	0,0% 0	0,4% 1	-0,1% -1												
10%	€ 49,47	5.267	11.649	4.479	3.853	9.346	8.440	523	2.093	305	1.432	816	287	1.355												
		0,0% 0	0,0% 1	0,0% 0	0,3% 13	-0,7% -66	-0,4% -34	1,0% 5	0,2% 5	0,0% 0	0,5% 7	-0,8% -7	0,4% 1	-0,1% -1												
15%	€ 51,71	5.261	11.649	4.479	3.855	9.315	8.401	534	2.099	306	1.427	816	289	1.353												
		-0,1% -6	0,0% 1	0,0% 0	0,4% 15	-1,0% -97	-0,9% -73	3,0% 16	0,6% 11	0,3% 1	0,1% 2	-0,8% -7	1,0% 3	-0,2% -3												
20%	€ 53,96	5.263	11.649	4.479	3.952	9.289	8.265	540	2.111	306	1.423	816	292	1.351												
		-0,1% -4	0,0% 1	0,0% 0	2,9% 112	-1,3% -123	-2,5% -209	4,2% 22	1,1% 23	0,3% 1	-0,1% -2	-0,8% -7	1,9% 6	-0,4% -5												
25%	€ 56,21	5.262	11.649	4.479	3.949	9.271	8.215	548	2.116	306	1.421	817	295	1.351												
		-0,1% -5	0,0% 1	0,0% 0	2,8% 109	-1,5% -141	-3,1% -259	5,8% 30	1,3% 28	0,3% 1	-0,3% -4	-0,7% -6	3,0% 9	-0,4% -5												
30%	€ 58,46	5.264	11.649	4.479	4.048	9.169	8.099	553	2.120	306	1.421	816	300	1.352												
		-0,1% -3	0,0% 1	0,0% 0	5,4% 208	-2,6% -243	-4,4% -375	6,7% 35	1,5% 32	0,3% 1	-0,3% -4	-0,8% -7	4,8% 14	-0,3% -4												
35%	€ 60,71	5.263	11.649	4.479	4.057	9.110	8.025	568	2.131	306	1.421	817	303	1.344												
		-0,1% -4	0,0% 1	0,0% 0	5,6% 217	-3,2% -302	-5,3% -449	9,5% 50	2,1% 43	0,3% 1	-0,3% -4	-0,7% -6	5,8% 17	-0,9% -12												
40%	€ 62,96	5.258	11.649	4.479	4.063	9.093	8.023	570	2.140	306	1.422	816	308	1.330												
		-0,2% -9	0,0% 1	0,0% 0	5,8% 223	-3,4% -319	-5,3% -451	10,1% 52	2,5% 52	0,3% 1	-0,2% -3	-0,9% -7	7,7% 22	-1,9% -26												
45%	€ 65,21	5.257	11.652	4.479	4.068	9.036	7.961	577	2.140	306	1.422	816	310	1.328												
		-0,2% -10	0,0% 4	0,0% 0	5,9% 228	-4,0% -376	-6,1% -513	11,4% 59	2,5% 52	0,3% 1	-0,2% -3	-0,9% -7	8,2% 24	-2,1% -28												
50%	€ 67,45	5.258	11.652	4.479	4.076	9.020	7.939	577	2.146	306	1.422	816	312	1.327												
		-0,2% -9	0,0% 4	0,0% 0	6,1% 236	-4,2% -392	-6,3% -535	11,4% 59	2,8% 58	0,3% 1	-0,2% -3	-0,8% -7	9,1% 26	-2,2% -29												
60%	€ 71,95	5.256	11.652	4.479	4.194	8.892	7.799	587	2.152	306	1.422	816	314	1.325												
		-0,2% -11	0,0% 4	0,0% 0	9,2% 354	-5,5% -520	-8,0% -675	13,2% 69	3,1% 64	0,3% 1	-0,3% -3	-0,9% -7	9,7% 28	-2,3% -31												
70%	€ 76,45	5.262	11.659	4.479	4.217	8.863	7.751	595	2.154	307	1.419	815	319	1.319												
		-0,1% -5	0,1% 11	0,0% 0	9,8% 377	-5,8% -549	-8,5% -723	14,8% 77	3,2% 66	0,7% 2	-0,4% -6	-0,9% -8	11,3% 33	-2,8% -37												
80%	€ 80,95	5.262	11.660	4.479	4.250	8.781	7.628	602	2.167	309	1.420	794	315	1.311												
		-0,1% -5	0,1% 12	0,0% 0	10,7% 410	-6,7% -631	-10,0% -846	16,2% 84	3,8% 79	1,4% 4	-0,4% -5	-3,5% -29	10,1% 29	-3,3% -45												
90%	€ 85,44	5.263	11.662	4.479	4.275	8.708	7.518	636	2.172	311	1.423	794	337	1.302												
		-0,1% -4	0,1% 14	0,0% 0	11,3% 435	-7,5% -704	-11,3% -956	22,7% 118	4,0% 84	2,2% 6	-0,1% -2	-3,5% -29	17,8% 51	-4,0% -54												
100%	€ 89,94	5.263	11.664	4.479	4.290	8.586	7.369	648	2.249	312	1.422	794	337	1.298												
		-0,1% -4	0,1% 16	0,0% 0	11,7% 450	-8,8% -826	-13,0% -1.105	25,1% 130	7,7% 161	2,3% 7	-0,2% -3	-3,5% -29	17,8% 51	-4,3% -58												
150%	€ 112,42	5.283	11.665	4.479	4.836	7.627	6.216	714	2.534	314	1.418	791	362	1.287												
		0,3% 16	0,1% 17	0,0% 0	25,9% 996	-19,0% -1.785	-26,6% -2.258	37,7% 196	21,4% 446	3,2% 9	-0,6% -7	-3,9% -32	26,3% 76	-5,1% -69												
200%	€ 134,91	5.295	11.681	4.479	6.421	5.900	4.366	741	2.649	327	1.429	781	397	1.253												
		0,5% 28	0,3% 33	0,0% 0	67,2% 2.581	-37,3% -3.512	-48,5% -4.108	43,0% 223	26,9% 561	7,5% 22	0,2% 4	-5,0% -42	38,5% 111	-7,6% -103												
400%	€ 224,85	5.312	11.701	4.479	7.827	4.398	2.736	793	2.859	347	1.427	586	396	1.237												
		0,9% 45	0,4% 53	0,0% 0	103,8% 3.987	-53,3% -5.014	-67,7% -5.738	53,0% 275	36,9% 771	13,9% 42	0,1% 2	-28,7% -237	38,2% 110	-8,8% -119												
600%	€ 314,79	5.322	11.707	4.479	8.966	3.416	1.346	811	2.912	423	1.480	503	423	1.165												
		1,1% 55	0,5% 59	0,0% 0	133,5% 5.126	-63,7% -5.996	-84,1% -7.128	56,4% 293	39,5% 824	39,0% 118	3,8% 55	-38,9% -320	47,5% 137	-14,1% -191												
Mautanpassung DE, AUT, IT	4.697	13.165	5.067	6.537	3.732	3.174	805	3.112	311	1.447	677	394	2.065													
	-10,8%	-570	13,0%	1,517	13,1%	588	70,2%	2,697	-60,3%	-5.680	-62,5%	-5.300	55,4%	287	49,0%	1.024	2,2%	6	1,5%	22	-17,8%	-146	37,6%	108	52,3%	709

Abbildung 44: Mautanpassung am Brennerkorridor, Planfall 2: Streckenbelastung [LKW/24h]

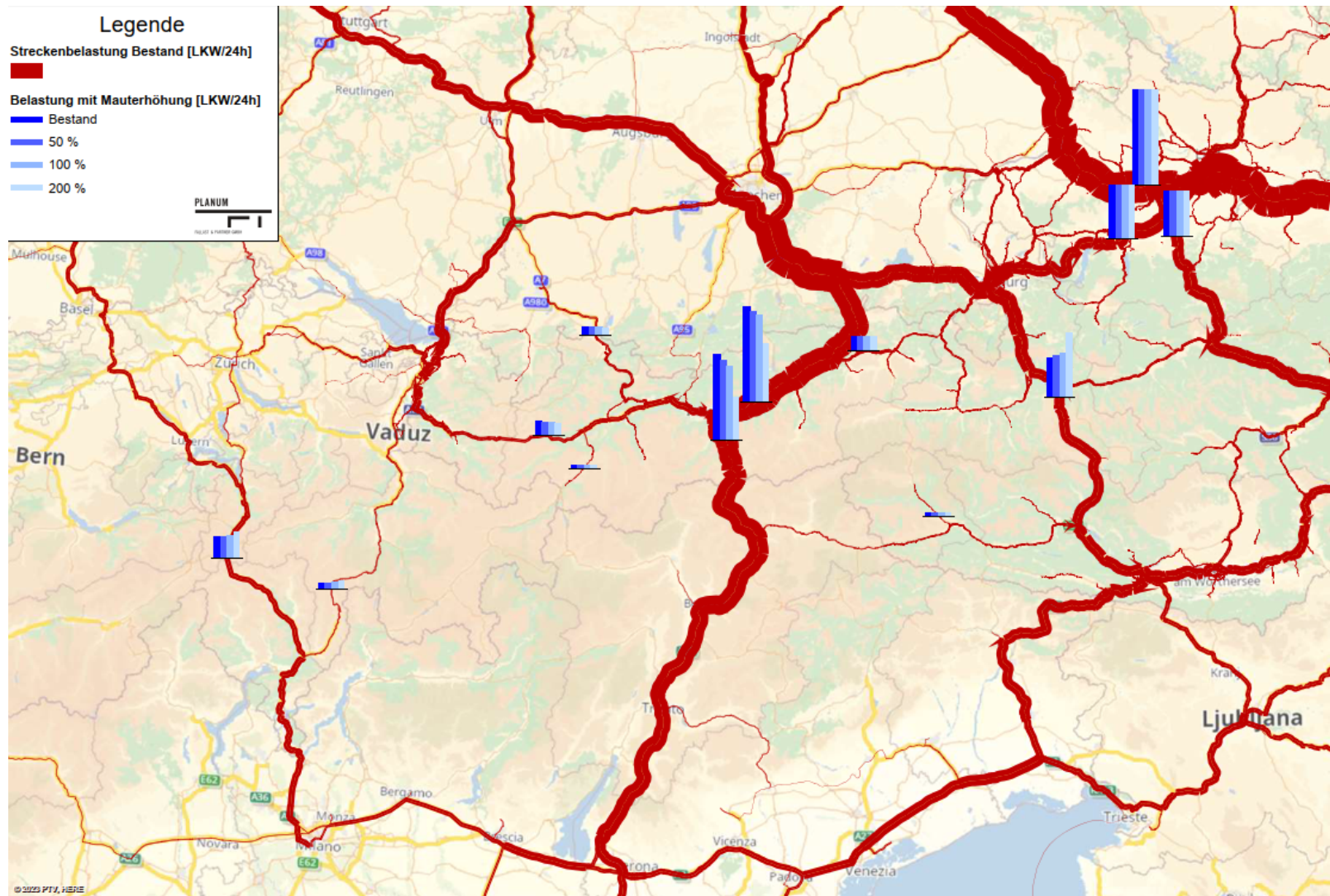


Abbildung 46: Mautanpassung am Brennerkorridor, Planfall 2: Verkehrsverlagerung bei Mauterhöhung in DE, AT (A 12) und IT [LKW/24h]



Abbildung 47: Vollständige Ergebnisse der Verkehrsumlegung, Planfall 3

Planfall 3		Westautobahn	Innkreis	Pyhrn	Tauern	Inntal	Brenner	San Bernardino	Gotthard	Felbertauern	Loferer	Fernpass	Reschen	Arlberg
Bestand	€ 89,94	539	1.430	505	515	1.150	993	4	12	38	176	100	58	167
5%	€ 94,44	539 0,0% 0	1.430 0,0% 0	505 0,0% 0	516 0,3% 1	1.139 -1,0% -11	980 -1,3% -13	4 0,0% 0	12 0,0% 0	38 0,0% 0	176 0,0% 0	100 0,0% 0	59 1,7% 1	166 -0,6% -1
10%	€ 98,93	539 0,0% 0	1.430 0,0% 0	505 0,0% 0	519 0,7% 4	1.135 -1,4% -15	974 -2,0% -19	4 0,0% 0	12 0,0% 0	38 0,0% 0	176 0,0% 0	100 0,0% 0	60 3,5% 2	166 -0,6% -1
15%	€ 103,43	539 0,0% 0	1.430 0,0% 0	505 0,0% 0	533 3,4% 18	1.117 -2,9% -33	955 -3,9% -38	5 25,0% 1	12 0,0% 0	38 0,0% 0	176 0,0% 0	100 0,0% 0	61 5,2% 3	166 -0,6% -1
20%	€ 107,93	539 0,0% 0	1.430 0,0% 0	505 0,0% 0	554 7,6% 39	1.091 -5,1% -59	927 -6,7% -66	5 25,0% 1	12 0,0% 0	38 0,0% 0	176 0,0% 0	100 0,0% 0	63 8,6% 5	166 -0,6% -1
25%	€ 112,43	539 0,0% 0	1.430 0,0% 0	505 0,0% 0	586 13,9% 71	1.057 -8,1% -93	892 -10,2% -101	5 25,0% 1	12 0,0% 0	38 0,0% 0	176 0,0% 0	100 0,0% 0	63 8,6% 5	166 -0,6% -1
30%	€ 116,92	541 0,4% 2	1.430 0,0% 0	505 0,0% 0	617 19,9% 102	1.019 -11,4% -131	853 -14,2% -140	5 25,0% 1	12 0,0% 0	38 0,0% 0	176 0,0% 0	100 0,0% 0	64 10,4% 6	166 -0,6% -1
35%	€ 121,42	541 0,4% 2	1.430 0,0% 0	505 0,0% 0	618 20,1% 103	1.013 -12,0% -137	845 -14,9% -148	5 25,0% 1	12 0,0% 0	39 2,6% 1	176 0,0% 0	100 0,0% 0	65 12,1% 7	166 -0,6% -1
40%	€ 125,92	541 0,4% 2	1.430 0,0% 0	505 0,0% 0	839 62,9% 324	788 -31,5% -362	618 -37,7% -375	5 25,0% 1	12 0,0% 0	39 2,6% 1	176 0,0% 0	99 -1,0% -1	65 12,1% 7	165 -1,2% -2
45%	€ 130,41	541 0,4% 2	1.430 0,0% 0	505 0,0% 0	840 63,2% 325	785 -31,8% -365	615 -38,1% -378	5 25,0% 1	12 0,0% 0	39 2,6% 1	176 0,0% 0	99 -1,0% -1	65 12,1% 7	165 -1,2% -2
50%	€ 134,91	543 0,7% 4	1.432 0,2% 2	505 0,0% 0	843 63,6% 328	778 -32,4% -372	605 -39,1% -388	5 25,0% 1	12 0,0% 0	40 5,3% 2	176 0,0% 0	99 -1,0% -1	66 13,8% 8	166 -0,6% -1
60%	€ 143,90	543 0,7% 4	1.432 0,2% 2	505 0,0% 0	850 65,1% 335	764 -33,6% -386	587 -40,9% -406	6 50,0% 2	12 0,0% 0	40 5,3% 2	176 0,0% 0	95 -5,0% -5	66 13,8% 8	166 -0,6% -1
70%	€ 152,90	544 0,9% 5	1.433 0,2% 3	505 0,0% 0	866 68,2% 351	757 -34,2% -393	580 -41,6% -413	7 75,0% 3	12 0,0% 0	40 5,3% 2	176 0,0% 0	84 -16,0% -16	67 15,5% 9	162 -2,8% -5
80%	€ 161,89	545 1,1% 6	1.434 0,3% 4	505 0,0% 0	871 69,2% 356	749 -34,9% -401	570 -42,6% -423	7 75,0% 3	12 0,0% 0	40 5,3% 2	176 0,0% 0	83 -17,0% -17	67 16,5% 9	162 -2,8% -5
90%	€ 170,89	545 1,1% 6	1.434 0,3% 4	505 0,0% 0	955 85,5% 440	661 -42,6% -489	480 -51,7% -513	7 75,0% 3	12 0,0% 0	41 7,9% 3	176 0,0% 0	83 -17,0% -17	68 17,4% 10	161 -3,6% -6
100%	€ 179,88	545 1,1% 6	1.434 0,3% 4	505 0,0% 0	961 86,6% 446	656 -43,0% -494	470 -52,7% -523	7 75,0% 3	12 0,0% 0	41 7,9% 3	176 0,0% 0	82 -18,0% -18	69 18,7% 11	161 -3,6% -6
150%	€ 224,85	546 1,3% 7	1.434 0,3% 4	505 0,0% 0	1.089 111,5% 574	531 -53,8% -619	327 -67,1% -666	8 100,0% 4	12 0,0% 0	43 11,7% 5	176 0,0% 0	72 -28,0% -28	73 26,1% 15	160 -3,9% -7
200%	€ 269,82	547 1,5% 8	1.435 0,4% 5	505 0,0% 0	1.118 117,0% 603	502 -56,3% -648	288 -71,0% -705	8 100,0% 4	12 0,0% 0	45 18,0% 7	176 0,0% 0	72 -28,0% -28	77 32,2% 19	163 -2,1% -4
400%	€ 449,70	548 1,7% 9	1.435 0,4% 5	505 0,0% 0	1.267 146,1% 752	419 -63,6% -731	115 -88,4% -878	9 125,0% 5	12 0,0% 0	63 65,8% 25	193 9,9% 17	59 -41,0% -41	80 38,9% 22	145 -13,2% -22
600%	€ 629,58	548 1,7% 9	1.435 0,4% 5	505 0,0% 0	1.269 146,6% 754	418 -63,6% -732	112 -88,7% -881	9 125,0% 5	12 0,0% 0	63 65,8% 25	194 10,2% 18	59 -41,0% -41	80 38,9% 22	145 -13,2% -22
Mautanpassung DE, AUT, IT		493 -8,4% -46	1.593 11,5% 163	575 13,8% 70	947 83,8% 432	434 -62,3% -716	330 -66,8% -663	7 55,3% 3	12 0,0% 0	39 1,3% 1	177 1,0% 1	78 -21,4% -22	72 23,7% 14	259 55,4% 92

Abbildung 48: Mautanpassung am Brennerkorridor, Planfall 3: Streckenbelastung [LKW/24h]



Abbildung 50: Mautanpassung am Brennerkorridor, Planfall 3: Verkehrsverlagerung bei Mauterhöhung in DE, AT (A 12) und IT [LKW/24h]

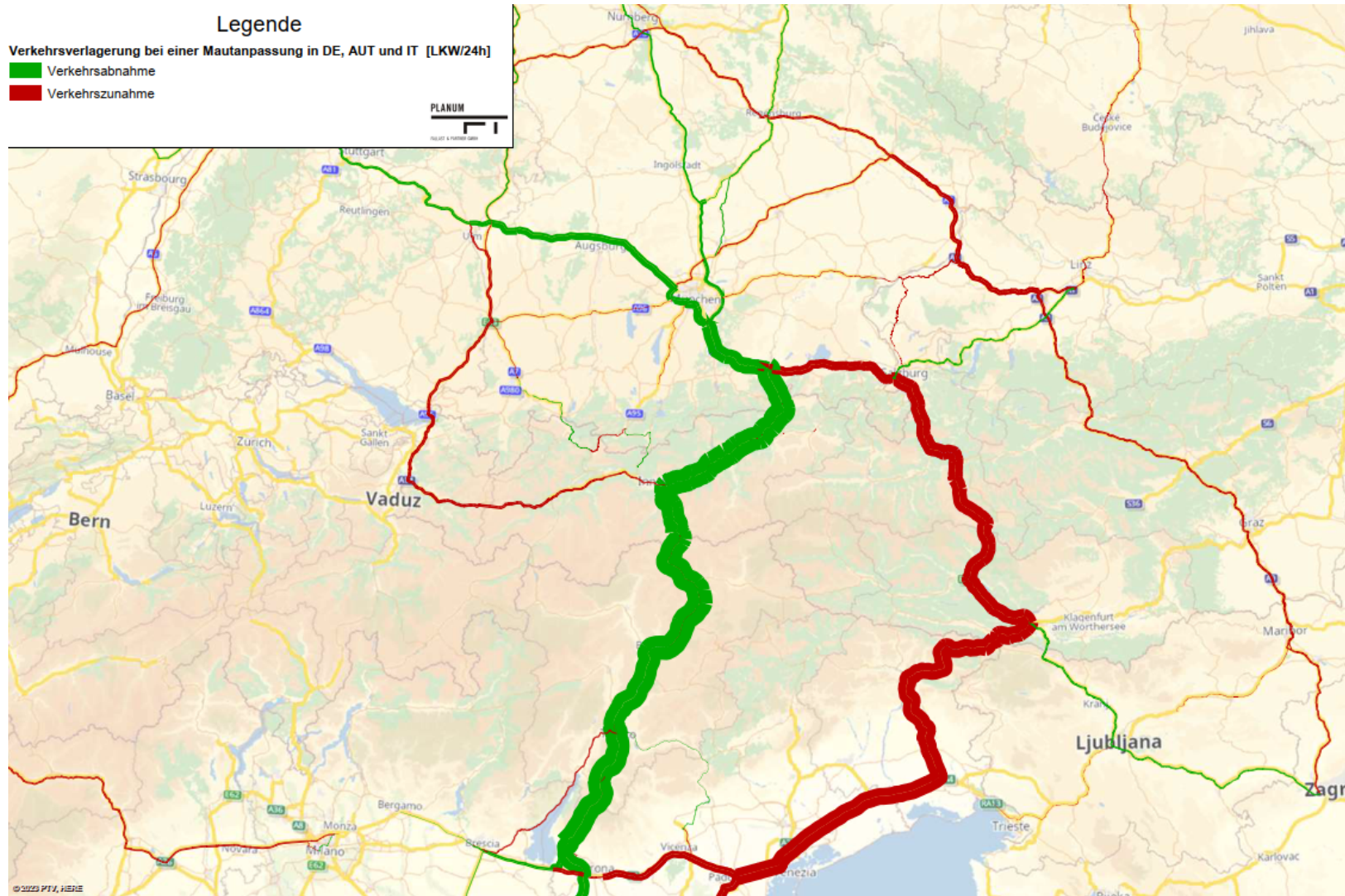


Abbildung 52: Planfälle hochgerechnet auf die Jahresleistung, mit Dosiersystem

Mit Dosiersystem	Westautobahn	Innkreis	Pyhm	Tauern	Inntal	Brenner	San Bernardino	Gotthard	Felbertauern	Loferer	Fernpass	Reschen	Arlberg														
Bestand	€ 44,97	1.327.166	3.093.664	1.157.629	1.012.374	2.586.686	2.357.652	134.171	551.411	79.654	361.630	220.508	78.925	360.593													
5%	€ 47,22	1.327.461	3.093.742	1.162.108	1.013.840	2.583.553	2.351.958	135.103	552.145	79.773	361.668	220.508	79.461	360.453													
	€ 44,97	0,0%	296	0,0%	79	0,4%	4.479	0,1%	1.466	-0,1%	-3.133	-0,2%	-5.695	0,7%	932	0,1%	734	0,1%	119	0,0%	38	0,0%	0	0,7%	536	0,0%	-140
10%	€ 49,47	1.327.447	3.093.751	1.162.108	1.016.923	2.574.568	2.339.250	140.355	552.210	79.820	361.925	218.740	79.626	360.204													
	€ 44,97	0,0%	282	0,0%	87	0,4%	4.479	0,4%	4.549	-0,5%	-12.119	-0,8%	-18.403	4,6%	6.184	0,1%	798	0,2%	166	0,1%	295	-0,8%	-1.768	0,9%	701	-0,1%	-389
15%	€ 51,71	1.327.140	3.093.813	1.162.108	1.017.975	2.575.325	2.346.433	136.100	552.688	79.924	361.750	218.795	79.931	358.586													
	€ 44,97	0,0%	-26	0,0%	149	0,4%	4.479	0,6%	5.601	-0,4%	-11.361	-0,5%	-11.219	1,4%	1.929	0,2%	1.276	0,3%	270	0,0%	120	-0,8%	-1.713	1,3%	1.006	-0,6%	-2.007
20%	€ 53,96	1.327.106	3.093.833	1.162.108	1.022.756	2.559.818	2.325.248	138.415	553.214	79.971	361.610	218.786	80.025	358.633													
	€ 44,97	0,0%	-60	0,0%	170	0,4%	4.479	1,0%	10.381	-1,0%	-26.869	-1,4%	-32.405	3,2%	4.244	0,3%	1.802	0,4%	317	0,0%	-20	-0,8%	-1.723	1,4%	1.100	-0,5%	-1.960
25%	€ 56,21	1.327.316	3.093.834	1.162.108	1.037.406	2.536.713	2.291.772	143.218	553.535	80.001	361.475	218.791	80.603	359.719													
	€ 44,97	0,0%	150	0,0%	170	0,4%	4.479	2,5%	25.031	-1,9%	-49.973	-2,8%	-65.881	6,7%	9.047	0,4%	2.123	0,4%	347	0,0%	-155	-0,8%	-1.717	2,1%	1.678	-0,2%	-875
30%	€ 58,46	1.327.373	3.093.890	1.162.108	1.062.043	2.510.500	2.261.329	143.586	555.024	80.011	361.396	218.676	81.024	357.678													
	€ 44,97	0,0%	207	0,0%	226	0,4%	4.479	4,9%	49.669	-2,9%	-76.187	-4,1%	-96.323	7,0%	9.415	0,7%	3.612	0,4%	358	-0,1%	-234	-0,8%	-1.832	2,7%	2.099	-0,8%	-2.915
35%	€ 60,71	1.327.399	3.093.971	1.162.108	1.063.964	2.498.658	2.247.036	146.223	556.473	80.015	361.363	218.682	81.592	357.110													
	€ 44,97	0,0%	233	0,0%	307	0,4%	4.479	5,1%	51.590	-3,4%	-88.028	-4,7%	-110.616	9,0%	12.052	0,9%	5.061	0,5%	361	-0,1%	-267	-0,8%	-1.826	3,4%	2.667	-1,0%	-3.483
40%	€ 62,96	1.326.964	3.093.991	1.162.108	1.064.759	2.495.633	2.247.541	148.122	557.813	80.069	361.415	218.777	81.960	353.305													
	€ 44,97	0,0%	-201	0,0%	327	0,4%	4.479	5,2%	52.385	-3,5%	-91.054	-4,7%	-110.111	10,4%	13.951	1,2%	6.402	0,5%	416	-0,1%	-215	-0,8%	-1.732	3,8%	3.035	-2,0%	-7.288
45%	€ 65,21	1.325.254	3.094.108	1.162.108	1.065.602	2.484.368	2.234.526	150.228	557.865	80.100	361.397	218.764	82.412	352.861													
	€ 44,97	-0,1%	-1.912	0,0%	444	0,4%	4.479	5,3%	53.227	-4,0%	-102.318	-5,2%	-123.126	12,0%	16.057	1,2%	6.454	0,6%	447	-0,1%	-233	-0,8%	-1.744	4,4%	3.487	-2,1%	-7.732
50%	€ 67,45	1.325.979	3.094.138	1.162.108	1.088.903	2.452.809	2.200.765	152.165	563.548	80.079	361.378	218.677	82.842	352.525													
	€ 44,97	-0,1%	-1.187	0,0%	474	0,4%	4.479	7,6%	76.528	-5,2%	-133.877	-6,7%	-156.887	13,4%	17.994	2,2%	12.137	0,5%	426	-0,1%	-252	-0,8%	-1.831	5,0%	3.917	-2,2%	-8.069
60%	€ 71,95	1.324.686	3.094.146	1.162.108	1.122.478	2.417.222	2.161.454	153.146	564.949	80.124	361.314	218.634	83.083	351.930													
	€ 44,97	-0,2%	-2.480	0,0%	482	0,4%	4.479	10,9%	110.103	-6,6%	-169.464	-8,3%	-196.198	14,1%	18.975	2,5%	13.538	0,6%	470	-0,1%	-316	-0,8%	-1.874	5,3%	4.158	-2,4%	-8.663
70%	€ 76,45	1.325.171	3.095.014	1.162.108	1.126.478	2.408.355	2.147.257	154.559	567.569	80.229	360.875	218.559	84.017	350.457													
	€ 44,97	-0,2%	-1.994	0,0%	1.350	0,4%	4.479	11,3%	114.103	-6,9%	-178.332	-8,9%	-210.395	15,2%	20.388	2,9%	16.158	0,7%	575	-0,2%	-755	-0,9%	-1.950	6,5%	5.092	-2,8%	-10.136
80%	€ 80,95	1.324.949	3.095.025	1.162.108	1.136.612	2.387.446	2.115.462	156.205	571.539	80.772	361.152	212.711	83.654	348.511													
	€ 44,97	-0,2%	-2.217	0,0%	1.361	0,4%	4.479	12,3%	124.237	-7,7%	-199.240	-10,3%	-242.190	16,4%	22.034	3,7%	20.128	1,4%	1.118	-0,1%	-478	-3,5%	-7.797	6,0%	4.729	-3,4%	-12.082
90%	€ 85,44	1.325.297	3.095.766	1.162.108	1.142.486	2.369.080	2.086.696	164.394	573.847	81.383	361.544	212.739	89.509	346.043													
	€ 44,97	-0,1%	-1.869	0,1%	2.102	0,4%	4.479	12,9%	130.112	-8,4%	-217.606	-11,5%	-270.957	22,5%	30.223	4,1%	22.435	2,2%	1.729	0,0%	-86	-3,5%	-7.769	13,4%	10.584	-4,0%	-14.550
100%	€ 89,94	1.326.628	3.097.521	1.162.108	1.147.506	2.354.587	2.063.774	167.786	579.374	81.478	361.431	212.735	89.240	345.148													
	€ 44,97	0,0%	-537	0,1%	3.857	0,4%	4.479	13,3%	135.131	-9,0%	-232.099	-12,5%	-293.878	25,1%	33.615	5,1%	27.962	2,3%	1.824	-0,1%	-199	-3,5%	-7.773	13,1%	10.315	-4,3%	-15.445
150%	€ 112,42	1.326.926	3.098.181	1.162.108	1.286.564	2.072.072	1.726.009	188.290	664.571	82.226	360.509	212.300	95.703	342.433													
	€ 44,97	0,0%	-239	0,1%	4.517	0,4%	4.479	27,1%	274.190	-19,9%	-514.615	-26,8%	-631.643	40,3%	54.119	20,5%	113.159	3,2%	2.572	-0,3%	-1.121	-3,7%	-8.208	21,3%	16.778	-5,0%	-18.160
200%	€ 134,91	1.333.776	3.102.334	1.162.108	1.720.566	1.587.622	1.200.230	196.961	699.797	85.643	363.063	209.841	105.246	335.229													
	€ 44,97	0,5%	6.610	0,3%	8.670	0,4%	4.479	70,0%	708.192	-38,6%	-999.064	-49,1%	-1.157.422	46,8%	62.790	26,9%	148.386	7,5%	5.989	0,4%	1.433	-4,8%	-10.667	33,3%	26.321	-7,0%	-25.364
400%	€ 224,85	1.339.015	3.107.588	1.162.108	2.097.867	1.184.303	752.704	209.610	755.291	90.749	362.558	157.454	107.569	330.480													
	€ 44,97	0,9%	11.849	0,5%	13.924	0,4%	4.479	107,2%	1.085.493	-54,2%	-1.402.383	-68,1%	-1.604.948	56,2%	75.439	37,0%	203.879	13,9%	11.095	0,3%	928	-28,6%	-63.054	36,3%	28.644	-8,4%	-30.113
600%	€ 314,79	1.341.567	3.109.211	1.162.108	2.402.432	919.835	370.252	214.108	769.381	110.756	376.026	134.972	111.819	311.280													
	€ 44,97	1,1%	14.401	0,5%	15.547	0,4%	4.479	137,3%	1.390.057	-64,4%	-1.666.851	-84,3%	-1.987.400	59,6%	79.937	39,5%	217.969	39,0%	31.103	4,0%	14.396	-38,8%	-85.536	41,7%	32.894	-13,7%	-49.313
Mautanpassung	1.183.848	3.496.497	1.309.631	1.752.006	1.004.959	873.394	212.865	822.043	81.471	367.758	181.644	104.338	552.649														
DE, AUT, IT	-10,8%	-143.317	13,0%	402.833	13,1%	152.002	73,1%	739.631	-61,1%	-1.581.727	-63,0%	-1.484.258	58,7%	78.694	49,1%	270.631	2,3%	1.817	1,7%	6.128	-17,6%	-38.865	32,2%	25.413	53,3%	192.056	

PLANUM



FALLAST & PARTNER GMBH

T **+43 (0) 316 39 33 08**

E office@planum.eu

W www.planum.eu

Firmensitz

Wastiangasse 14

8010 Graz, Österreich

weitere Standorte

Karfreitstraße 16

9020 Klagenfurt/Wörthersee,

Österreich

Erlachplatz 10

1100 Wien, Österreich